

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р



РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «НАУЧНО-БИОГРАФИЧЕСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»
И ИСТОРИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ КОМИССИЯ
ИНСТИТУТА ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ АН СССР
ПО РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ БИОГРАФИЙ ДЕЯТЕЛЕЙ
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ:

*Л. Я. Бляхер, А. Т. Григорьян, Б. М. Кедров, В. Г. Кузнецов,
В. И. Кузнецов, А. И. Купцов, Б. В. Левшин, С. Р. Микулинский,
Д. В. Ознобишин, З. К. Соколовская (ученый секретарь), В. Н. Со-
кольский, Ю. И. Соловьев, А. С. Федоров (зам. председателя),
И. А. Федосеев (зам. председателя), Н. А. Фигуровский (зам. пред-
седателя), А. А. Чеканов, С. В. Шухардин, А. П. Юшкевич,
А. Л. Янин (председатель), М. Г. Ярошевский*

Д. Д. Гуло, А. Н. Осинковский

**Дмитрий Сергеевич
РОЖДЕСТВЕНСКИЙ**

1876—1940



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

МОСКВА

1980

Г 94 Гуло Д. Д., Осиновский А. Н. Дмитрий Сергеевич
Рождественский (1876—1940). — М: Наука, 1980, 288 с.

Книга посвящена жизни и деятельности выдающегося советского ученого-физика, академика Д. С. Рождественского. Его труды по аномальной дисперсии света, созданный им «метод крюков» принесли ему мировое признание. Фундаментальные результаты были получены им в работах по теории атомных спектров и микроскопии. Велики заслуги Д. С. Рождественского как одного из организаторов советской науки и оптической промышленности, создателя крупнейшей научной школы физиков-оптиков. Книга, написанная на основе изучения научного наследия, литературных и архивных материалов, личных бесед с учениками и сотрудниками Д. С. Рождественского, воссоздает облик этого замечательного ученого, человека и гражданина.

Ответственный редактор

член-корреспондент АН СССР С. Э. ФРИШ

Оглавление

Введение	7
Глава первая	
Семья, годы учебы	9
Глава вторая	
Университет	23
Глава третья	
Начало научной деятельности	30
Глава четвертая	
Годы формирования ученого	37
Глава пятая	
Создание научной школы	51
Глава шестая	
Рождение Государственного оптического института (ГОИ)	65
Глава седьмая	
Атомная комиссия ГОИ	88
Глава восьмая	
Заграничная командировка	98
Глава девятая	
Начало производства оптического стекла в СССР	105
Глава десятая	
Годы первых пятилеток. ГОИ и заводы оптических инструментов	131
Глава одиннадцатая	
Мартовская сессия АН СССР 1936 г.	148
Глава двенадцатая	
Последние годы жизни	160
Глава тринадцатая	
Исследование аномальной дисперсии света в парах металлов. «Метод крюков»	166

Глава четырнадцатая	
Работы по определению «чисел электронов» и сил осцилляторов	203
Глава пятнадцатая	
Труды по теории атомных спектров и строению атомов	229
Глава шестнадцатая	
Исследования в области микроскопии	260
Основные даты жизни и деятельности	274
Труды Д. С. Рождественского	276
Литература о Д. С. Рождественском	280

Введение

В 1976 г. исполнилось 100 лет со дня рождения академика Дмитрия Сергеевича Рождественского. Жизнь и деятельность этого замечательного ученого и человека — яркий пример самоотверженного служения отечественной науке, своему народу, Родине.

Д. С. Рождественский был выдающимся физиком. Уже его первые труды по исследованию аномальной дисперсии в парах металлов принесли ему мировую известность и в научной литературе признаются классическими. Созданный им знаменитый «метод крюков» нашел самое широкое и разнообразное использование в современной экспериментальной атомной физике, оптике, физике газоразрядной плазмы, астрофизике. Д. С. Рождественскому принадлежат фундаментальные исследования по теории атомных спектров и строению атомов. Важные работы им были выполнены и по другим проблемам, в частности по теории оптических приборов и микроскопии.

Однако роль крупных деятелей науки не исчерпывается значением их собственных научных трудов. Это в полной мере относится и к Д. С. Рождественскому. Он по праву считается одним из основателей и организаторов советской физики. Он создал крупнейшую в нашей стране научную оптическую школу.

Созданный им Государственный оптический институт (ГОИ) явился примером научного учреждения нового типа, в котором органически сочетались исследования фундаментального и прикладного характера. Он до сих пор остается главным научным центром оптико-механической промышленности. Велики заслуги Д. С. Рождественского в создании производства оптического стекла в стране, зарождении и становлении производства оптических инструментов. Трудно назвать другого такого ученого-физика того периода, который так тесно спаял свою научную работу с запросами техники, производства,

как Дмитрий Сергеевич. Его взгляды по этому вопросу особенно интересны сейчас, в эпоху научно-технической революции.

По единодушному свидетельству учеников и сотрудников ученого, он обладал замечательными человеческими и нравственными качествами: кипучей энергией, незаурядным талантом организатора и руководителя, смелостью и самобытностью научного мышления. Его доходящая до щепетильности честность, внимательное и чуткое отношение к людям, патриотизм и общественный темперамент, целеустремленность и неизменная преданность делу своей жизни — науке могут служить примером для подрастающего поколения.

Вопрос о тщательном изучении деятельности Д. С. Рождественского был поднят в 50-е годы в Московском университете профессорами Х. М. Фаталиевым и Б. И. Спасским и был поддержан Кабинетом истории физики МГУ.

Предлагаемая читателю книга имеет другой характер. Впервые в ней предпринята попытка осветить в хронологическом порядке почти все стороны жизни и деятельности Д. С. Рождественского. Книга явилась результатом тщательного изучения жизни и деятельности Дмитрия Сергеевича по печатным источникам, архивам, беседам с его учениками, людьми, знавшими его лично. Многих из них ныне уже нет в живых — ближайших друзей и коллег: профессора К. К. Баумгарта и члена-корреспондента АН СССР Т. П. Кравца, профессора Ю. Н. Гороховского и К. А. Вентмана и других.

Мы искренне признательны за интерес к нашей работе и большую помощь, оказанную нам учениками Дмитрия Сергеевича, члену-корреспонденту АН СССР профессору С. Э. Фришу, заслуженному деятелю науки профессору А. И. Стожарову, директору ГОИ профессору М. М. Мирошникову и другим сотрудникам этого института. В обсуждении плана книги участвовал покойный ныне историк науки А. Ф. Кононков.

В сборе архивных материалов, помимо авторов, участвовали сотрудники кабинета А. Ф. Кононков, А. М. Толмачева, О. А. Ильина.

Авторы признательны сотрудникам архивов Москвы и Ленинграда за помощь в сборе материалов.

Введение, главы 1—12 написаны А. Н. Осиневским, главы 13—16 — Д. Д. Гуло.

Глава первая

Семья, годы учебы

В Архиве Академии наук СССР хранится свидетельство о крещении Дмитрия Сергеевича Рождественского — первый документ, связанный с ним. «У коллежского советника Сергея Егоровича Рождественского и законной жены его Евгении Степановны, — записано там, — обоих православных и первобрачных, сын Дмитрий родился 26 марта, а крещен 9 мая 1876 года»¹.

Отец Дмитрия Сергеевича Рождественского был человеком незаурядным, немало сделавшим для развития образования в России. О нем стоит рассказать несколько подробнее.

Сергей Егорович (1834—1891) был сыном священника села Полей Тарусского уезда Калужской губернии. По окончании калужской духовной семинарии Сергей (так тогда произносилось его имя) в 1854 г. вышел из духовного сословия и поступил в Главный педагогический институт в Петербурге на историко-филологический факультет. В то время институт имел еще один факультет — физико-математический. В отличие от историко-филологического, где учились семинаристы, дети бедных сельских дьячков, небогатых священников, на физико-математическом большинство составляли выпускники гимназий, дети обеспеченных родителей. Забитых, робеющих провинциалов — студентов историко-филологического факультета и преуспевающих математиков разделяла старинная вражда.

К этому времени Педагогический институт был далеко не тем передовым учебным заведением, о котором с такой опаской и злобой говорили ретрограды в бессмертной грибоедовской комедии. Мрачная атмосфера царствования Николая I, аракечевский режим проникли и в это

¹ Архив АН СССР (в дальнейшем — ААН СССР), ф. 341, оп. 2, д. 31, л. 2.

учебное заведение. Директор института И. И. Давыдов душил всякое проявление свободомыслия в стенах института. Жизнь студентов была строго регламентирована, за порядком следили комнатные надзиратели, «которые должны были находиться при студентах безотлучно и наблюдать неусыпно за всеми их действиями»².

Еда была скудной, даже чаю не полагалось, подавался более дешевый сбитень. «За столом никто не вправе требовать себе другой порции, потому что во всяком благоустроенном казенном учебном заведении всему ведется счет и мера»³. Недостаток еды, малое время, отводимое для прогулок, скученность порождали болезни. Религиозное ханжество и строгий распорядок делали институт чем-то средним между духовной академией и казармой. Преподаватели, которые в большинстве своем были одновременно и профессорами университета, не вмешивались во внутреннюю жизнь института, их конференция утверждала всякое желание Давыдова. В воспоминаниях студентов М. И. Шемановского, Б. И. Сциборского, А. П. Златовратского, в дневниках Н. А. Добролюбова, описана обстановка, царившая в нем, те нравственные унижения, которые испытывали студенты. «Нам постоянно говорили, что мы ничто, что правительство нас облагодетельствовало с ног до головы, приняв нас в институт, что мы обязаны вечной благодарностью за то, что пустили нас на паркетные полы, дали возможность слушать золотые речи всяких ученых — наших профессоров»⁴.

Большое влияние на студентов оказывал Н. А. Добролюбов и его кружок. Сергей Рождественский учился на курс младше, он был 11-го выпуска, а Н. А. Добролюбов — 10-го. Число студентов было невелико. Так, в 11-м выпуске факультета их было всего восемь — четыре филолога и четыре историка. Жили все в институте. Добролюбов и его кружок знакомились со студентами младших курсов, прощупывали, «чем живет человек», снабжали их литературой, беседовали. Влияние Добролюбова на умы молодежи, по отзыву студента И. Коно-

² Описание Главного педагогического института в нынешнем его состоянии. СПб., 1856, с. 24.

³ Там же, с. 29.

⁴ *Шемановский М. И.* Воспоминания о жизни в Главном педагогическом институте 1853—1857 гг. — В кн.: Н. А. Добролюбов в воспоминаниях современников. М., ГИХЛ, 1961, с. 50.

пасевича, превосходило влияние всех воспитателей и профессоров⁵.

Студенты зачитывались Чернышевским. «Статьи Чернышевского произвели умственное движение в институте, все с жаром бросилось к его статьям и очень наглядно увидели из сравнения наших знаний со статьями его педантизм и мертвящую схоластику первых. Исчезло святое рвение переписывать тетради лекций, готовить репетиции, но вместе с тем участились путешествия в Публичную библиотеку, несмотря на строгие против этого эдикты со стороны Ваньки (Давыдова. — *Авт.*)»⁶.

Сергей Егорович, формально не принадлежа к кружку Добролюбова, тем не менее испытывал влияние этого кружка и вынес из института свободолюбивые взгляды, прохладное отношение к религии, любовь к народу, стремление помочь ему в его просвещении и обучении.

Давыдов расправлялся с непослушными студентами не путем снижения им оценок на экзаменах, а распределением выпускников в отдаленные уездные города, оставляя лучшие места для своих любимцев — подлиз, фискалов. Сергей Рождественский по своим успехам в учебе был выпущен старшим учителем, но получил назначение в небольшой уездный городок Поневеж Виленской губернии (ныне г. Паневежис Литовской ССР), и учителем не истории, а русского языка, т. е. не по основной специальности. Его сокурсники были направлены в столичные (Петербург, Москву) и губернские города, в Кронштадт, что также считалось неплохим распределением.

В марте 1861 г. Сергей Егорович назначается репетитором по истории во Второй Петербургский кадетский корпус (2-я Петербургская военная гимназия) и в дальнейшем преподает только историю. В 1869 г. он переходит в незадолго до этого открывшуюся 6-ю Петербургскую гимназию, одновременно преподает историю в Морском училище и в Павловском женском институте. Растущая семья требовала средств. К этому времени у Сергея Егоровича было трое детей: Лидия (родилась 20 сентября 1865 г.), Евгения (14 марта 1867 г.) и Елизавета (23 марта 1869 г.).

Директор 6-й Петербургской гимназии И. Ф. Сидонский, заботясь об успешности занятий гимназистов,

⁵ См.: *Жданов В.* Добролюбов. М., Молодая гвардия, 1961, с. 145.

⁶ *Златовратский А. П.* Из воспоминаний. — В кн.: Н. А. Добролюбов в воспоминаниях современников, с. 145.

а успеваемость достигала 30%, решил дать учителям задание написать более доходчивые учебники. Получил такое задание и Сергей Егорович. В 1869 г. в Петербурге вышел учебник по истории, который имел название «Отечественная история, составленная С. Рождественским, преподавателем истории 6-й СПб. гимназии и Морского училища, курс средних учебных заведений». Опыт оказался удачным. Учебник выдержал 15 изданий.

Еще больший успех пришелся на учебник «Краткая отечественная история в рассказах для народных и вообще начальных училищ», который выдержал 38 изданий. Учебники Сергея Егоровича отличались доходчивостью, яркой образностью, с интересом читались. В них немало места уделялось отрывкам из документов прошлого, пересказам былин и т. п., что оживляло изложение. Известный советский методист, преподаватель физики ряда московских вузов Н. П. Суворов, учившийся в начальной школе по этому учебнику, писал: «Учебник был написан столь живо, что ученики охотно и незаметно выучивали описания Куликовской битвы, походов Суворова, Бородинского сражения, так они были ярки и высоко патриотичны»⁷. Позднее вышли «История средних веков для 6-го класса гимназии» (первое издание, СПб., 1878 г.), «Отечественная история в связи с всеобщей (средней и новой), курс средних учебных заведений». Они выдержали 17 изданий. Для детей младших классов Сергей Егорович выпустил учебные пособия «Отечественная история в картинах для школы и дома», «Отечественная история в картинах. Альбом фототипических снимков с хромолитографированных изданий», которые также выдержали большое количество изданий. Всего им было написано семь учебников и учебных пособий по истории. Неоднократно переиздавались и различные книжки Сергея Егоровича из серии «Чтения для народа» — «О Суворове», «О Петре Великом 1-ом», выходявшие большими тиражами, отдельными выпусками и сборниками.

В 1875 г. С. Е. Рождественский был назначен директором народных училищ Петербургской губернии и проработал в этой должности 15 лет. Им впервые были осуществлены ежегодные учительские съезды, где учителя народных училищ обменивались опытом, слушали методические и научные доклады. При нем были открыты для

⁷ Личный архив авторов.

учителей библиотека и кабинет учебных пособий. Сергей Егорович регулярно собирал учительские собрания для обсуждения общепедагогических и методических вопросов. Он добился перевода уездных училищ на программы городских. Человек 60-х годов, он с большим уважением относился к личности народного учителя. Учившийся сам, как тогда говорили, на медные деньги, на казенный счет, он понимал положение народного учителя и смотрел на него как на подвижника.

Исключительное трудолюбие, превосходный организаторский талант Сергея Егоровича способствовали развитию народного просвещения в Петербургской губернии. Его заслуги были отмечены введением стипендии его имени в Новоладожском городском училище.

На средства, полученные от издания учебников, Рождественские приобрели небольшое имение Польшовка в Боровичском уезде Новгородской губернии, где дети (их уже было шестеро) могли проводить лето, а иногда и зиму. Игры на свежем воздухе, физические упражнения укрепляли здоровье детей, прививали им любовь к средне-русской природе. По отзыву К. К. Баумгарта, близкого друга и коллеги Д. С. Рождественского, в юности Дмитрий Сергеевич «был ловок в спорте, хорошо фехтовал»⁸. Сохранилась и любовь к неброской красоте северного русского пейзажа. Дмитрия Сергеевича не манили и впоследствии прелести юга, красоты зарубежных курортов. Лучшим отдыхом для него была жизнь в деревне, на лоне природы, длительные пешие прогулки. Позднее, уже в советские годы, он чаще всего отдыхал летом на дачах вблизи Ленинграда, а в 1936 г. Советское правительство подарило ему дачу в деревне Б. Изори, около станции Толмачево, с маленькой лабораторией, в которой он работал во время отпусков.

Мать Дмитрия Сергеевича Евгения Степановна была женщиной волевой, с сильным характером и, по существу, руководила всеми домашними делами и воспитанием детей. Уже после смерти Сергея Егоровича, когда дети стали взрослыми, она продолжала оставаться стержнем семьи. Евгения Степановна была родной сестрой В. С. Щербы — отца нашего крупнейшего филолога ака-

⁸ См.: *Баумгарт К. К.* Дмитрий Сергеевич Рождественский. — В кн.: 50 лет Государственного оптического института имени С. И. Вавилова (в дальнейшем — 50 лет ГОИ). Л., Машиностроение, 1968, с. 582.

демика Л. В. Щербы. Таким образом, Дмитрий Сергеевич приходился ему двоюродным братом.

Сергей Егорович и Евгения Степановна очень заботились о том, чтобы все дети получили хорошее образование, и не жалели на это средств. Они учили их музыке, иностранным языкам, истории и другим предметам, необходимым для успешного поступления в среднее учебное заведение.

В семье Рождественских, как и во многих интеллигентных семьях того времени, отцы которых вышли из разночинцев, поддерживался «базаровский дух», интерес к философскому материализму, естествознанию (не случайно сестры стали врачами, а Дмитрий — физиком⁹). Н. Ф. Тимофеева писала в одном из писем В. И. Дьяконовой: «В семье же у мамы (Евгении Сергеевны Рождественской-Тимофеевой. — *Авт.*) сестры и даже мать смотрели на жизнь достаточно трезво, все они были безбожниками, даже бабушка, которую я еще ненадолго застала и которой было 80 лет, господа бога совсем не поминала, а если и вспоминала, то наравне с чертом»¹⁰. Все дети окончили не только средние, но и высшие учебные заведения. Три старшие сестры учились за границей, где получили высшее медицинское образование. Лидия Сергеевна была врачом-педиатром, работала в Ленинграде. Человек очень серьезный и увлеченный, она в первые советские годы активно участвовала в организации «охраны материнства и младенчества», как называлась тогда медицинская помощь детям. Елизавета Сергеевна почти всю жизнь проработала в одной из крупнейших и старейших больниц Ленинграда — Обуховской — и погибла во время блокады. Петр Сергеевич был дипломатом, в последние годы жизни (он умер в 1916 г.) работал генеральным консулом России в Сан-Франциско.

Десяти лет от роду, в 1886 г., Дмитрий поступил в первый класс 6-й Петербургской гимназии, в шестом классе которой учился его брат Петр. Эта гимназия, основанная в 1862 г., была невелика, наибольшее число учащихся не достигало 600 человек. Размещалась она вблизи Чернышева моста через Фонтанку (ныне угол

⁹ Вполне возможно, что тут сказалось стремление отца видеть своих детей обучающимися на «аристократическом» естественном факультете.

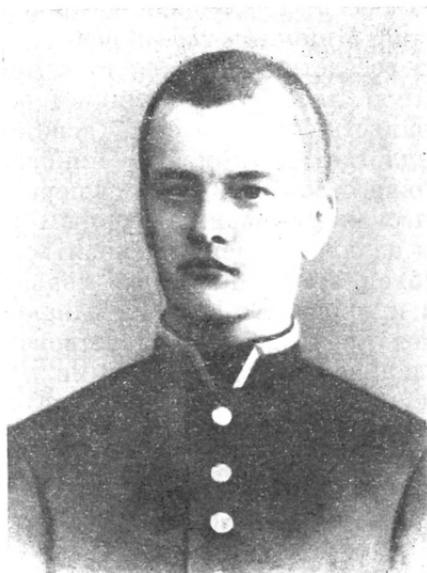
¹⁰ Воспоминания об академике Д. С. Рождественском. Л., Наука, 1976, с. 154,

улицы Зодчего Росси и площади Ломоносова), занимая часть помещений Министерства народного просвещения. Такое близкое соседство превращало гимназию в своего рода подопытную лабораторию министерства; ее часто посещали начальствующие особы, всякие перемены и реформы, предлагаемые ими, не миновали гимназию.

Дмитрий Рождественский учился в переломный момент, когда классическая гимназия с упором в обучении на древние языки начала медленно изменяться под влиянием времени. Переход его в 6-й класс совпал с введением новых планов и программ 1890 г., однако преподавание древних языков продолжало господствовать в обучении, и гимназия славилась преподавателями древних языков. Строгий классицизм был лишь частично смягчен реформами И. Д. Делянова — тогдашнего министра просвещения. В годы учения Дмитрия Рождественского гимназию последовательно возглавляли два директора, и оба они были специалистами по древним языкам. Первый из них — «М. В. Пустонский преподавал греческий, считался хорошим его знатоком, но преподавал скучно и сонно, что, может быть, объяснялось его тяжелой болезнью (рак желудка). Наружно он был спокоен всегда и благодушен, только молчалив»¹¹. Но и при его внешнем благодушии в гимназии сохранялись так называемые темные карцеры, представляющие собой темные шкафы, куда запирались на несколько часов провинившиеся гимназисты. Второй директор, латинист Д. Н. Соловьев, человек мягкий, уничтожил темные карцеры. Будучи большим любителем хорового пения и музыки, он уделял им большое внимание. Последний для Дмитрия 1893/94 учебный год проходил в гимназии под знаком подготовки к концерту сводных хоров и оркестров средних учебных заведений Петербурга и университета. Все слевки, разумеется, проходили в 6-й гимназии. Среди других памятных событий историки отмечают торжественное открытие осенью 1892 г. на площади перед гимназией памятника М. В. Ломоносову, в котором живое участие принимали ее учащиеся. Памятник и ныне стоит на этой площади.

Поведение и учеба гимназистов были строго регламентированы: существовали нормы для приготовления до-

¹¹ Историческая записка, изданная ко дню 50-летия СПб. 6-й гимназии. Составители К. Ф. Будкевич, И. П. Николаев. СПб., 1912, с. 31.



*Гимназист
Дмитрий Рождественский.
1894 г.*

машних заданий. В первом классе 1 час 10 минут, в восьмом — 3 часа 10 минут. Эти и некоторые другие нормы выглядят и сейчас привлекательно; домашние задания могли задаваться только по четырем предметам к каждому дню. Ко дню подачи срочных русских сочинений уроков по другим предметам не задавали вовсе ¹².

Скамьи в классах нумеровались, каждый ученик сидел на месте, определенном классным наставником. Плохо слышавшие и видевшие сидели в первых рядах. Двух резвых и шаловливых учеников рядом не сажали. Несмотря на это, ученики охотно проказили, однако в годы обучения Дмитрия в гимназии ни разу не была применена крайняя мера наказания — увольнение ученика с объявлением об этом по учебному округу (так называемое исключение с волчьим билетом). Наказания не всегда были справедливыми. Так, друг Дмитрия, который учился вместе с ним с первого класса, Аполлон Долгов, был мальчиком с обостренным чувством к несправедливости.

¹² См. там же, с. 33.

Их соклассник Ильинский на перемене зашел, проходивший мимо преподаватель не только сделал замечание, но и записал Ильинского в кондуит, что грозило оставлением после уроков. Долгов вступился за Ильинского и только за это получил тройку по поведению¹³. В статье о Рождественском К. К. Баумгарт, которому Дмитрий Сергеевич рассказывал о своих гимназических годах, писал: «Дмитрий Сергеевич всегда был настроен радикально. Это сказало еще в гимназии, где он в старших классах дружил с учеником Аполлоном Долговым, который был на плохом счету у начальства, был „красным“ и снабжал Дмитрия Сергеевича книгами для самообразования». И далее в примечании: «Аполлон Долгов умер студентом первого курса Военно-медицинской академии. Таким образом, его влияние ограничилось гимназическим периодом»¹⁴.

В 6-й гимназии были основные и параллельные классы. Когда Рождественский, учившийся в параллельном, перешел в 7-й класс, произошло объединение. В новом классе появились сильные ученики — В. Воячек, С. Толкачев и другие. С Воячком, отец которого был профессором Петербургской консерватории, Дмитрия объединяла любовь к музыке, с Толкачевым — любовь к естественным наукам. Будучи общительным, Дмитрий в гимназические годы имел много друзей. То обстоятельство, что он рос в многодетной семье, помогало ему быстро сходитьсь с другими гимназистами. Учился Дмитрий легко, без особого напряжения. Изучал два языка (французский и немецкий), хотя обязательен был один из них, хорошо шли у него и древние языки, да и по другим предметам он занимался успешно. Приведем выдержку из одного документа.

«Протокол заседания Совета СПб. 6-й гимназии от 30 апреля 1892 года.

Прочитан циркуляр Г. попечителя СПб. учебного округа от 23 апреля 1892 года за № 3832 о присуждении наград I и II степени ученикам, переведенным в следующие классы без экзаменов, и о переводе их как педагогической мере, имеющей целью поощрение постоянной работы в течение года учеников. Перевести без экзаменов тех учеников, которые заслуживают этой награды своим

¹³ Ленинградский государственный исторический архив (в дальнейшем — ЛГИА), ф. 458, оп. 1, № 720, л. 4 об., 6 об.

¹⁴ Баумгарт К. К. Дмитрий Сергеевич Рождественский, с. 584.

примёрным поведением, постоянным вниманием и прилежанием, полной исправностью в посещении уроков и вообще безукоризненным отношением к исполнению своих учебных обязанностей:

VI класс, II отделение

Беляев, Ильинский, Ковригин, Рождественский, Щепотьев.

. . . Из переведенных без экзаменов учеников удастаиваются награды II степени Беляев, Рождественский, Щепотьев»¹⁵.

С наградами и без экзаменов он переходил и в другие классы.

Остановимся несколько подробнее на преподавании в 6-й гимназии физики, по которой во все годы обучения у Рождественского были отличные оценки. Чтобы выяснить удельный вес естественных наук, приведем таблицу¹⁶ числа уроков в неделю по разным предметам, исключая закон божий, на который в трех старших классах отпускалось по два урока в неделю, и предметы, завершенные до этих классов.

Предмет	Класс		
	6-й	7-й	8-й
Русский язык и словесность	3	3	4
Латынь	5	5	5
Греческий	6	6	6
Математика	4	3	3
Физика	2	3	2
История	2	2	2
Французский язык	2	3	3
Немецкий язык	3	2	2

Мы видим, что в старших классах не было биологии, географии, химии, ничтожен удельный вес физики. Ранее, до Устава 1890 г., математике, физике, географии и краткому естествознанию отводилось шесть уроков в неделю, т. е. доля физики была еще меньше.

¹⁵ ЛГИА, ф. 458, оп. 1, № 746, л. 4.

¹⁶ Историческая записка, изданная ко дню 50-летия СПб. 6-й гимназии, с. 30.

Курс физики предусматривал последовательное изложение материала, не учитывавшее возрастные особенности учащихся. Программа мужских гимназий по физике включала: 6-й класс — общие понятия о физическом теле, движение и силы, сложение и разложение сил, учение о тяжести, учение о жидкостях и газообразных телах, краткие очерки важнейших химических явлений; 7-й класс — учение о теплоте, учение о свете, акустика, учение о магнетизме и электричестве, гальванизм; 8-й класс — развитие и пополнение механической части физики, начало сохранения энергии, сведения из метеорологии. В объяснительной записке отмечалось, что все физическое учение основано на опыте и требовалось обратить серьезное внимание на это.

В гимназии был физический кабинет, в котором на уроках демонстрировались опыты, но приборов было недостаточно (лишь в 1908 г. кабинет 6-й гимназии подвергся существенному обновлению). Учащимся предлагалось проводить простейшие демонстрации дома. Много лет спустя Дмитрий Сергеевич, уже будучи директором Физического института Петроградского университета, писал о низком уровне преподавания физики в средних школах¹⁷.

Физику преподавали учителя, одновременно обучавшие математике. Среди них выделялся Петр Кириллович Соколов — автор книги «Методика арифметики и сборник задач» (СПб., 1898), ему же принадлежала книга «Обработка металла и дерева». Соколов был высокообразованным человеком. В 1871 г. он окончил физико-математический факультет Петербургского университета со степенью кандидата. В 1875—1877 гг. обучался на двухгодичных курсах при Высшем техническом училище в Москве (ныне МВТУ имени Н. Э. Баумана), где, помимо теоретических курсов, занимался в токарной, столярной, токарной по металлу, слесарной, механической, кузнечной, литейной мастерских. Преподавая физику, Соколов уделял большое внимание ее практическим приложениям, гимназисты приобретали у него практические навыки в конструировании самодельных физических приборов. И другие учителя физики и математики 6-й гимназии —

¹⁷ См.: *Рождественский Д. С.* Записка о деятельности физического института при Петроградском университете. — ЛГИА, ф. 14, оп. 1, № 11288, л. 4.

Е. П. Роцин, С. В. Певницкий — также делали уклон в практическую сторону. Несомненно, уровень преподавания физики в гимназии существенно повлиял на выбор профессии Дмитрием Сергеевичем.

Географию и естествознание вел опытный учитель Иван Петрович Поддубный. Был в гимназии и кабинет естественной истории, в котором хранились хорошие гербарии, чучела, спиртовые препараты. У Дмитрия появился интерес к ботанике и зоологии, он собирал гербарий, любил животных.

Казалось бы, в классической гимназии никак не могла возникнуть любовь к естественным наукам, но в 6-й гимназии было не так. Кроме Дмитрия Сергеевича, на физико-математический факультет университета поступил золотой медалист С. А. Толкачев, в будущем профессор химии Ленинградского университета, золотой медалист В. М. Воячек поступил в Военно-медицинскую академию (впоследствии он стал действительным членом Академии медицинских наук СССР), в ту же академию поступил А. Долгов и другие выпускники 6-й гимназии. Известным русским методистом по физике стал выпускник гимназии И. В. Глинка, автор книг «Опыт по методике физики» (СПб., 1910) и «Опыт по методике физики. Лабораторные занятия» (СПб., 1911).

Говоря о 6-й гимназии, нельзя забывать об особом внимании, которое уделялось в ней гимнастике. В 1871 г. был построен хорошо оборудованный гимнастический зал. В 1888 г. попечитель Петербургского учебного округа некто Новиков выразил желание, чтобы всех учеников каждый день учили военной гимнастике. Историки гимназии К. Ф. Буткевич и Л. П. Иванов так описывали эти занятия: «Под руководством двух офицеров и под барабанный бой ученики очень охотно маршировали и проделывали военные упражнения»¹⁸. В старших классах проводились занятия по фехтованию, и Рождественский добился больших успехов.

Сохранилось дело по испытаниям на аттестат зрелости за 1894 г. В нем дается характеристика учащихся выпускного класса 6-й гимназии, их оценки, выведенные на основе занятий в году, решение о допуске к экзаменам, затем ход всех экзаменов. Предварительный средний балл

¹⁸ Историческая записка, изданная ко дню 50-летия СПб. 6-й гимназии, с. 26,

у Д. Рождественского был 47/11. Экзамены состояли из письменных испытаний, которые сдавались ежедневно с 25 апреля по 2 мая 1894 г. Первым шло сочинение. Дмитрий написал его неудачно и впервые за годы учебы в гимназии получил удовлетворительную оценку. 26 и 27 апреля — переводы с латыни и греческого на русский, 28-го — математика письменно (решались две задачи по алгебре и геометрии с применением тригонометрии). Задачу по геометрии он подал третьим, получил общую оценку по математике 5. 29 и 30 апреля — переводы с русского языка на латынь и греческий. Затем устные экзамены были по русскому языку, истории, математике, греческому языку, французскому, закону божьему — все они были сданы на отлично.

Итак, гимназия была окончена в 1894 г. с серебряной медалью, в аттестате зрелости особо отмечены успехи гимназиста Рождественского в математике и древних языках. Если первое ему очень пригодилось в дальнейшей жизни, то знание древних языков, казалось бы, ничего не давало, кроме знания древних авторов («Стихи Горация и некоторых других латинских поэтов он знал наизусть и любил цитировать»¹⁹). Однако это не совсем так. Классическое образование прививало любовь к системе, четкости, утверждали многие, оканчивавшие гимназию. Такое влияние испытал и Д. С. Рождественский. Его любовь к систематичности и порядку отмечалась всеми. Существует скупая выпускная характеристика гимназиста Рождественского. «Рождественский Дмитрий — характера живого, общительного и весьма веселого; хорошо воспитан, скромен и вежлив; способностей очень хороших, трудолюбив и исполнителен»²⁰.

Завершился первый этап жизни Дмитрия Сергеевича Рождественского. Биографам всегда хочется увидеть в детстве какие-то зачатки, из которых в дальнейшем вырастает человек, расцветает его деятельность. К большому сожалению, почти нет никаких воспоминаний о детских и школьных годах Рождественского. В написанных им самим коротких автобиографических заметках «Книга жизни и смерти» о детстве нет ни строчки. Не было у него прямых потомков, кто мог бы собрать и сохранить такие сведения. Наиболее близким человеком для

¹⁹ Баумгарт К. К. Дмитрий Сергеевич Рождественский, с. 582.

²⁰ ЛГИА, ф. 458, оп. 1, № 758, л. 223.

Дмитрия Сергеевича — с ним он часто беседовал в последние годы жизни — был Т. П. Кравец. Человеку свойственно на склоне лет вспоминать светлые периоды своей жизни, детские и юношеские годы, хочется поделиться воспоминаниями, но, увы, они не сохранились. Так, например, у Т. П. Кравца — известного советского физика, члена-корреспондента АН СССР — в статье «Памяти Д. С. Рождественского» о гимназических годах Дмитрия Сергеевича сказано следующее: «Затем мы видим его в гимназии, знаем об этом, впрочем, очень мало. Мальчик — как другие: очень вдумчивый, хорошо работающий, иногда бывающий первым, во всяком случае остающийся в числе первых и заканчивающий гимназию с серебряной медалью»²¹. Так же мало сведений о детстве и в статьях старого друга Дмитрия Сергеевича К. К. Баумгарта.

Когда Дмитрий перешел в 7-й класс и ему было 15 лет (11 сентября 1891 г.), умер его отец Сергей Егорович. Это было первое большое горе в семье. После смерти отца в материальном отношении семья не бедствовала. Пенсия и особенно доходы от переиздания учебников позволяли детям учиться. Дмитрий был освобожден от платы за обучение, как сын учителя, старшие дети Лидия и Евгения были уже взрослыми, завершили образование. Издателем книг С. Е. Рождественского стала мать Дмитрия, женщина деловая, поставившая переиздание книг мужа на широкую основу и имевшая от этого значительные денежные поступления. Отношения матери с взрослеющим сыном были сложными и ухудшились после женитьбы Дмитрия Сергеевича. Но, несомненно, многие черты материнского характера (деловитость, властность, упорство, резкость) передалась сыну.

²¹ Кравец Т. П. От Ньютона до Вавилова. Л., Наука, 1967, с. 339.

Глава вторая

Университет

В 1894 г. Дмитрий Сергеевич Рождественский поступил на математическое отделение физико-математического факультета Петербургского университета. Во всех книгах и статьях, в которых излагается биография Рождественского, говорится, что сначала он поступил на естественное отделение, а затем перешел на математическое. Так писали К. К. Баумгарт, Т. П. Кравец, С. Э. Фриш. Повторяют это и другие авторы¹. Им, видимо, хочется увидеть естественный ход движения к выбору специальности — от биологии к физике. При тщательном просмотре дела студента Рождественского, его матрикюлов, можно обнаружить, что запись его на лекции естественного отделения датируется осенним полугодием 1895 г., весенним 1896 г. и осенним 1896 г., в то время как запись на лекции на математическом отделении в его матрикюле начинается с осени 1894 г. и далее без пропусков. Удалось найти и два прошения Дмитрия Рождественского. В первом он просит разрешения одновременно с обучением на математическом отделении слушать лекции на естественном, во втором — об одновременном зачислении на естественное отделение. Теперь становится на место и фраза в статье Баумгарта о смене интересов в процессе обучения в университете: «Из увлечений его студенческих лет следует отметить увлечение механикой, а затем химией. Дмитрий Сергеевич прошел лаборатории качественного и количественного анализа, которые не были обязательны для студентов-математиков»².

Для Дмитрия Сергеевича они были обязательны, так как в то время он был и студентом естественного отделения. Ясна и очерочность: механика, потом химия, которая

¹ См., например: *Кудрявцев П. С.* Курс истории физики. М., Просвещение, 1974; *Осиновский А. Н.*, *Конюков А. Ф.* Д. С. Рождественский. М., Просвещение, 1974.

² 50 лет ГОИ, с. 554.

подробно изучалась на естественном отделении. Понятно и почему он часто пропускал лекции на математическом отделении, о чем впоследствии жалел. Понятна и его горькая фраза, что ему пришлось ограничивать себя, чтобы стать узким специалистом, хотя «какая радость знать много и обо всем».

Переход на третий курс математического отделения, увеличение числа лабораторных работ, которые нельзя было пропускать, невозможность их проделать самостоятельно дома, даже захватывая ночи, требовали принятия решения. Было решено пожертвовать биологией. Но эта жертва была вынужденной, и долгие годы спустя интерес к ней вспыхнул с новой силой.

Дмитрий Сергеевич много и успешно работал с микроскопом. В его архивах сохранились выписки из биологических книг, написанные им статьи по ботанике. Будучи уже директором ГОИ, он в 20-х годах слушает и конспектирует университетский курс ботаники у будущего президента Академии наук В. Л. Комарова и курс физиологии растений у академика С. П. Костычева. Только очень важные и первостепенные дела могли отвлечь его от ботаники — увлечения всей его жизни.

В «Книге жизни и смерти» можно встретить такие слова: «1934 г. Лето в Шалове. Интенсивная подготовка к менделеевской речи (никакой ботаники!)»³. В последние годы своей жизни он хотел заняться совместно с генетиками вопросами наследственности и происхождения жизни и даже создал в ГОИ такую группу.

Но вернемся в университет. На математическом отделении работали в те годы крупнейшие русские математики — воспитанники знаменитой школы П. Л. Чебышева — А. А. Марков, А. Н. Коркин, В. А. Стеклов, большим успехом пользовались лекции К. А. Поссе. Дмитрий Сергеевич слушал у него лекции по интегрированию функций и приложению анализа к геометрии. У А. А. Маркова — введение в анализ (на первом курсе), а в осенний семестр 1898 г. — теорию вероятностей.

Физики университета не были столь крупными учеными, как математики, химики, биологи, многие из которых имели мировую известность. Дмитрий Сергеевич слушал лекции у старейшины петербургских физиков Ф. Ф. Петрушевского, много сделавшего для введения

³ ААН СССР, ф. 341, оп. 2, № 32, л. 20.

лабораторных занятий в университетский курс. Первые разделы физики (учение о движении, учение о силах, акустику), термодинамику читал О. Д. Хвольсон, чьи лекции Дмитрий Сергеевич впоследствии называл обаятельными. Лекции Хвольсона привели к увлечению механикой, но длилось это недолго. Разделы по электричеству (электростатику, электрический ток) прочел профессор И. И. Боргман, прославившийся как страстный пропагандист идей Максвелла в России, а по электромагнетизму — уже другой преподаватель, начинавший тогда Н. А. Булгаков, ставший третьим профессором-физиком после ухода из университета Ф. Ф. Петрушевского. Русский физик и геофизик Б. П. Вейнберг, закончивший университет в 1893 г., за год до поступления туда Д. С. Рождественского, и учившийся у тех же преподавателей, оставил воспоминания о годах своего учения, о лекциях своих учителей. «Некоторые из нас, — писал он, — увлекались способом изложения А. А. Маркова, каждым словом как бы заколачивавшего гвоздь за гвоздем по одной прямой линии, с которой он не давал сходить истине. Другие наслаждались изящной,стройной и спокойно-мелодичной речью К. А. Поссе, которого слушали даже иные юристы, не понимавшие зачастую содержания его лекции, но проникавшиеся их „музыкальностью“ и „убедительностью“. Третьих привлекал О. Д. Хвольсон, замечательно ясно и просто излагавший то, что казалось таким трудным и запутанным, умело подчеркивавший существенное и манивший в дебри дальнейшего изучения предмета»⁴.

Весенний семестр 1896 г. начался новым разделом физики — оптикой. Читал его Николай Григорьевич Егоров, приват-доцент университета и одновременно профессор Военно-медицинской академии. Егоров сам активно занимался наукой. Он выполнил исследования по спектроскопии, в частности доказал, что ф Fraunhofer's lines A и B солнечного спектра принадлежат кислороду. В начале 1896 г., когда в Россию пришли первые сведения об открытии В. Рентгена, Егоров тут же воспроизвел его опыты и 16 января того же года получил при помощи трубок Крукса снимок скелета человеческой руки. Тогда же он организовал серию исследований по рентгеновским

⁴ Цит. по кн.: Д. И. Менделеев в воспоминаниях современников, М., Атомиздат, 1973, с. 125.

лучам. Совместно с Н. Н. Георгиевским Н. Г. Егоров провел ряд работ по исследованию явления Зеемана.

Н. Г. Егоров умел находить талантливую молодежь, вызвать у нее интерес к науке. В свое время он руководил первыми научными исследованиями А. Л. Гершуна и Ю. В. Вульфа, оставивших свой след в русской науке.

Дмитрий Сергеевич заинтересовался оптикой под влиянием Н. Г. Егорова, тот привлек студента второго курса сначала к подготовке лекционных демонстраций, а затем дал ему тему дипломной работы.

К. К. Баумгарт, учившийся в университете позднее, вспоминал: «Дмитрий Сергеевич еще студентом помогал Николаю Григорьевичу в демонстрировании опытов на лекциях. Я слушал этот курс спектрального анализа, будучи студентом второго курса, и тут впервые увидел Дмитрия Сергеевича. Он показывал немного опытов, но все они были подготовлены очень тщательно»⁵. Позднее, по окончании университета, Егоров взял Рождественского лаборантом в Военно-медицинскую академию.

Значительное влияние оказал на Д. С. Рождественского его сверстник, окончивший университет ранее и работавший лаборантом Физического института, А. А. Добиаш, впоследствии профессор физики ряда советских вузов. Это влияние не ограничивалось только физикой, но способствовало и усилению интереса к общественно-политической жизни. Среди других лиц, повлиявших на молодого физика, нужно назвать В. В. Лермантова, крупнейшего специалиста по постановке физического практикума в Петербургском университете.

Обучение в университете приучило Рождественского работать самостоятельно. Нужно отметить, что свободное посещение лекций, знание иностранных языков, хорошие библиотеки и возможность приобретать необходимую литературу позволяли Дмитрию Сергеевичу самостоятельно изучать физику по первоисточникам и зарубежным руководствам. Лекции, которые его не удовлетворяли по каким-либо причинам, он не посещал, в том числе некоторые лекции и по физике. Позднее, по свидетельству К. К. Баумгарта, он жалел об этом и говорил, что надо было посещать по крайней мере все те лекции по физике, которые сопровождаются демонстрациями. Навыки самостоятельной работы еще более закрепились в 1899/1900 учебном году.

⁵ Баумгарт К. К. Дмитрий Сергеевич Рождественский, с. 554.

Четырехлетний срок обучения в университете у Рождественского заканчивался, в 1899 г. он должен был держать выпускные экзамены. Это был особый год в жизни Петербургского университета. Непосредственная участница тех событий О. В. Синакович (Яфа), тогда слушательница Бестужевских курсов, так описывает происходившее: «8 февраля (день основания Петербургского университета) 1899 года днем, как всегда, должен был состояться торжественный акт в здании университета, а вечером в различных местах традиционные студенческие вечеринки. По окончании акта студенты стали выходить из университета. Те из них, которым путь лежал в сторону Дворцового моста, наткнулись на неожиданное препятствие в виде заградительного отряда из конных и пеших городских, которые никого не пропускали к мосту, а всю, более чем тысячную толпу, возбужденную и раздраженную необычным препятствием, направили по набережной к Николаевскому мосту. При этом, когда толпа приблизилась к Академии художеств, ее настиг эскадрон конной полиции и произошло избиение нагайками, в котором пострадало много студентов. Это поведение полиции, ничем не вызванное со стороны студентов, возбудило бурю негодования не только среди учащейся молодежи, но и во всем городе. Весть о случившемся в Петербурге разошлась повсюду. Учащаяся молодежь решила ответить на избиение не стихийным беспорядком, а организованным протестом в виде общестуденческой забастовки с предъявлением правительству требований гарантий на будущее. Первым забастовал университет, затем все петербургские вузы и университетские города. Начались массовые исключения студентов. На женских Бестужевских курсах (сходкой председательствовала О. А. Добиаш) студенты требовали возвращения исключенных товаров, написали заявления об уходе с курсов. Заявлений оказалось так много, что для того, чтобы вынести их из аудитории, пришлось их увязать в чью-то большую шаль»⁶.

Волнения продолжались всю весну. Все экзамены, в том числе и выпускные, проходили в присутствии полиции. Многие студенты отказывались быть в числе

⁶ Синакович О. В. Жили-были. Воспоминания, тетрадь № 14, л. 20—30. Рукописный отдел Государственной Публичной библиотеки имени М. Е. Салтыкова-Щедрина, ф. Второвы И. А. и Н. И. и Синакович, № 328.



*Д. С. Рождественский.
1900 г.*

«пушкинского выпуска»⁷. Среди них был и Дмитрий Сергеевич.

Появился дополнительный год для продолжения учебы, он был использован как для выполнения большого числа лабораторных работ усложненного типа, так и для углубленного самостоятельного изучения физики в библиотеках.

Следует заметить, что в своей дальнейшей педагогической деятельности Дмитрий Сергеевич очень высоко ценил самостоятельность в работе студента. Он считал, что в лекциях надо останавливаться только на том, что нельзя прочесть в учебниках, а более простые и известные вещи студент должен разбирать самостоятельно. Этим объясняется то внимание, которое он, став руководителем физического отделения Петроградского университета, проявлял к семинарам как особой форме самостоятельной работы, к читальным залам для студентов, к оснащению их литературой.

⁷ В 1899 г. Россия отмечала столетие со дня рождения А. С. Пушкина. Это было главное событие года, что привело к такому названию выпуска.

Любовь к работе в библиотеке, хорошее знание организации этой работы пригодились Дмитрию Сергеевичу в 30-х годах, когда он работал в Комиссии по организации библиотеки Академии наук СССР.

Выпускные экзамены были успешно сданы в 1900 г. В общем протоколе испытаний в комиссии по отделению математики за 1900 г. есть оценки выпускника Д. Рождественского⁸.

Сочинение		Письм. ответы				Устные ответы				Доп. исп.	
отметка	предм.	мат.	физ.	мех.	астр.	мат.	физ.	мех.	астр.	отм.	предм.
вуд ⁹	физ.	вуд.	уд.	вуд.	—	вуд.	вуд.	вуд.	вуд.	вуд.	физ.

В состав комиссии, принимавшей экзамены, входили известные ученые: Ю. В. Сохоцкий (математик), И. И. Боргман (физик), Д. К. Бобылев (механик), С. П. Глазенап (астроном) и Ф. Ф. Бейльштейн (химик).

Сочинение или дипломная работа Д. С. Рождественского не сохранилась, нет и сведений о точном названии ее. Известно, что она была предложена и выполнялась под руководством Н. Г. Егорова. Тема — оптика, по свидетельству К. К. Баумгарта, была экспериментальной и связанной с поляризацией света от флюоресцирующего источника. Из 16 выпускников, сдавших экзамены, лишь один Дмитрий Сергеевич получил диплом первой степени, что соответствует нашему диплому с отличием.

По окончании университета Дмитрий Сергеевич был оставлен при нем для подготовки к профессорскому званию.

⁸ Государственный исторический архив Ленинградской области (в дальнейшем — ГИАЛО), ф. 14, оп. 19, ед. хр. 17, св. 3933, л. 2.

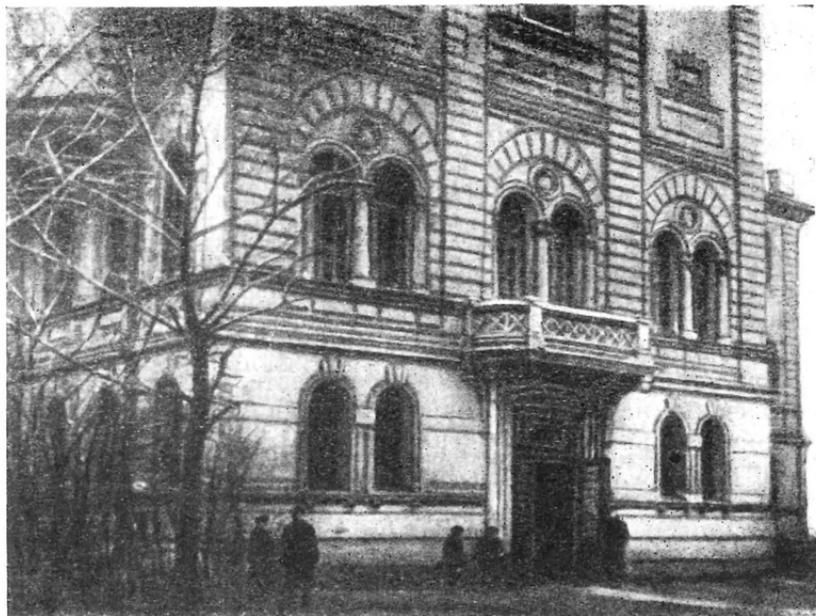
⁹ Вуд — весьма удовлетворительно — высшая оценка на этих экзаменах.

Начало научной деятельности

Как уже сообщалось, Н. Г. Егоров, принимавший близкое участие в судьбе Д. С. Рождественского, пригласил его на должность лаборанта¹ по физике в Военно-медицинскую академию. Дмитрий Сергеевич с увлечением руководил лабораторными работами студентов, приобретал навыки в обращении с приборами и в технике эксперимента. Но его надежды на научно-исследовательскую работу под руководством Егорова не оправдались, так как в том же 1900 г. Николай Григорьевич был назначен помощником Д. И. Менделеева в Главную палату мер и весов и покинул Военно-медицинскую академию. Изменилась и область его научной работы. Вопросы метрологии заняли главное место в его исследованиях. Дмитрий Сергеевич остался без научного руководителя.

Осенью 1901 г. Д. С. Рождественский получил возможность заграничной поездки, которая предоставлялась всем лицам, оставляемым в университете для подготовки к профессорскому званию. В такие командировки в Германию ездили подавляющее большинство молодых русских физиков. Этому способствовало не только наличие превосходно оборудованных физических лабораторий в Германии и высокий авторитет немецких физиков, но и традиционные русско-немецкие научные связи. Традиция не была нарушена и сейчас. Дмитрий Сергеевич отправился в Лейпциг к известному немецкому физiku О. Винеру. За год пребывания там Рождественский прослушал курс общей физики, который читал Винер, изучил демонстрационный эксперимент по этому курсу, студенческий практикум и лаборатории докторантов — все это входило в программу подготовки к профессорскому званию. Кроме того, Дмитрий Сергеевич выполнил экспериментальную работу «Об изменении электропроводности раствора при воз-

¹ Лаборант — преподаватель, руководивший лабораторными занятиями студентов (ныне ассистент).



Физический институт Петроградского университета

буждении в нем флюоресценции», в ходе которой проверил влияние флюоресценции на электропроводность. Ранее Никольс и Меррит обнаружили этот эффект.

Опыты, поставленные Рождественским, дали отрицательный результат. Несмотря на то, что результат был верен и позднее подтвержден другими исследователями, публикация не состоялась. Весной 1902 г. Рождественский пишет письмо известному немецкому физическому П. Друде с просьбой предоставить ему место для исследовательской работы в Физическом институте Гисенского университета и просит сообщить возможную тему по оптике. В ответ Друде предложил Рождественскому приехать в Гисен к 23 октября 1902 г. и согласовать тему на месте.

Осенью 1902 г. Рождественский возвращается в Петербургский университет. В феврале 1903 г. из Физического института уходит лаборант В. К. Лебединский, впоследствии известный советский радиофизик, один из основателей Нижегородской радиолaborатории, и с 1 февраля Дмитрий Сергеевич назначается на его место².

² ГИАЛО, ф. 14, оп. 3, св. 1059, № 15012, л. 6.

Физический институт Петербургского университета был открыт 9 сентября 1901 г. — это было первое учреждение подобного рода в России. Создание Физического института — заслуга профессоров и преподавателей университета, в особенности Ф. Ф. Петрушевского и И. И. Борзмана. Последний был в свое время учителем физики у будущего царя Николая II, а также членом Государственного совета, что несомненно способствовало успеху предприятия. В 1897 г. были получены необходимые средства, летом 1898 г. началось, а в 1901 г. завершилось строительство здания. В отчете Петербургского университета за 1901 г. открытию института посвящены следующие с пафосом написанные строки: «Успехи естественных и математических наук много зависят от правильной постановки вспомогательных учреждений; каковы лаборатории, кабинеты и пр., и в этом случае наш университет в истекшем году обогатился новым ценным приобретением. На университетском дворе против главного старого здания выросло изящное новое, на котором красуется надпись „Физический институт“. Это первое в России учреждение подобного рода, устроенное согласно требованиям, предъявляемым к таким постройкам современным состоянием науки»³.

К моменту прихода Д. С. Рождественского в институте было семь отделений. Первое — для студентов младших курсов математического и естественного отделений физико-математического факультета, где выполнялись простые работы на заранее приготовленных установках. Одновременно могли заниматься 94 человека. Второе — для студентов, выполнивших 15 работ в первом отделении. Занятия здесь требовали некоторых экспериментальных и теоретических знаний. Лабораторные работы в этом отделении относились к области электрических и магнитных явлений (например, различные способы электрических измерений) и к оптике. Одновременно могли заниматься 50 человек. В третьем, рассчитанном на одновременную работу 12 человек, заниматься исследованиями могли студенты, получившие опыт в первых двух отделениях. Четвертое предназначалось для физико-химических работ (рассчитано было на 8 человек), пятое — для научно-исследовательских работ, при этом каждая из его 25 комнат

³ См.: *Быкова-Орлова Е. Г.* Развитие физической лаборатории в России во второй половине XIX, начале XX века. — В кн.: Вопросы истории физики и ее преподавания. Тамбов, 1961, с. 197.

оборудовалась самим исследователем. Шестым было фотографическое отделение, седьмым — машинное для исследования динамо-машин и различных двигателей.

С переездом в новое здание число лабораторных работ возросло, велись они и по новым темам. В частности, во втором отделении сначала усилиями В. К. Лебединского, а затем Д. С. Рождественского впервые в нашей стране был создан практикум по физической оптике.

Тематика лабораторных работ стоит того, чтобы на ней остановиться подробнее.

В первом отделении: градуировка уровня, весы Вестфаля, гидростатическое взвешивание, пикнометры, объеметры, определение веса кубического сантиметра воздуха, постоянные точки термометра, коэффициент расширения воздуха, коэффициент расширения ртути, температуры плавления, скрытая теплота плавления, парообразования, влажность, увеличение микроскопа, зрительной трубы, градуировка спектроскопа, гониометра, амперметра, газовый вольтметр, линейный и магазинный мосты Уитстона, определение модуля упругости, момента инерции и т. п. Во втором отделении — ряд работ по оптике и электричеству: определение длины волны натриевого света при помощи дифракционной решетки, определение разностей длин волн линий D_1 и D_2 по методу биений, определение коэффициента вращения плоскости поляризации сахариметром и т. п., сравнение э. д. с. при помощи квадратного электрометра, определение коэффициента самоиндукции по способу Рэлея, построение кривой гистерезиса и т. д.⁴

Летом 1903 г. Дмитрий Сергеевич получил возможность поехать в Гисен в лабораторию П. Друде. Теперь он уже заранее знал в общих чертах тематику предполагавшейся исследовательской работы, так как осенью 1902 г. он получил следующее письмо от Друде:

«Уважаемый г. Рождественский! Для Вас будет забронировано рабочее место летом 1903 года. Я не могу сейчас точно указать тему работы, потому что лучше это будет сделать после личной беседы с Вами. Я хочу предложить Вам оптическую тему — отражение поляризованного света на тонких пленках жидкости или металлах, которые, особенно последняя, представляет повышенный интерес с современной точки зрения (электронная теория). Из

⁴ Музей ЛГУ, ф. ФИК (фонд истории кафедр), д. 340, л. 20, 21.

литературы, которая мне известна и которая Вам полезна, рекомендую Винкельмана „Руководство по физике“, II (оптика): глава — отражение света на прозрачных телах (поверхностных слоях) и металлах. Там указаны также цитаты из оригинальных работ, которые Вы можете изучить. Понимание этих оригинальных работ будет Вам облегчено, если Вы предварительно ознакомитесь с моим „Учебником по оптике“, Лейпциг, 1902 г. С сердечным приветом Ваш П. Друде. Гисен 21 октября 1902 г.»⁵.

Дмитрий Сергеевич провел не много времени в Гисене, тем не менее ему удалось выполнить интересное исследование в рамках намеченной Друде программы по изучению отражения поляризованного света от металлической поверхности. Актуальность темы объяснялась тем, что изучение оптических свойств металлов позволяло получить важные сведения для электронной теории, одним из создателей которой был сам Друде и которая находилась в ту пору в состоянии становления.

Оптические свойства металлов непосредственно связаны с их электропроводимостью. При изменении последней (например, в результате изменений температуры) изменяются и оптические свойства металлов, в частности величины n (показатель преломления) и κ (так называемый индекс поглощения). Электронная теория давала количественную связь между теми и другими изменениями. Этот вывод теории нуждался в экспериментальной проверке.

Для определения величин n и κ должны быть определены два специальных угла. Линейно-поляризованный свет при отражении от металла преобразуется в эллиптически-поляризованный. Объясняется это тем, что составляющие колебаний электрического вектора параллельные и перпендикулярные плоскости падения отражаются с некоторой разностью фаз Δ , зависящей от n , κ и угла падения φ . Величина Δ может изменяться в зависимости от φ от 0 до 180° .

Угол падения, при котором $\Delta = \pi/2$ (эллиптичность достигает наибольшего значения), называется главным углом падения. Для нахождения главного угла удобнее поставить опыт иначе — заставив отразиться от металлической поверхности луч света, поляризованный по

⁵ Цит. по: История и методология естественных наук, вып. III. Физика. М., Изд-во МГУ, 1965, с. 306.

кругу (полученный, например, с помощью пластинки в четверть волны). Для угла отражения, равного главному углу падения (при прямом опыте), отраженный свет оказывается линейно-поляризованным, и угол может быть найден весьма просто с помощью призмы Николя — при некотором положении призмы свет будет полностью гаситься. Одновременно может быть определен и угол между направлением результирующих плоских колебаний (короткая диагональ Николя) и плоскостью падения, который носит название главного азимута. Теория дает связь между величинами n и x и главными углами.⁶

В работе Дмитрия Сергеевича и измерялись главные углы падения и азимута при отражении света от металлов (серебро, никель, медь и платина) при температурах твердой углекислоты (79°C) и жидкого воздуха (180°C). Полученные им результаты находились в согласии с выводами электронной теории и были приведены П. Друде в его обширной статье «Оптические свойства и электронная теория» (1904) с указанием имени Д. С. Рождественского. Перевод соответствующего места приведен К. К. Баумгартом в одной из статей о Дмитрии Сергеевиче: «Температурный коэффициент оптических свойств металлов. Уже неоднократно констатировали в противоположность первоначальному убеждению Кундта, что оптические свойства металлов мало меняются при нагревании (даже до 800° по Зеemannу), во всяком случае они меняются гораздо меньше, чем можно было бы ожидать согласно теоретической связи оптики металлов с гальванической проводимостью металлов. При сильном охлаждении можно также сильно изменить проводимость в процентном отношении. Поэтому я предложил г. Д. Рождественскому произвести в моем институте исследование изменений постоянных отражений от металла при охлаждении до температуры твердой углекислоты или жидкого воздуха. Опыты будут позднее опубликованы в более подробном виде⁶. Главным затруднением при производстве их было осаждение водяных паров, или углекислоты, или паров жиров на сильно охлажденном металлическом зеркале. Для избежания этого зеркало привинчивалось к ящику, в котором создавалась возможно более совершенная пустота, так что металлическое зеркало граничило с вакуумом. Опыты дали поразительный результат, что главный угол падения

⁶ Публикация в более подробном виде не состоялась.

вообще не меняется сколько-нибудь заметно при столь сильном охлаждении, в то время как главный азимут у всех металлов лишь немного растет, как видно из следующей таблицы:

Металл	Температура, °C	Главный азимут	Металл	Температура, °C	Главный азимут
Серебро	— 79	+12'	Никель	—180	+20'
	—180	+45'		Медь	— 79
Никель	— 79	+13'		—180	+1°12'

Так как главный угол падения в основном зависит от $n^2 + n^2 \kappa^2$, а $\kappa = \operatorname{tg} 2\varphi$, то следует заключить, что при понижении температуры κ лишь немного уменьшается (для меди на 10% приблизительно), в то время как $n^2 + n^2 \kappa^2$ остается постоянным, т. е. n несколько увеличивается. Из нашей формулы (60) следует, что у меди при сильном охлаждении число проводящих электронов в атоме несколько, но немного, уменьшается»⁷. Далее в статье П. Друде следует объяснение экспериментальных результатов с точки зрения электроники.

Следует заметить, что в дальнейшем Д. С. Рождественский больше не возвращался к тематике своих первых исследований, хотя его внимание к электронной теории не ослабло, а П. Друде интересовался его дальнейшими исследованиями⁸.

Заграничные поездки Дмитрия Сергеевича, хотя и не привели его к выбору темы для своей исследовательской работы, были все же полезны. Они не только дали ему возможность познакомиться с передовыми научными центрами Западной Европы, но и подтвердили, что главный интерес в науке для него — оптика.

Осенью 1903 г. Рождественский вернулся в Физический институт Петербургского университета. Начался новый, очень важный этап его жизни.

⁷ Баумгарт К. К. Дмитрий Сергеевич Рождественский, с. 556.

⁸ Сохранилось письмо П. Друде Д. С. Рождественскому, в котором он отмечает важность работы последнего по аномальной дисперсии в парах натрия и просит прислать рукопись его работы. Письмо опубликовано в кн.: История и методология естественных наук, вып. III, с. 307.

Глава четвертая

Годы формирования ученого

В октябре 1903 г. формально закончился трехлетний срок подготовки Д. С. Рождественского к профессорскому званию. Многие из оставленных за это время сдавали магистерские экзамены, готовили магистерскую работу, некоторым, но только не физикам Петербургского университета, удалось и защитить диссертации. Этому мешал ряд обстоятельств, характерных для Петербургского университета. Из трех профессоров-физиков университета — Ф. Ф. Петрушевского (затем его сменил Н. А. Булгаков), И. И. Боргмана и О. Д. Хвольсона — ни один не создал физической школы, подобной школе П. Н. Лебедева в Москве. Каждый из них преуспел в преподавательской деятельности, создал учебники по физике, в частности курс физики О. Д. Хвольсона пользовался популярностью во всем мире. Но их научно-исследовательская работа не могла идти ни в какое сравнение с педагогической.

Современники однозначно характеризовали научную работу по физике в Петербургском университете в начале XX в. как неудовлетворительную. Так, академик И. В. Обреимов писал: «В своей научной деятельности Боргман придерживался принципов, которые вызывали антипатию к нему со стороны А. Ф. Иоффе и Д. С. Рождественского. Он считал, что самостоятельно работать и мыслить могут только корифеи науки, например, Томсон, Резерфорд, Вильсон, а молодые физики, студенты должны копировать их работы. Так дипломные работы не выходили за рамки воспроизведения опыта какого-нибудь ученого»¹. Аналогичную оценку состоянию физики в Петербурге того периода дали А. Ф. Иоффе и другие ученые.

Сам Дмитрий Сергеевич не оставил письменных отзывов о состоянии научно-исследовательской работы в Петербургском университете по физике того периода, но неко-

¹ Воспоминания о А. Ф. Иоффе. Л., Наука, 1973, с. 32.

торые его высказывания привел Т. П. Кравец: «После окончания университета Дмитрий Сергеевич делает все, чтобы начать научную работу. Это звучит сейчас странно: нужно было предпринимать какие-то усилия, чтобы работать в науке. В настоящее время научная работа для всех лиц преподавательского, учебного и ученого состава высших учебных заведений и научно-исследовательских учреждений считается не только нравственным, но и служебным долгом, который нельзя забывать ни на минуту. В то время — время действия университетского Устава 1884 года — понятие о таком долге не выработалось.

Впоследствии в беседах с Дмитрием Сергеевичем я спрашивал его: „Вот у нас в это время в Москве был Лебедев, который нас тянул в науку, учил, что она есть главная движущая сила университета, а в Петербурге вы ничего подобного не имели; там никто не работал; почему Вы сами стали работать?“ Он отвечал: „Этого мало: в Петербургском университете считалось неприличным работать — тот, кто начинал работать, тот „выскакивал“ из числа других, которые не работали; этот кастовый дух вел к дальнейшему принижению общего уровня до уровня слабейших“. Что же Вы сделали? — спрашивал я Дмитрия Сергеевича. — А наплевал . . . и начал работать»².

Дмитрий Сергеевич был вынужден начать на пустом месте. Ему предстояло самому выбрать тему, что представляло немалые трудности для начинающего физика, так как ему нелегко было определить ее актуальность, возможность экспериментального осуществления вообще и по наличию инструментария в данном месте в частности. Наконец, отсутствовали компетентные специалисты, которые могли быть консультантами.

Но не только это затрудняло работу, хотя и эти трудности могли надолго задержать ее. Для защиты магистерской диссертации, помимо ее выполнения, было необходимо заранее сдать магистерские испытания. Между тем в Петербургском университете сложилась особая ситуация, которую А. Ф. Иоффе назвал «трагедией Петербургской физики». В число магистерских экзаменов входили экзамены по математике. Экзаменующие не делали разницы между математиками и физиками, причем экзамен по математике не имел резко очерченных границ, задавались дополнительные вопросы, число и объем которых были

² Кравец Т. П. От Ньютона до Вавилова, с. 340.

заранее неизвестны. Понятно, что молодые физики, подвергавшиеся магистерским экзаменам, не могли соперничать в своих знаниях с профессорами математики Петербургского университета — учениками первоклассной математической школы П. Л. Чебышева — и проваливались на этих экзаменах. Особенно усердствовал профессор А. Н. Коркин, считавший, что нет специальной математики для физиков, резко возражавший даже против укоренившегося ныне термина математическая физика.

Многие физики, чьи экспериментальные работы стоили докторской диссертации и пользовались вниманием не только в России, не смогли получить права на защиту магистерской. Такое положение существовало многие годы. Назовем имена А. С. Попова, А. Л. Гершуна, В. К. Лебединского, к ним можно добавить и многих других, вынужденных уйти из университета, чтобы иметь возможность преподавать в вузе. Беднел университет физиками инициативными, физиками-исследователями. (Отметим, правда, в качестве редкого исключения, что Б. Б. Голицын сдал эти экзамены зимой 1890/91 г.)

Дмитрий Сергеевич был одним из немногих физиков, преодолевших этот барьер. В одном из писем В. К. Лебединский писал в марте 1910 г.: «У нас теперь здоровая контroversия³ о магистерских экзаменах. Эренфест узнал по печатному уставу, что для физиков не нужен экзамен по теории вероятностей, и заявил, что не будет его держать. В факультете поднят вопрос: Хвольсон написал громовую критику на всю экзаменационную систему. И, кажется, теорию вероятностей выхерят. Д. С. Рождественский успешно выдержал половину экзаменов; с него, вероятно, и начнутся петербургские магистранты без теории вероятностей»⁴.

Есть еще два воспоминания, связанные со сдачей Дмитрием Сергеевичем магистерских экзаменов. Первое принадлежит А. Ф. Иоффе: «В Москве в 1909 году шел съезд русских естествоиспытателей и врачей, на котором П. Н. Лебедев докладывал о световом давлении. На одном из заседаний съезда докладывались вопросы оптики, а лучший ее представитель Дмитрий Сергеевич Рождественский в это время в Петербурге готовился к магистер-

³ Контroversия (от латинского *controversia*) — разногласие, спор.

⁴ Цит. по ст.: Френкель В. Я. Пауль Эренфест. — В кн.: Эренфест П. Относительность, кванты, статистика. М., Наука, 1972, с. 313.

ским экзаменам. Павел Сигизмундович (Эренфест. — *Авт.*) в ярких красках описал порядки, принятые на экзаменах, и вред, который они приносят русской науке. Потрясенный нелепостью создавшегося, он расплакался, вызвав сочувствие большинства аудитории»⁵.

Второе связано с самим П. С. Эренфестом и приведено в книге В. Я. Френкеля «Пауль Эренфест». «В конце 1909 года в Москве открылся XII съезд русских естествоиспытателей и врачей. Сам Эренфест вспоминал позднее. В одном из своих докладов он рассказал о серии новых работ по оптике. Его доклад внимательно слушали, но у некоторых оптиков, присутствующих на съезде, он поначалу вызвал недоумение, ведь речь шла о довольно известных работах молодого петербургского физика. Но вот Эренфест закончил говорить об этих работах, сделал паузу и сказал, что докладывал о выдающихся результатах, полученных Дмитрием Сергеевичем Рождественским! Эта работа могла бы сделать честь любому крупному специалисту. А вместе с тем сам Рождественский вынужден был отказаться от поездки в Москву, так как он готовился к магистерским экзаменам по математике. Чтобы сдать эти экзамены, надо было прочесть вот какие книги: Эренфест подошел к доске и, волнуясь от негодования, начал выписывать длинную колонку названий книг, ознакомление с которыми требовалось программой»⁶.

Наконец, обратимся к дневнику XII съезда русских естествоиспытателей и врачей, к протоколу заседания секции физики от 4 января 1910 г. «Г. П. Кравец сделал сообщение „Адсорбция и дисперсия света и ее связь со свойствами молекулы“. По поводу доклада П. С. Эренфест сделал такое замечание: г. Кравец показал нам, какие интересные следствия можно вывести из известных измерений по дисперсии и подчеркнул, что для этой цели особенно ценным материалом являются измерения Лориа (1909 г.), а именно измерение дисперсии в парах Na в соседстве натриевого дуплета. Эренфест указывает по этому поводу на предварительное сообщение, сделанное недавно Рождественским (Петербург) в Петербургском Физическом обществе. Рождественский демонстрировал ряд фотографий дисперсионной кривой натриевого пара, полученных им более чем год назад и на основании их показал:

⁵ Там же, с. 270.

⁶ Френкель В. Я. Пауль Эренфест. М., Атомиздат, 1977, с. 36.

1) что он в состоянии проследить на них дисперсионную кривую и в промежутке между двумя натриевыми линиями (в противоположность к Лориа);

2) что его фотографии позволяют ему проследить дисперсионную кривую настолько близко до максимума абсорбции, что те соседние области каждой линии, которые уже не могут быть проанализированы, оказываются в 40—50 раз уже, чем у Лориа;

3) что теоретическая дисперсионная кривая в широкой мере оправдывается и в этих наиболее чувствительных областях.

Г-н Эренфест извиняется, что относительно этой интересной работы может сообщить лишь эти немногие данные. Сам Рождественский, к сожалению, не в состоянии присутствовать на съезде, так как в настоящее время должен готовиться к 8 экзаменам по математике (исчисление конечных разностей, высшая алгебра, определенные интегралы и т. д.), которые в Петербурге обязан сдавать всякий магистрант физики»⁷.

Под восьмью экзаменами Эренфест понимал восемь различных разделов математики, экзамен был один, но сдавался в два приема, в два различных дня. Сохранились протоколы магистерских испытаний на физико-математическом факультете Петербургского университета.

«11 января 1909 года произведено испытание Д. С. Рождественского из физики на степень магистра физики. Были предложены следующие вопросы:

1. Работы Больцмана о законе Максвелла.

2. Об отражении света с точки зрения электромагнитной теории света.

3. Основы электронной теории.

Ответы признаны удовлетворительными.

И. Боргман. О. Хвольсон»⁸

Следующими были «страшные» экзамены по математике, они сдавались Д. С. Рождественским 15 и 29 января 1910 г. (Эренфест сдал их 5 марта и 9 апреля того же года.)

«Из математики

1. Определение корней по способу Фурье.

⁷ Дневник XII съезда русских естествоиспытателей и врачей. М., 1910, отдел II, с. 363.

⁸ ЛГИА, ф. 14, оп. 3, № 15107, л. 13.

2. Об интеграле $\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx$.

3. Формула Коши.

4. Теорема сложения эллиптических функций.

5. Формула Симпсона.

6. Задача о колебании упругой струны, закрепленной в концах. (Методы Бернулли, Фурье, Коши и т. д.)

7. Линейные уравнения. Пример $y''' + (X-1)y'' - (3X+Y)y' + (2X+4)y = 0$.

8. Канонические дифференциальные уравнения. Теорема Пуассона.

9. Обобщение теоремы Бернулли.

Ответы признать удовлетворительными.

Подписи: Селиванов, Пташицкий, Стеклов»⁹.

Кроме этого, были сданы магистерские экзамены по метеорологии и теоретической механике. Последний экзамен состоялся 16 декабря 1910 г.

Дмитрий Сергеевич был первым русским физиком, который после долгого перерыва сумел сдать магистерские экзамены в Петербургском университете. Только его упорство и настойчивость позволили преодолеть эту преграду. Вслед за ним эти экзамены были сданы П. С. Эренфестом, А. Ф. Иоффе и другими.

Революция 1905—1907 гг. не оставила в стороне круги прогрессивной русской интеллигенции. Дмитрий Сергеевич также протестовал против произвола царизма и был живо заинтересован событиями этих лет. В «Книге жизни и смерти» написано: «1905-й год — секретарь физического отделения РФХО. Председатель Боргман. Банкеты. Длинные разговоры о том, может ли Ф. О. работать после 9 января. Общество лаборантов и доцентов. Я в нем секретарь. В первой половине 1905 г. отделился от семьи и стал жить на свое лаборантское жалованье. Обедал у Добиашей, где встретился с О. Огромная заинтересованность в революционном движении. Демонстрации по поводу Цусимы в мае. Бываю через Добиашей в заседании Союза Союзов»¹⁰.

Попробуем расшифровать эту краткую, телеграфного типа запись событий тех лет. В этой записи чувствуется

⁹ Там же, л. 13 об.

¹⁰ ААН СССР, ф. 341, оп. 2, № 32, л. 6.

отношение Дмитрия Сергеевича к «длинным разговорам», которые велись на банкетах и заседаниях физического отделения либеральными профессорами. Молодежь — лаборанты и доценты университета — объединилась в отдельное общество, которое было настроено радикально. Председателем общества был В. Л. Комаров, впоследствии президент Академии наук СССР, а Дмитрий Сергеевич — секретарем. Это общество явилось инициатором первого письма «Нужды просвещения», в котором была дана очень обстоятельная, конкретная критика политики царизма в области просвещения от начального до высшего образования. Под письмом было собрано 342 подписи ученых, и оно было опубликовано в левой газете «Наши дни» 19 января 1905 г. В письме делался вывод: «Правительственная политика в области просвещения народа, внушавшаяся преимущественно соображениями полицейского порядка, является тормозом в его развитии. Она задерживает его духовный рост и ведет государство к упадку»¹¹.

Дмитрий Сергеевич участвует в ряде демонстраций, забастовок преподавателей, в частности в забастовке протеста против кровавой расправы царизма с мирной демонстрацией 9 января, в майской демонстрации, связанной с гибелью русского флота в Цусимском проливе, в ряде собраний, требовавших введения конституционного строя, подписывает резолюции и требования этих собраний. В протоколах заседания Русского физико-химического общества есть письмо от 31 члена физического отделения, которые отказались участвовать в работе общества; в частности, они писали: «Глубоко потрясенные кровавыми событиями, разразившимися в Петербурге, мы, нижеподписавшиеся, не в силах заниматься в настоящее время научной работой»¹².

В 1905 г. Д. С. Рождественский особенно сблизился с А. А. Добиашем, лаборантом Физического института, настроенным очень радикально. На квартире Добиашей происходили нелегальные собрания, маскировавшиеся под вид обедов. Здесь он и познакомился с Ольгой Антоновой Добиаш, своей будущей женой.

¹¹ Наши дни, 1905, 19 января.

¹² Протокол заседания Отделения физики Русского физико-химического общества от 11 (24) января 1905 г. — Журнал Русского физико-химического общества, часть физическая. СПб., 1905, т. 37, вып. 2.

Ольга Антоновна родилась 21 мая 1875 г. в Харькове. Ее родители — чехи по национальности. Отец, Антон Вячеславович, по окончании Пражского университета переехал в Россию и преподавал древние языки в различных учебных заведениях. Вскоре после рождения дочери семья переехала в Нежин, где А. В. Добиаш стал работать в Нежинском историко-филологическом институте (бывший Нежинский лицей) сначала преподавателем, потом инспектором. Детей в семье было трое, двое из них так или иначе были связаны с Дмитрием Сергеевичем. После замужества Ольги Антоновны ее мать до самой смерти в 1939 г. жила у Рождественских. Александр Антонович был близким другом Дмитрия Сергеевича. Он также окончил Петербургский университет, работал в Физическом институте Петроградского университета, после Великой Октябрьской революции — в ряде советских вузов (Воронеж, Ленинград), одно время заведовал пирометрической лабораторией ГОИ. Автор ряда учебников. Умер в 1933 г.

Ольга Антоновна окончила Нежинскую гимназию, затем из-за болезни занималась самообразованием под руководством отца. В 1895 г. поступила на Высшие женские курсы (Бестужевские) в Петербурге, сначала на математическое отделение, но сразу же перешла на историко-филологическое. В год поступления Ольги Добиаш на Бестужевские курсы умерла одна из известных борцов за женское равноправие и женское образование в России Н. В. Стасова. Ее похороны, речи, торжественные заседания в ее память сразу ввели Ольгу Антоновну в общественно-политическую жизнь Петербурга, сделали ее также борцом за женское равноправие. Она сразу вошла в различные кружки и уже в 1896 г. выступила с горячей речью на заседании в память 35-летия освобождения крестьян от крепостной зависимости. Ольга Антоновна участвовала в студенческих волнениях весной 1899 г. на курсах, председательствовала на первых двух сходках, не один раз выступала на них. Была арестована, препровождена в полицейский участок и исключена с курсов. Осенью была допущена для сдачи выпускных экзаменов.

Общественная деятельность не мешала учебе, с первых лет обучения она успешно занималась наукой под руководством известного ученого профессора Гревса. Предполагалось, что Ольгу Антоновну ожидает по окончании подготовка к преподавательской деятельности, но ей

не было разрешено работать ни в средних учебных заведениях, ни в вечерних рабочих школах. Лишь в 1902 г. Добиаш была допущена в частную женскую гимназию Тагановой. Перед этим она давала частные уроки по всем предметам. Уроки пользовались такой популярностью, что на заработанные деньги Ольга Антоновна смогла съездить в Италию.

В годы первой русской революции (1905—1907 гг.) она продолжала участвовать в общественном движении, в забастовках учителей средних и народных училищ, была секретарем Всероссийского учительского Союза, входила в его Центральное бюро, была одним из активных организаторов учительского съезда, проходившего в Финляндии. Была инициатором нескольких забастовок¹³.

В 1907 г. произошло еще большее сближение Ольги Антоновны и Дмитрия Сергеевича. 2 января 1908 г. она пишет своим родителям: «Я выхожу замуж за Дмитрия Сергеевича Рождественского, выхожу по самой горячей, хорошей любви с самой полной уверенностью счастья. Это решилось накануне нового года и за день до моего отъезда из деревни. Мы еще ничего не решили конкретно когда и как это будет, т. к. у нас было мало времени обсудить это и с моей стороны надо уладить много затруднений. Он вернется в Петербург через неделю, и тогда, может быть, мы решим. Он не яркий, тихий, но удивительно чистый, милый, глубоко порядочный и добрый человек. У меня к нему бесконечное чувство уважения и доверия, я не говорю о других чувствах, без которых я бы не вышла за него. Его отношение ко мне страшно трогательно»¹⁴.

15 февраля состоялась свадьба. Со стороны Дмитрия Сергеевича были его мать и одна сестра. Шаферами были К. К. Баумгарт и А. А. Добиаш, гостями — лаборанты Физического института и историки университета. Дмитрий Сергеевич и Ольга Антоновна прожили исключительно счастливую семейную жизнь. Ольга Антоновна была его привязанностью, другом и товарищем до последних дней ее жизни.

¹³ Биографические материалы, касающиеся О. А. Добиаш-Рождественской, взяты из воспоминаний Е. Н. Чеховой (ААН СССР, ф. 341, оп. 4, № 6, л. 4, 9, 16, 45) и из вкрапленных записей О. А. Добиаш-Рождественской в «Книгу жизни и смерти» (ААН СССР, ф. 341, оп. 2, № 32, л. 1—7).

¹⁴ ААН СССР, ф. 341, оп. 4, № 10, л. 1.

Вскоре после свадьбы Ольга Антоновна уехала в Париж, где она занималась научной работой ¹⁵.

Дмитрий Сергеевич, у которого к этому времени был собран некоторый инструментарий, определена тема исследования — «Изучение аномальной дисперсии в парах металлов», изучена необходимая литература, решил для ускорения работы поехать за границу. Понятно, что молодой муж хотел быть поближе к жене и поэтому выбрал лабораторию Липпмана ¹⁶ в Париже, куда приехал осенью 1908 г. В свободное время молодожены посещали музеи Парижа, выезжали в Италию. Ольга Антоновна рассказывала о впечатлениях об этих поездках Е. А. Чеховой: «Мне доставляло наслаждение показывать все это Дмитрию Сергеевичу и меня поражало, как он, человек совсем другой специальности, тонко чувствовал искусство, какой отзвук в нем находит поэзия прошлого. Как метки и тонки его суждения в совсем, казалось бы, чуждой ему области» ¹⁷.

Лаборатория Липпмана не понравилась Дмитрию Сергеевичу, привыкшему к порядкам немецких лабораторий. Помимо этого, работа прерывалась поездками в Петербург для сдачи экзаменов. Для эксперимента требовались достаточно точные приборы, которых у Липпмана не было. Об условиях работы у Липпмана мы узнаем из автобиографии, написанной Рождественским для оформления личного дела перед защитой магистерской диссертации. «В 1908 году магистрант был командирован за границу в Париж в надежде получить большие эксперимен-

¹⁵ Ольга Антоновна Добиаш-Рождественская (1875—1939), член-корреспондент АН СССР, первая в России женщина, защитившая докторскую диссертацию в области гуманитарных наук, первая при царизме женщина, ставшая профессором вуза (в 1915 г. профессор истории на Высших женских курсах и доцент Петроградского университета), общественный деятель, борец за женское равноправие в получении высшего образования, историк средневековья и палеограф, автор 200 научных работ, профессор ЛГУ и научный сотрудник Государственной Публичной библиотеки имени М. Е. Салтыкова-Щедрина. В 1920 г. входила в состав правительственной делегации по заключению мирного договора с Польшей.

¹⁶ Габриель Липпман (1845—1921), французский физик, профессор Сорбонны. Выбор его лаборатории мог зависеть также от мнения Н. Г. Егорова, делавшего докторскую диссертацию у Липпмана.

¹⁷ См.: Воспоминания Е. А. Чеховой. — ААН СССР, ф. 341, оп. 2, № 23, л. 18.

тальные средства для окончания работы. К сожалению, надежды не оправдались. Первая часть работы была закончена по возвращении из командировки при более благоприятных условиях в лаборатории проф. Боргмана»¹⁸. В устных отзывах он говорил о лаборатории Липпмана еще резче. Т. П. Кравец пишет: «Ездил еще в Париж, но обстановка научной работы произвела на Дмитрия Сергеевича самое удручающее впечатление; и единственное, что он мог там делать, — это собирать некоторый материал и инструментарий для последующей работы»¹⁹. Поэтому не правы некоторые историки науки, утверждающие, что пребывание в Париже явилось периодом становления Д. С. Рождественского как ученого. Например, у П. С. Кудрявцева: «Он работает в Парижском университете с 1907 по 1910 год и возвращается в Петербург сложившимся ученым с определенным научным направлением»²⁰ (здесь еще неточность в дате — 1908, а не 1907 г.).

8 декабря 1909 г. Дмитрий Сергеевич впервые выступает с результатами своих исследований аномальной дисперсии в парах натрия на заседании физического отделения Русского физико-химического общества (РФХО). Эта часть работы носила предварительный характер, но все же ему удалось промерить ход аномальной дисперсии в парах натрия вблизи желтого дублета во много раз ближе к линиям поглощения, чем это было сделано в появившемся в 1909 г. аналогичном труде польского физика С. Лориа.

Краткое содержание доклада было опубликовано в «Журнале Русского физико-химического общества»²¹. Доклад вызвал интерес не только среди петербургских физиков. Ранее уже отмечалось, что П. С. Эренфест высоко оценил исследование Рождественского на XII съезде русских естествоиспытателей и врачей. Эта работа Дмитрия Сергеевича получила премию имени Ф. Ф. Петрушевского, которая присуждалась за оригинальные ис-

¹⁸ ГИАЛО, ф. 14, оп. 3, № 15144, л. 53.

¹⁹ Кравец Т. П. От Ньютона до Вавилова, с. 341.

²⁰ Кудрявцев П. С. Курс истории физики, с. 269.

²¹ Рождественский Д. С. К исследованию дисперсии в парах натрия. — Журнал Русского физико-химического общества, часть физическая, СПб., 1910, т. 42, с. 87—97. Перевод этой работы вышел в «Z. Wiss. Phot.» (1910, № 9, с. 37—47).

следования по физике, преимущественно экспериментального характера, выполненные в России и изложенные на русском языке. Предпочтение оказывалось начинающим ученым. Исследование Дмитрия Сергеевича отвечало всем этим требованиям. Комитет по присуждению премии отметил «полную самостоятельность работы автора как в выборе темы, так и в исполнении работы, удачное преодоление экспериментальных трудностей, приведшее к значительному расширению предела нашего знания в области аномальной дисперсии, тонкий теоретический анализ опыта»²².

В своей дальнейшей работе, используя полученные от профессора И. И. Боргмана, С. Я. Терешина и А. А. Иванова более совершенные приборы и оборудование и разработав новый интерференционный «метод крюков», Дмитрий Сергеевич получил гораздо более надежные результаты, позволившие экспериментально проверить зависимость показателя преломления от частоты падающего света (формулу Зеллмейера).

В 1912 г. Рождественский публикует работу «Аномальная дисперсия в парах натрия» и представляет ее в Ученый совет Петербургского университета в качестве магистерской диссертации. Официальными оппонентами были назначены И. И. Боргман и О. Д. Хвольсон, которые дали работе положительный отзыв. 4 марта 1912 г. состоялась успешная защита. Не входя в рассмотрение сущности работы (это будет сделано в специальной главе), приведем лишь некоторые высказывания о ней современников.

Работа Рождественского была выдвинута на соискание Ломоносовской премии Академии наук. Рецензент академик Б. Б. Голицын писал: «Представленное на соискание Ломоносовской премии сочинение Д. С. Рождественского „Аномальная дисперсия в парах натрия“ представляет по своему замыслу и выполнению очень интересное экспериментальное исследование, затрагивающее чрезвычайно важный вопрос оптики, а именно, о свойствах аномальной дисперсии паров в непосредственной близости соответствующих полос поглощения. Тема, выбранная автором для своей работы, представляет значительные экспери-

²² Журнал Русского физико-химического общества, часть физическая, СПб., 1911, т. 43, вып. 1, с. 21.

ментальные трудности и требует весьма тщательного выполнения, но Д. С. Рождественский благодаря своей усидчивости, настойчивости и упорству в труде в конце концов прекрасно справился со своей задачей и сделал значительный шаг вперед в этой еще сравнительно мало экспериментально исследованной области световых явлений». И далее: «Он разработал очень оригинальный и целесообразный метод измерения, значительно увеличивающий точность измерений, который он назвал „методом крюков“. Полученные им спектрограммы отличаются замечательной ясностью и отчетливостью, позволившей ему проследить кривую дисперсии до точек, лежащих в самом ближайшем соседстве с полосами»²³. В декабре 1912 г. эта премия была присуждена Рождественскому.

Высокую оценку исследованию Дмитрия Сергеевича дали П. Друде, А. Зоммерфельд, Р. Вуд, П. Эренфест, А. Л. Гершун и другие ученые. В известном учебнике «Теоретическая физика» немецкого физика К. Шефера можно прочесть: «Мы особенно выделяем классические исследования Рождественского несветящихся паров натрия, где он с большой точностью измерил дисперсию и внутри дублета линий *D*. Эти исследования особенно ценны, потому что Рождественскому удалось измерить показатель преломления вплоть до расстояния в 0,04 миллимикрона от полос поглощения, причем получилось полное подтверждение теории дисперсии»²⁴.

Эта работа сразу выдвинула Дмитрия Сергеевича Рождественского в ряд физиков с мировым именем.

Долгие годы, посвященные рассмотрению спектрограмм, часто не очень хорошо выполненных, выработали у него особую зоркость, умение подмечать мало кому заметные особенности картины. И. В. Обреимов, один из первых учеников Дмитрия Сергеевича, вспоминал в связи с этим: «Умение видеть у него было феноменальное. Например, в 20-х годах он поручил мне изготовление шумановских пластинок для далекой ультрафиолетовой области. Когда я изготовил первую партию, то снял спектр алюминиевой искры в кварцевом спектрографе. В резуль-

²³ Голицын Б. Б. Отзыв о сочинении Д. С. Рождественского «Аномальная дисперсия в парах натрия». — В кн.: Сборник отчетов о премиях и наградах за 1912 г. СПб., 1913, с. 406.

²⁴ Шефер К. Теоретическая физика, т. 3, ч. II. М.—Л., Гостехиздат, с. 335.

тате ничего не получил. Я рассказал Дмитрию Сергеевичу о своей неудаче. Он потребовал подлинный негатив и после обычного разбора недостатков сказал:

— Как же нет спектра? Я спектр отлично вижу.

— Дмитрий Сергеевич, а не можете ли Вы нарисовать спектр?

— Пожалуйста.

Дмитрий Сергеевич нарисовал спектр, и когда вместо экспозиции в одну минуту я закатил экспозицию, равную одному часу, то получил четкий спектр, совпадающий с тем, который он нарисовал. Сейчас, когда прошло столько лет, на той пластинке, на которой я ничего не видел, я вижу бледный спектр»²⁵.

²⁵ *Обреимов И. В.* Дмитрий Сергеевич Рождественский. — Труды Государственного оптического института имени С. И. Вавилова (в дальнейшем — Труды ГОИ), 1974, т. 42, вып. 175, с. 15.

Создание научной школы

Как уже отмечалось, в начале XX в. в Петербурге почти не велась научная работа по физике, не было научных школ, научных групп, за исключением физического отделения Русского физико-химического общества. Д. С. Рождественский очень многое сделал для оживления научно-исследовательской работы в Петербурге, воспитания молодых физиков, создания различных объединений, где оживленно дискутировались всевозможные вопросы современной физики.

1 июля 1912 г. Дмитрий Сергеевич был утвержден в звании приват-доцента Петербургского университета и получил право читать специальные курсы. В 1912/13 учебном году он прочел курс дисперсии и поглощения света, а в 1913/14 — электро- и магнитооптики. К сожалению, не сохранились конспекты и планы этих лекций, но об их содержании можно судить по написанным им в 1913 г. главам «Электромагнитная теория света» и «Магнитооптика и электрооптика» в пятом томе учебника О. Д. Хвольсона. Эти главы были наиболее обстоятельными и содержательными из всего, что было написано в те годы на русском языке по данной тематике. Они содержали сведения, полученные тогда физиками мира.

Лекции Дмитрия Сергеевича были конкретны, в них подробно излагались результаты последних экспериментальных и теоретических работ, рассматривались проблемы, требовавшие дальнейшего изучения, ставились новые вопросы. Это были лекции ученого, превосходно знавшего предмет, человека, непосредственно занимавшегося наукой. Они были трудноваты для малоискушенного слушателя, для слабого студента, для человека, пришедшего в вуз, чтобы только получить диплом. Но студенты, глубоко интересовавшиеся физикой и упорно занимавшиеся, получали на них очень много. Эти лекции

будили мысль, отвечали на вопрос, чем может заниматься начинающий молодой ученый.

Академик И. В. Обреимов писал: «Осенью 1913 г. Д. С. Рождественский начал читать приват-доцентский факультативный курс „Дисперсия и поглощение света“ по два часа в неделю в Малой физической аудитории. Слушало его человек десять—пятнадцать. Это был один из лучших курсов, которые мне довелось слушать. Из всех прослушанных мной курсов три оставили во мне глубокий след: курс исчисления вероятностей А. А. Маркова, курс кристаллохимического анализа, который читал у себя на квартире по воскресеньям Е. С. Федоров (в горном институте), курс был просто энциклопедией геометрии, алгебры, физики, техники измерений, отличался мастерством изложения, наконец, курс Д. С. Рождественского, отразивший важнейшие проблемы физики доборовской эпохи: достижения, трудности, противоречия, — идеи Рэлея и Пуанкаре (белый свет), Г. А. Лорентца (распирение спектральных линий, гармонические колебания), Кирхгофа (измерение температур), контроверза¹: теплоемкость и закон равнораспределения»².

Впоследствии Дмитрий Сергеевич читал обязательные курсы: электричество и магнетизм, высшую оптику, оптику на втором курсе как раздел общей физики — и вел семинары по электромагнитной теории света и оптике на втором курсе. По этим разделам сохранились в Архиве Академии наук в Ленинграде подробные планы и рекомендуемая литература за различные годы. Из них можно видеть, как тщательно готовился Рождественский к лекциям, менял изложение, вводил новые положения, связанные с успехами тогдашней физики. Большое внимание он уделял лекционным демонстрациям. Заметив интерес к физике и способности кочегара Физического института Наума Андреевича Бужинского, он привлек его сначала как помощника в период работы над докторской диссертацией, а затем сделал его лекционным ассистентом. С помощью Бужинского Дмитрий Сергеевич ухитрялся за счет остроумных приспособлений и ухищрений показывать аудитории опыты по интерференции и дифракции. Обычно их можно полностью продемонстрировать лишь отдельным наблюдателям. Дмитрий Сергеевич всегда за день до лек-

¹ Контроверза — противоречие.

² Обреимов И. В. Дмитрий Сергеевич Рождественский, с. 8.

ции проверял качество лекционной аппаратуры, быстро находил погрешности, которые тут же исправлялись. Какое внимание он придавал лекционным демонстрациям, можно судить по одному эпизоду, о котором рассказывал профессор К. К. Баумгарт одному из авторов: «Придя, как обычно, накануне лекции в лекционную препараторскую, Дмитрий Сергеевич увидел, что эксперимент не подготовлен, лаборант сказал, что демонстрация не очень сложная и он ее приготовит за оставшееся время. Но Дмитрий Сергеевич был непреклонен и пошел даже на то, что отменил завтрашнюю лекцию. Больше такой случай не повторялся ни разу».

Следует заметить, что как экзаменатор Д. С. Рождественский был строг, считался грозой студентов. Ольга Антоновна однажды, смеясь, рассказала Дмитрию Сергеевичу, что была свидетелем разговора в трамвае двух студентов. Один из них должен был назавтра сдавать экзамен по оптике Д. С. Рождественскому, другой, уже сдавший, сказал: «Ну, это зверь!». Подобное же мнение о его строгости приводит в неоднократно цитировавшейся статье И. В. Обреимов.

Среди студентов уже в советские годы ходили слухи, что Дмитрий Сергеевич якобы «зарезал» одного студента только за то, что он не посещал его лекций. М. Бессараб в своей книжке о Л. Д. Ландау пишет, что Ландау, когда он учился в Ленинградском университете, появлялся там лишь дважды в неделю — на лекциях Дмитрия Сергеевича. Эти слухи имели основание. Дмитрий Сергеевич как руководитель физического отделения пытался приучить студентов к посещению занятий, сдаче вовремя экзаменов и зачетов, считал, что в нашем плановом государстве вечный студент — атавизм. Обязательное посещение занятий позволяло устранить пробелы в знаниях, следить за работой студента. Сказанное, конечно, относилось в основном к малоработающим студентам. Студенты, работавшие по-настоящему, интересовавшиеся физикой, всегда встречали со стороны Дмитрия Сергеевича поддержку, добрый совет и помощь.

Известный советский физик ученик А. Ф. Иоффе Я. Г. Дорфман вспоминал о процедуре одного из своих научных сообщений в Физическом институте Петроградского университета: «Это было мое первое выступление в таком высоком собрании, и я очень опасался строгой критики со стороны крупнейших петроградских физиков,

но утешал себя мыслью, что в трудную минуту Абрам Федорович, конечно, меня выручит. Наступил день доклада. Я тщательно подготовился к нему, но очень волновался, глядя на ученых, заполнивших амфитеатр Большой физической аудитории Петроградского университета. Каково же было мое изумление, когда выступивший сразу после меня Абрам Федорович неожиданно подверг мой доклад очень строгой критике и задал мне несколько коварных вопросов. Я с трудом собрал свои мысли, но в общем справился с вопросами и ответил на основные его критические замечания. К счастью, вслед за Абрамом Федоровичем выступил Д. С. Рождественский, взявший меня под защиту и горячо одоббивший доклад. Это меня очень подбодрило, и все закончилось благополучно»³.

Став приват-доцентом университета, Дмитрий Сергеевич получил право руководить дипломными работами выпускников. В корне изменилась тематика дипломных работ. Если ранее в них не было почти ничего оригинального — чаще всего это было повторение уже выполненных исследований видных физиков Запада, — то теперь тематика дипломных работ резко изменилась. Темы, даваемые Дмитрием Сергеевичем, предусматривали экспериментальные разработки какого-либо не исследованного или мало исследованного вопроса оптики.

Первым по времени учеником Д. С. Рождественского считался Л. Д. Исаков, который в 1910 г., т. е. когда Дмитрий Сергеевич еще не имел формального права руководить исследованиями студентов, выполнил по предложенной им теме и с его помощью исследование по аномальной дисперсии в растворах солей редкоземельных элементов (впоследствии Л. Д. Исаков работал в Главной палате мер и весов). В. М. Чулановский в 1913—1914 гг. выполнил две экспериментальные работы — фотографирование и изучение спектра поглощения амилнитрата, а затем исследовал аномальную дисперсию в парах иода. В эти же годы Г. Перлиц фотографировал и изучал главную серию линий поглощения в парах натрия и аномальную дисперсию в линейчато-полосатом спектре поглощения паров натрия, И. В. Обреимов — вращение плоскости поляризации в парах иода в магнитном поле, А. А. Архангельский — метод Вуда для исследования закономерностей

³ Воспоминания о А. Ф. Иоффе, с. 91.



Группа физиков Петербургского университета. Сидят (слева направо): П. С. Эренфест, А. Ф. Иоффе, Д. С. Рождественский, Т. А. Афанасьева-Эренфест. Стоят: В. М. Чулановский, Г. Г. Вейхардт, Л. Д. Исаков, Г. Перлиц, В. Р. Бурсиан, Я. Р. Шмидт (Чернышева). 1911 г.

в спектре и т. д. В 1913 г. у Рождественского по рекомендованным им темам работало 18 человек, среди них были студенты, дипломники, лица, оставленные для подготовки к профессорскому званию, и даже три ассистента — Е. Бодарэу, М. М. Глаголев и А. П. Афанасьев. Первый из них, позднее румынский академик, исследовал явление Керра в диэлектриках.

В 1914 и 1915 гг. в группе Рождественского появились новые имена: А. А. Лебедев, В. И. Туроверов, Н. А. Нарышкин и другие. Свои первые экспериментальные работы выполнил у него и будущий академик Д. В. Скобельцын.

Нужно отметить, что в эти же годы приват-доцентом университета был и А. Ф. Иоффе, придерживавшийся тех же взглядов относительно направления дипломных работ. У него также занимались многие студенты и дипломники.

Чем же привлекал к себе Дмитрий Сергеевич Рождественский начинающих физиков? Почему в Физическом институте произошел взрывообразный процесс возникновения глубокого интереса к творческой работе? Помимо пробуждения внимания широких кругов молодежи к фи-

зике, связанного с ее великими открытиями конца XIX — начала XX в., большую роль сыграла и сама фигура Рождественского. Его глубокая заинтересованность наукой, обилие идей, которыми он охотно делился с окружающей его молодежью, кипучая энергия, заражавшая всех, кто с ним соприкасался, — все это не могло не найти отклика у молодых людей. Характерной особенностью Дмитрия Сергеевича было и то, что он никогда не приписывал своего имени в публикациях учеников, даже если они выполнялись по его идеям, под его руководством и с его помощью. Среди многочисленных опубликованных им работ есть всего две статьи, подписанные совместно с учениками. Это его работа с В. И. Туроверовым «Соотношение двух линий D_1 и D_2 дублета натрия», которая была закончена самим Дмитрием Сергеевичем после смерти Туроверова, где даже все промеры были сделаны учителем, и последняя в его жизни работа, изложенная в статье, написанной его последним учеником Н. П. Пенкиным.

Приведем характерное свидетельство профессора В. К. Прокофьева. «Вспоминая обстоятельства, связанные с этой первой работой, я должен отметить отношение Дмитрия Сергеевича к написанию статьи. Когда мною был составлен приемлемый, по моему мнению, проект статьи „Аномальная дисперсия. 1. Соотношение дисперсионных постоянных в главной серии калия“, я его дал для одобрения Дмитрию Сергеевичу. Через несколько дней он вернул мне статью со своими замечаниями. Просмотрев их, я обнаружил, что Дмитрий Сергеевич существенным образом изменил мое изложение основ метода крюков и критики работы Бакстер. Я об этом сказал Дмитрию Сергеевичу, добавив:

— Дмитрий Сергеевич, вы так переделали статью, что мне неловко оставлять одну мою фамилию, прошу вас согласиться поставить и ваше имя.

На это я получил ответ, запомнившийся мне на всю жизнь:

— Когда вы пишете статью о своих исследованиях, всегда помните, для кого и для чего вы это делаете. Вы пишете для других. Они вашей работы не делали, не знают тонкостей, которые знаете вы. Поэтому надо писать так, чтобы читателям было понятно, что и о чем вы пишете. Что же касается моих исправлений, то я только постарался представить ваши мысли и результаты образом, более понятным читателю. В этом заключается моя обя-

занность как вашего руководителя, а ставить мое имя рядом с вашим я не могу, работу делали вы, и под ней должно стоять ваше имя.

Так родилась моя первая научная работа, опубликованная в 1924 г. в выпуске 25 «Трудов ГОИ». Дмитрий Сергеевич принял меры к тому, чтобы статья была опубликована и в английском журнале, в котором была опубликована статья Бакстер»⁴.

Эта щепетильность Дмитрия Сергеевича в вопросах авторства, встречающаяся далеко не часто, также привлекала его учеников. Его не беспокоил вопрос о своем приоритете. Метод Пуччианти, к которому он пришел самостоятельно и приблизительно в одно время с итальянским физиком, он называл методом Пуччианти, а не методом Рождественского—Пуччианти, «метод крюков», созданный им, — методом крюков», а не методом Рождественского и т. д.

Помимо проведения экспериментальных работ, молодые физики группы Рождественского участвовали в студенческих кружках, в заседаниях физического отделения Русского физико-химического общества, в семинаре при Физическом институте. Л. Д. Исаков, Г. Перлиц, В. М. Чулановский активно работали и в знаменитом кружке П. С. Эренфеста — физика-теоретика, который вместе с А. Ф. Иоффе и Д. С. Рождественским организовал семинар, более известный под названием «kruschok». Там обсуждались все животрепещущие вопросы современной физики, докладывались наиболее интересные результаты исследований физиков Петрограда. К работе кружка были привлечены молодые физики Петрограда, что в значительной мере способствовало оживлению интереса к физике, особенно к теоретическим вопросам. Деятельность этого кружка довольно подробно освещена в исторической литературе⁵.

26 апреля 1915 г. Д. С. Рождественский успешно защитил докторскую диссертацию в Совете физико-математического факультета Петроградского университета. Его официальными оппонентами были О. Д. Хвольсон и Н. А. Булгаков. Тема диссертации — «Простые соотно-

⁴ Прокофьев В. К. От явления аномальной дисперсии к методу определения сил осцилляторов. — В кн.: Воспоминания об академике Д. С. Рождественском, с. 108.

⁵ См., например: Френкель В. Я. Пауль Эренфест. М., Атомиздат, 1977.

нения в спектрах щелочных металлов». В этой работе Дмитрий Сергеевич определил отношения интенсивностей спектральных линий для различных щелочных металлов, помимо дублета Na, что было найдено еще в его магистерской работе.

Об одном интересном событии, случившемся при защите, вспоминает И. В. Обреимов: «Химики, и особенно Л. А. Чугаев, поддразнивали физиков, считая, что они плохо знают химию. На защите Д. С. Рождественского Л. А. Чугаев сказал: „у Вас в диссертации мало внимания уделено химии, встречаются только кое-где отдельные „блестки“ химии. Интересно было бы знать, как Вы чистили щелочные металлы? Какова была их чистота?“ На это Д. С. Рождественский ответил: „Чистота щелочных металлов меня не интересовала, так как в состоянии сильно разреженного газа атомы щелочных металлов не взаимодействуют. Могу сказать даже, что металлы не были чистыми (при этом он показал спектрограмму). В спектре паров цезия видны полосы поглощения калия. Мало того, если бы надо было, то по аномальной дисперсии я мог бы провести и количественный анализ на содержание калия“. Этот ответ нас, поклонников Д. С. Рождественского, привел в восторг. Выражение „блестки химии“ стало у нас ходовым»⁶.

18 мая 1915 г. Д. С. Рождественский был избран экстраординарным профессором, 29 октября того же года он начал заведовать Физическим институтом, формальное назначение состоялось 20 ноября, а 15 января 1916 г. он был избран ординарным профессором.

Дмитрий Сергеевич очень хотел, чтобы профессором университета стал и А. Ф. Иоффе, который четырьмя днями позднее Рождественского защитил докторскую диссертацию. Его ходатайство о введении в штат факультета четвертого профессора было удовлетворено, и 16 мая 1916 г. состоялись выборы. Баллотировались А. Ф. Иоффе и П. П. Лазарев. Больше число голосов получил Лазарев⁷. Дмитрий Сергеевич очень переживал за Иоффе, с которым в этот период был очень дружен⁸. Он считал, что избрание Иоффе профессором университета могло способствовать расцвету физики в нем. Их сближали любовь

⁶ Обреимов И. В. Дмитрий Сергеевич Рождественский, с. 13.

⁷ ЛГИА, ф. 14, оп. 3, № 15243, л. 55.

⁸ Об их близости говорит и то, что лето 1915 г. они провели вместе на даче в Рождествено под Петроградом.

к физике, одинаковое мнение о неудовлетворительной постановке преподавания ее в учебных заведениях Петербурга, общая убежденность в необходимости усиления исследовательской работы в России, радикализм и многое другое. В дальнейшем их пути разошлись, оба они руководили крупнейшими советскими исследовательскими центрами, и здоровая по своей сути конкуренция иногда приводила к обострению отношений между ними.

25 сентября 1915 г. Дмитрий Сергеевич был приглашен консультантом по изготовлению оптического стекла на фарфоровом и стеклянном заводах. Это приглашение сыграло очень важную роль в дальнейшей деятельности Рождественского: из кабинетного ученого оно сделало его ученым нового типа — тесно связанным с производством. Оно же послужило толчком для создания нового направления в работе складывавшейся вокруг Дмитрия Сергеевича научной школы оптиков.

Сразу после начала первой мировой войны выявилась нехватка различных военных оптических инструментов, и в первую очередь биноклей. Главный экспортер их — Германия была противником России, союзники Англия и Франция не смогли оказать ей существенную помощь. Небольшие оптические производства при Обуховском заводе, реквизированные филиалы немецких фирм Цейса и Герца и другие мелкие мастерские в Киеве и Москве оказались без главного сырья — оптического стекла, которое также вывозилось из Германии. Необходимо было спешно налаживать сложное и засекреченное во всем мире производство — изготовление оптического стекла.

С осени 1914 г. начались попытки изготовлять оптическое стекло на ряде частных стекольных заводов и казенном фарфоровом. Трудность производства, почти полное отсутствие литературных данных, как и лиц, знакомых с технологией производства, сплошной брак после первых плавок заставили частных предпринимателей отказаться от этого дела. Артиллерийское ведомство — главный заказчик военных оптических инструментов — отпустило колоссальные по тому времени средства фарфоровому заводу. К делу был привлечен известный химик В. Е. Тищенко, собравший разбросанные по различным журналам и книгам крупицы сведений по варке оптического стекла. Начались экспериментальные варки в лабораторном фарфорово-обжигательном горне, в котором можно было получить высокие температуры, однако

быстро выяснилась непригодность этого горна. Под руководством В. К. Грум-Гржимайло была создана специальная печь, обеспечивавшая равномерное распределение температуры в горшке, где варилось стекло, но и это мало помогло. Стекло получалось недостаточно однородным. Тогда приняли решение увеличить штат консультантов, создать коллегия консультантов. В нее вошли, помимо названных уже лиц, химики Н. С. Курнаков, Н. А. Пушкин и физик Д. С. Рождественский. Главным инженером оптического отдела фарфорового завода был Н. Н. Качалов.

Дмитрий Сергеевич создал в Физическом институте группу, в которую, кроме него, вошли И. В. Обреимов и А. А. Лебедев, собрал в университете, Политехническом институте, Константиновском артиллерийском училище и оптико-механическом отделе Обуховского завода необходимые приборы, наметил программу первоочередных работ в помощь отделу оптического стекла. Группа провела исследования по определению оптических констант (показатели преломления, дисперсии и т. д.) стекол всех произведенных плавок, проверила различные приборы, употребившиеся в производстве (термоэлементы, пиromетры и др.), изучала однородность стекла, его прозрачность, спектры поглощения, некоторые технологические вопросы: как проводить отжиг стекла, его отбраковку и т. д.

Под руководством Дмитрия Сергеевича Обреимов начал работать над созданием новых методов определения показателя преломления, в частности был разработан экспрессный метод, позволивший определить разность показателей преломления в различных кусках в считанные минуты. Лебедев приступил к изучению процесса отжига стекла.

Таким образом, вокруг Рождественского сложилась группа учеников, занимавшаяся как научной, так и прикладной оптикой, возникла научная оптическая школа, которая в дальнейшем развилась в Государственном оптическом институте и Ленинградском государственном университете. Ученики Дмитрия Сергеевича принимали участие в работе Русского физико-химического общества, выступали там с сообщениями, печатались в журнале общества.

Сам Рождественский был активным членом этого общества. Принятый туда в 1900 г., он последовательно

прошел все выборные должности — от товарища делопроизводителя до председателя физического отделения и президента общества в 1916 г. Он входил в комиссию по присуждению премии имени Ф. Ф. Петрушевского, представлял общество в Военно-промышленном комитете, в Комиссии по изучению естественных производительных сил России Академии наук (КЕПСРАН), был бессменным членом редколлегии журнала общества («Журнал русского физико-химического общества», часть физическая), он сам сотрудничал в журнале как в его основной части, где печатались оригинальные работы, так и во второй части, которая посвящалась обзорам новейших достижений физики.

Дмитрий Сергеевич принадлежал к радикально мыслящим ученым. Это проявилось и в его деятельности в физико-химическом обществе. Помимо упоминавшихся событий в обществе, связанных с революцией 1905—1907 гг., члены общества откликнулись и на другие общественные события. Как известно, в 1911-г. тогдашний министр просвещения Л. А. Кассо нанес осязаемый удар по Московскому университету. Все видные ученые-физики Москвы — П. Н. Лебедев, Н. А. Умов, А. Н. Эйхенвальд, все ученики П. Н. Лебедева вынуждены были покинуть университет. Это событие вызвало резкий протест со стороны всех передовых ученых в России, обеспокоенных судьбой отечественной науки.

Группа прогрессивных молодых физиков, членов Русского физико-химического общества — Д. С. Рождественский, П. С. Эренфест, А. Ф. Иоффе, А. А. Добиаш и другие — хотела, чтобы физическое отделение общества выразило протест против этого произвола царизма. Более пожилые и консервативно настроенные члены отделения, цепляясь за один из пунктов устава, в котором говорилось, что общество не должно вмешиваться в дела других учреждений, старались препятствовать выражению этого протеста даже в мягкой форме. Особенно противодействовал принятию протеста первый учитель Дмитрия Сергеевича Н. Г. Егоров, председатель отделения физики РФХО. У Рождественского личные мотивы всегда отступали на задний план, когда приходилось решать общественно значимые вопросы. При всем уважении к Егорову он не побоялся испортить отношения с ним и выступить против него. После нескольких попыток членов отделения на февральских заседаниях в 1911 г. решить этот вопрос,

Когда стало ясно, что никакие убеждения и доводы в необходимости послать такой протест не помогут, было решено собрать большинство сторонников протеста и произвести голосование. Прогрессивным деятелям посылались приглашения, письма, напоминания с просьбой прийти на заседание общества.

В личном фонде известного народовольца, ученого и общественного деятеля, «шлиссельбуржца» Н. А. Морозова сохранилось письмо Рождественского. «Многоуважаемый Николай Александрович! Вы, вероятно, читали странный третий пункт на сегодняшнем заседании физического отделения и, вероятно, не знаете, что под этим странным видом кроется вопрос о посылке приветствия уволенным профессорам и приват-доцентам Московского университета по физике. Уже давно возникла мысль среди многих членов, что подобное приветствие необходимо, что молчание отделения в этом случае позорно. Несмотря на то что приветствие составлено в самых осторожных выражениях и для придания ему большого веса отредактировано так, что в нем никак нельзя усмотреть прямого осуждения изгнавших, все попытки членов отделения (и очень многих) поставить этот вопрос на обсуждение в заседании до сих пор разбивались о самую незаконную obstruction Совету. Сегодня, как Вы видите, вопрос этот стоит последним на повестке, и, кроме того, нам известно, что председатель (Егоров) будет всеми способами стараться замазать его и отложить (за поздним временем) до следующего заседания. Не сочтете ли Вы возможным прийти сегодня на заседание и поддержать нас. Было бы обидно, если бы приветствие не было принято подавляющим большинством голосов»⁹.

Тактика, избранная сторонниками приветствия, оказалась верной. На заседании 8 марта 1911 г. письмо-приветствие уволенным физикам Московского университета было принято 37 голосами против 16¹⁰.

В 1913 г. произошло событие, которое могло привести к новым потерям в развитии русской физики и устранению передовых физиков России из «Журнала русского физико-химического общества». Как член редколлегии журнала, Рождественский выступил против публикации в нем статьи профессора Сельскохозяйственного института в Но-

⁹ ААН СССР, ф. 543, оп. 4, № 1564, л. 1.

¹⁰ Журнал Русского физико-химического общества, часть физическая, СПб., 1911, т. 43, вып. 14, с. 206.

вой Александрии Н. П. Мышкина «Пондемоторные силы в поле излучающего источника», содержавшей резкие полемические выпады как лично против П. Н. Лебедева, так и против его работ по давлению света на газы. Несмотря на это, в 1913 г. статья все же была опубликована. Д. С. Рождественский, Н. А. Гезехус, Н. А. Булгаков и А. Ф. Иоффе в знак протеста вышли из состава редколлегии.

Этот шаг, вполне объяснимый глубоким уважением к памяти покойного П. Н. Лебедева со стороны Д. С. Рождественского и других членов редакционного комитета, в то же время оставлял журнал в руках гораздо менее компетентных физиков. П. С. Эренфест, который к этому времени переехал в Лейден, но продолжал интересоваться всем, что происходит в русской физике, пишет Д. С. Рождественскому письмо. «Когда я увидел в журнале статью Мышкина, я подумал, что за этим должен разразиться большой скандал. Действительно, я уже слышал, что редакционная коллегия подала в отставку. Я не знаю и не хочу знать, кто в чем виноват. Но одно известно: этот журнал не должен попасть в плохие руки. А если он не будет удержан в хороших руках, то он с железной необходимостью обязательно перейдет в таковые. Вы должны вместе с Гезехусом продолжать заниматься этим делом и дальше. Я был бы рад увидеть в следующем номере журнала объяснение редакции, ликвидирующее весь этот конфликт.

Ради бога, поймите, что журнал — это одно из последних прибежищ приличной физики в России. Москва, Одесса, Юрьев — все разрушено по очереди. Просто невыносимо сознавать, что к тому же должен быть разрушен и журнал. Я написал Иоффе и Гезехусу, чтобы они, ради бога, не допустили, чтобы журнал попал в руки людей типа Игнатовского, Василевского и т. п. Это очень быстро произойдет, если журнал не останется в руках лучших. В противном случае скоро будет поздно, и уж не о чем будет беспокоиться. Жду ответа. Ваш старый друг Эренфест. 4.3.1914 г.»¹¹

Письмо Эренфеста было принято во внимание, журнал остался в прежних руках, несмотря на то, что членам редколлегии пришлось пережить ряд неприятностей.

Дмитрий Сергеевич Рождественский сыграл определенную роль в установлении контактов Русского физико-

¹¹ История и методология естественных наук, вып. III, с. 309—310.

химического общества с органами Советской власти после Великой Октябрьской социалистической революции. Многие члены общества считали, что их отношение к новой власти должно определяться линией Петроградского университета, с которым они были тесно связаны. Но отношение консервативно настроенных профессоров университета, занимавших в нем ведущее положение, к величайшей революции было явно враждебным или в лучшем случае выжидательным. Совет университета отверг предложение послать делегатов в Совет Народных Комиссаров. Тогда Д. С. Рождественский и А. П. Афанасьев выступили с заявлением, что общество должно действовать самостоятельно¹². Их мнение было поддержано большинством членов общества. Председатель физического отделения О. Д. Хвольсон вошел в контакт с помощником Народного комиссара по просвещению З. Г. Гринбергом и на заседании 30 апреля 1918 г. доложил о результатах их беседы¹³. О. Д. Хвольсон рассказал З. Г. Гринбергу о деятельности общества, его значении в развитии отечественной науки и культуры. Просьба Хвольсона о финансовой поддержке общества и его журнала нашла понимание Народного комиссариата просвещения. Необходимые средства были выделены.

¹² Журнал Русского физико-химического общества, часть физическая, Пг., 1919, т. 50, с. 175.

¹³ Там же, с. 270.

Рождение Государственного оптического института (ГОИ)

Октябрьскую революцию Дмитрий Сергеевич принял сразу и безоговорочно. Сын видного чиновника, действительного статского советника (чин этот давал дворянство как самому Сергею Егоровичу, так и его потомкам), преуспевающий профессор столичного вуза, человек, хорошо обеспеченный материально, казалось, не имел никаких оснований быть недовольным прежней властью. Его коллеги по университету, друзья присматривались к Советской власти, выжидали. Это относилось и к таким прогрессивно настроенным ученым, как А. Ф. Иоффе. Сам Абрам Федорович в книге «Моя жизнь и работа» писал, что Октябрь он принял не сразу, лишь бегство в Крым летом 1918 г., где хозяйничали оккупанты, покушение на В. И. Ленина определили его позицию. «Возвратившись в сентябре 1918 года в Петроград, я твердо решил связать судьбу со Страной Советов и внести свою долю в будущее строительство»¹.

В. И. Ленин говорил, что к коммунизму каждый приходит своим путем. Для Дмитрия Сергеевича этот путь лежал через его трудную и новаторскую работу по организации производства оптического стекла в стране и созданию научного центра вокруг этого производства. Касаясь вопроса об организации ГОИ, Дмитрий Сергеевич в нескольких словах, в тезисной форме рассказал об истории его создания. «ГОИ рождался понемногу, рождался из того, что теперь называется ЛЗОС (Ленинградский завод оптического стекла. — *Авт.*). Когда инициативой проф. Л. А. Королькова были вызваны на свет организации для создания оптического стекла в России на фарфоровом заводе, тогда и оттуда в 1915 году зародился ГОИ. Сначала это был один человек, потом три, потом пять, прибавилось вычислительное бюро, далее

¹ Иоффе А. Ф. Моя жизнь и работа. М., Гостехиздат, 1933, с. 20.

присоединилась оптическая мастерская, и наконец, в 1918 году появился ГОИ в том виде, в каком он существует и поныне. Как видно, он вырос из техники, но он был задуман шире, и революция, только революция, так как я не мыслю себе организации ГОИ в прежнем порядке вещей, дала возможность осуществить его по широко задуманному плану»². Это было сказано в июне 1924 г. на Первом научно-техническом совещании по вопросам оптической промышленности. В приведенной цитате дана краткая история создания ГОИ, причем из уст основателя института, отмечена и роль Октября. Бюрократизм, косность царской власти тормозили создание института. Рождественский прекрасно видел обусловленные старым порядком недостатки в системе образования, невозможность привлечения талантливой молодежи из народа в науку и многое другое. Он был патриотом и понимал, что царизм вел страну к упадку.

Остановимся более подробно на истории ГОИ.

Для оказания научной помощи производству оптического стекла предполагалось создать физическую лабораторию при отделе оптического стекла фарфорового завода. Рождественский составил проект оборудования физической лаборатории, в начале 1916 г. были заказаны необходимые приборы в Англии, Швейцарии, США. Однако нехватка помещений на заводе, крайне медленное поступление оборудования и срочность работы заставила отказаться от замысла. Созданная Дмитрием Сергеевичем группа для оказания помощи в производстве оптического стекла для биноклей, о которой говорилось выше, явилась зачатком будущего отдела оптотехники ГОИ. В Физическом институте Петроградского университета, которым руководил Рождественский, работали над чисто научными вопросами оптики его ученики В. И. Туроверов, Л. Д. Исаков, В. М. Чулановский, А. П. Афанасьев — будущий научный сектор ГОИ. В эти же годы начала создаваться небольшая оптическая мастерская, где изготавливали некоторые оптические препараты: плоскопараллельные пластинки из стекла и кварца и т. п.

Интересна история создания этой мастерской. Рождественскому для научных работ, в которых использовался «метод крюков», потребовалось большое количе-

² Центральный государственный архив народного хозяйства (в дальнейшем — ЦГАНХ), ф. 2097, оп. 6, № 191, л. 189.

ство плоскопараллельных пластинок. Достать их в то время было трудно. Дмитрий Сергеевич решил изготавливать их сам. Он считал переход от занятий чисто научных к узкопрактическим часто неизбежным и приводил исторические параллели: «Командный состав (ученые. — *Авт.*) воспитывается на добывании неизвестного, на более трудных проблемах завтрашнего дня. В минуты критические он вместе с рядовыми устремляется на жизненно необходимые задачи: Галилей сам отшлифовал стекла своей первой зрительной трубы; Гюйгенс делал сам часовую пружину»³. Для получения навыков в их шлифовке Рождественский обратился в ремесленное училище в Петрограде, где под руководством Н. Б. Завадского готовились мастера-оптики. Среди них был И. Е. Александров, впоследствии сотрудник ГОИ. В своих воспоминаниях И. Е. Александров писал: «Я познакомился с Д. С. Рождественским в марте 1916 года в стенах б. Ремесленного училища, куда Дмитрий Сергеевич пришел учиться обрабатывать оптические стекла. В первый раз я увидел Дмитрия Сергеевича за ножным станком в халате за шлифовкой стекла. Мне выпала честь учить Дмитрия Сергеевича первым приемам обработки оптических деталей»⁴.

Наконец, при отделе оптического стекла имелось вычислительное бюро, работавшее над расчетами оптических систем, в котором трудились А. И. Тудоровский и Е. Г. Яхонтов. Таким образом, уже в конце 1916 г. существовали все составные части, из которых сложился ГОИ, правда, они были еще в зачаточном состоянии и разъединены, хотя у ряда из них было общее дело — помощь в организации производства оптического стекла.

Дмитрий Сергеевич Рождественский восторженно встретил Февральскую революцию 1917 г. Он надеялся, что теперь будут сметены бюрократические препоны, тормозившие, в частности, организацию научной помощи оптическому производству. По мысли Рождественского, требовалось создать единый оптический центр, включавший в себя научную часть, завод оптического стекла и оптико-механический завод, производящий оптические инструменты. За несколько месяцев до Февральской революции была образована комиссия для создания оптико-

³ *Рождественский Д. С. О физике (оптике) в СССР. (Рукопись). — ААН СССР, ф. 341, оп. 1, № 42, л. 10.*

⁴ Цит. по кн.: *Кравец Т. П. От Ньютона до Вавилова, с. 406.*

механического завода, который должен был состоять из оптической мастерской (резка, шлифовка и полировка оптического стекла), механического и инструментального отделений. После революции план был расширен. Кроме предполагавшегося ранее производства биноклей, включалось производство фотообъективов, проекционных аппаратов и так называемого оптического товара (призмы, линзы, пластинки), с планом ежегодного выпуска: биноклей — 5 тыс. штук, фотообъективов — 1000, проекционных аппаратов — 200 штук⁵. Однако министерство торговли и промышленности Временного правительства отвергло этот проект. Надежды Дмитрия Сергеевича на помощь новых властей не оправдались.

Качественно новый этап в развитии отечественной науки и техники, в том числе и в развитии оптического производства, наступил только после Октябрьской революции. В январе—апреле 1918 г. Советское правительство предприняло ряд шагов, направленных на привлечение Российской академии наук к научно-техническим исследованиям, необходимым для восстановления народного хозяйства страны. Особую роль в этом деле сыграл знаменитый ленинский «Набросок плана научно-технических работ», поставивший перед Академией наук и Комиссией по изучению естественных производительных сил России (КЕПСР) ряд конкретных задач и тем самым призвавший ученых России включиться в созидательный труд во имя Родины. Одним из первых актов, осуществленных в ответ на это обращение, явилось создание отдела оптотехники при КЕПСР на базе существовавшей с весны 1917 г. подкомиссии по микроскопии. Назначенный руководителем отдела, Рождественский наметил следующие ближайшие цели: «1) Выяснение современного положения оптической промышленности в России. 2) Поддержание деятельности существующих оптических мастерских и заводов ввиду слабого ее развития. 3) Создание компетентного центра научной оптики, куда могли бы обращаться за справками, советами и практической помощью не только изготовители оптических приборов, но и научные учреждения»⁶.

⁵ ЦГАНХ, ф. 3429, оп. 60, № 64, л. 39.

⁶ Объяснительная записка Д. С. Рождественского к смете Отдела оптотехники КЕПСР. — В кн.: Организация науки в первые годы Советской власти. Л., Наука, 1968, с. 142.

В отдел оптотехники вошли вычислительное бюро и экспериментальная оптическая мастерская. Совет КЕПСР на заседании от 30 мая 1918 г. одобрил доклад Рождественского и постановил включить расходы в общую смету КЕПСР. Таким образом, уже в мае 1918 г. организационно оформилось объединение ранее разрозненных учреждений в единое целое, хотя по-прежнему вычислительное бюро размещалось в помещениях фарфорового завода, экспериментальный и научные отделы — при Физическом институте Петроградского университета. Дмитрию Сергеевичу хотелось, чтобы объединение было более полным и законченным. Летом и осенью 1918 г. он настойчиво искал пути объединения всех оптических учреждений в специальный научно-исследовательский институт, а также источник финансирования его деятельности.

В сентябре 1918 г. профессор медицины М. И. Неменов получил от Советского правительства предложение создать научный институт, разрабатывающий проблемы применения радия и рентгеновских лучей в целях здравоохранения. Он привлек к организации института только что вернувшегося в Петроград А. Ф. Иоффе. Было решено организовать комплексный Государственный рентгенологический и радиологический институт (ГРиРИ) с тремя отделениями: медицинским (руководитель М. И. Неменов), радиологический (руководитель Л. С. Коловрат-Червинский) и физико-технический (руководитель А. Ф. Иоффе). Иоффе предложил Рождественскому создать при ГРиРИ четвертое — оптическое — отделение. Дмитрий Сергеевич понимал, что такой симбиоз медицины, физики и оптики для того времени не мог быть жизнеспособным, что и оправдалось впоследствии, когда ГРиРИ распался на отдельные институты; кроме того, он не мог представить, чтобы терялись старые связи с оптической промышленностью, и мечтал об объединении по другому принципу — по связи со своим видом производства — приготовлением оптического стекла и инструментов.

Вопрос о создании оптического отделения в ГРиРИ обсуждался в ноябре 1918 г. в Москве на созванном московским отделением КЕПСР особом совещании ученых по вопросам радиологии, рентгенологии, пирометрии и фотометрии. В его работе участвовали профессора В. А. Анри, А. Ф. Иоффе, Д. С. Рождественский и Л. С. Коловрат-Червинский. На этом совещании было

решено создать Оптический институт. «Участники совещания, — записано в протоколе, — признали наиболее целесообразным, чтобы Вычислительное бюро и Оптическая мастерская, надлежащим образом расширенные, были слиты с Рентгенологическим институтом в одно самостоятельное учреждение, которое, приняв наименование Оптического института, имело бы в своем распоряжении центральную спектрографическую лабораторию»⁷. На этом же заседании КЕПСР было решено, что возглавлять Оптический институт следует Д. С. Рождественскому, что институт должен сделаться самостоятельным, но «для сохранения крайне ценной связи с Комиссией по изучению производительных сил России представляется необходимым, чтобы представителям института разрешено было участие в Совете Комиссии и, с другой стороны, представители Комиссии вошли в состав института»⁸. В этом решении еще борются две тенденции, говорится и о самостоятельном Оптическом институте (точка зрения Рождественского), и о слиянии с Рентгенологическим институтом (точка зрения Иоффе). Несколько недель спустя был создан самостоятельный Оптический институт.

Толчком для этого послужило обращение поздней осенью 1918 г. Чрезвычайного управления по снабжению Красной Армии и Флота (Чуснабарма) в только что созданный по инициативе В. И. Ленина Научно-технический отдел ВСНХ с просьбой выяснить, что нужно сделать для снабжения армии биноклями, дальномерами и другими оптическими приборами. 15 ноября 1918 г. председатель НТО Н. П. Горбунов предложил Рождественскому прислать отчет о деятельности оптической мастерской с оценкой стекла фарфорового завода и возможности изготовления биноклей в России⁹. Дмитрий Сергеевич ответил Горбунову подробным письмом, в котором намечает план организации производства оптических инструментов и стекла¹⁰.

Поддержка ВСНХ ускорила создание Оптического института. Вскоре такое решение было принято.

⁷ Протокол совета КЕПСР об организации Государственного оптического института от 25 ноября 1918 г. — ААН СССР, ф. 132, оп. 1, ед. хр. 8, л. 55.

⁸ Там же.

⁹ ЦГАНХ, ф. 3429, оп. 60, ед. хр. 64, л. 146.

¹⁰ Там же, л. 144.

11 декабря 1918 г. Д. С. Рождественский пишет профессору В. А. Анри: «Дело Оптического института быстро движется вперед. Аванс уже получен, механическая мастерская организуется, и целый ряд лиц приглашен к участию в институте»¹¹. Через четыре дня в Физическом институте Петроградского университета состоялось организационное заседание ГОИ. На нем присутствовали: А. А. Архангельский, А. П. Афанасьев, В. И. Блумбах, Е. Д. Бодареу, Н. Г. Егоров, В. С. Игнатовский, А. Ф. Иоффе, В. В. Каврайский, А. А. Мазинг, Н. А. Нарышкин, В. В. Никитин, И. В. Обреимов, Д. С. Рождественский, В. В. Скобельцын, Г. Г. Слюсарев, А. И. Тудоровский, С. С. Тяжелов, О. Д. Хвольсон, В. М. Чулановский, Е. Г. Яхонтов. На заседании были обсуждены и утверждены документы об организации ГОИ, подготовленные Д. С. Рождественским. Вот перечень важнейших из обсужденных вопросов.

1. Доклад Д. С. Рождественского о возникновении идеи устройства ГОИ и составленная им по этому вопросу записка для представления в Народный комиссариат просвещения.

2. Сообщение Д. С. Рождественского о записке, направленной также в Народный комиссариат просвещения от имени консультантов оптического отдела Государственного фарфорового завода Д. С. Рождественского и И. В. Гребенщикова, относительно завода оптического стекла и вообще о мерах, необходимых для поднятия производства оптического стекла.

3. Доклад Д. С. Рождественского о необходимости создания завода для производства оптических приборов и о желательности передачи в ведение ГОИ завода, принадлежавшего Российскому акционерному обществу механического и оптического производства, в то время уже национализированного.

4. Доклад Д. С. Рождественского о желательности приобретения для института здания бывшей конфетной фабрики, принадлежавшей А. Н. Колесникову.

5. Смета расходов по оборудованию и организации ГОИ на первое полугодие 1919 г.

6. Положение о ГОИ и предложенный список его личного состава.

7. О выборах директора ГОИ.

¹¹ ААН СССР, ф. 759, оп. 4, № 83, л. 1.

8. О выборах ученого секретаря совета ГОИ.

9. О назначении первого заседания коллегии ГОИ ¹².

«Научные задачи, — говорилось в докладной записке „В Комиссариат народного просвещения“, рассмотренной на этом организационном заседании, — которые ставятся оптике как экспериментальной, так и теоретической, за последнее время получили чрезвычайно широкое развитие. Вместе с тем методы оптического исследования достигли такой тонкости и разнообразия, применение их требует таких широких средств, что отдельные лаборатории, в большинстве случаев университетские, т. е. очень скромные, не в состоянии охватить не только все оптические задачи целиком, но не могут даже планомерно и целесообразно вести разработку отдельных вопросов. Достаточно вспомнить, как разбросаны были работы по установлению интерференционных нормалей длин волн спектральных линий по различным лабораториям Франции, Англии, Германии и Америки, чтобы бросалась в глаза непропорциональность траты человеческой энергии в планомерной работе. Колоссальный материал, собранный по поглощению света органическими соединениями, на 3/4 непригодный, представляет другой пример.

В области очень коротких ультрафиолетовых волн, несмотря на исключительную важность разработки ее, мы видим только частичные попытки двух исследователей — Шумана и Лаймана, тогда как задача эта под силу лишь целой организации. Государственная помощь при большой планомерной организации оптических исследований является, таким образом, необходимой.

Наряду с чисто научными вопросами встает целый ряд чисто технических вопросов изготовления оптических стекол и оптических инструментов, который имеет большую важность в науке (телескопы, микроскопы и т. д.), в технике (бинокли, стереотрубы и т. д.), в преподавании (спектроскопы и другие учебные приборы) и вообще в оптической промышленности. Решение этих вопросов требует углубленного изучения специалистами-оптотехниками и неизменно связано с чисто научной оптикой и лабораторной работой. Опыт экспериментальной оптической мастерской показывает, как быстро можно спра-

¹² Архив ГОИ, ед. хр. № 2. Общий отдел. Материалы об организации Государственного оптического института, 1918.



Коллегия ГОИ в середине 20-х годов. Сидят (слева направо): К. К. Баумгарт (ученый секретарь), А. И. Тудоровский, Д. С. Рождественский (директор), С. О. Майзель. Стоят: С. С. Тяжелов, Н. И. Братков (заместитель директора), П. А. Афанасьев, И. В. Гребенцов, А. А. Мацевский (управляющий делами)

виться с задачей изготовления тонких оптических инструментов при научной постановке вопроса.

Оптическая техника также должна разрабатываться при научной организации, и обе эти отрасли оптики взаимно поддерживают и усиливают друг друга. В Германии вопрос о больших организациях был решен сначала Karl Zeiss-stiftung, соединяющей производство приборов оптического стекла с чисто научной постановкой вопросов, например по ультрамикроскопии. Во Франции образовался оптический институт, в Америке при Bureau of Standards широко оборудованное оптическое отделение ведет и чисто научные и технические вопросы.

Всюду мы видим широкие оптические организации, которых в России не имеется. При скромных средствах университетских физических лабораторий, при слабом развитии оптической промышленности в России централизация работников по оптике при государственной широкой поддержке необходима и для чисто научных задач, и для правильного направления и подъема деятельности

оптической техники и промышленности. Необходим оптический институт»¹³.

В этой записке были сформулированы основные научные и технические задачи ГОИ на ближайший период его деятельности. «...Оптический институт, — писал Д. С. Рождественский, — ставит себе пять главных научных задач:

1. Центральные спектрографические установки в России, которыми могли бы пользоваться все заинтересованные лица: химики, минералоги, радиологи и т. д.

2. Систематическое изучение спектров поглощения, в особенности в ультрафиолетовой и инфракрасной областях, при помощи регистрирующих фотометров. Задача эта имеет особенную важность в химии, и, пользуясь центральной установкой автоматического фотометрирования спектров, физики в сотрудничестве с химиками могли бы значительно подвинуть вперед исследование строения молекул по сравнению с разрозненными попытками, проводившимися до сих пор.

3. Связанное с предыдущим систематическое исследование дисперсии как призматическими, так и интерферометрическими методами у жидких и газообразных тел.

4. Аналогичное планомерное изучение оптических свойств кристаллов.

5. Широкая постановка вопроса об изучении области коротких ультрафиолетовых лучей, области, в которой намечается разрешение вопроса о строении атомов и молекул. Сложность относящихся сюда работ (приходится все время работать при высоком вакууме) не дает возможность отдельным лабораториям и в малых размерах осуществить эту задачу.

Технические задачи Оптического института заключаются в следующем:

1. Расчет оптических систем и приборов для русских заводов, которые не могут справиться с этой задачей.

2. Исследование и проверка оптических инструментов.

3. Музей всевозможных оптических инструментов как типов изготовления.

4. Изготовление особенно тонких препаратов из стекла.

5. Изготовление препаратов из минералов (кварц, кальцит, флюорит и др.).

¹³ Архив ГОИ, ед. хр. № 2, л. 5, 5 об.

6. Разработка методов шлифовки, материала для шлифовки и т. п.

7. Конструкция особенно тонких и точных приборов в механической мастерской (интерферометр, спектрографы и т. д.).

8. Конструкция делительной машины для дифракционных решеток.

9. Исследование однородности стекла и выработка методов плавки и отжига для получения более однородного стекла. . .»¹⁴

В этой же записке были перечислены первоочередные организационные и хозяйственные мероприятия по обеспечению успешной деятельности вновь созданного института. Научный отдел института создавался из двух отделений: отделения видимого и ультрафиолетового спектра и отделения инфракрасного спектра. В состав технического отдела входили: вычислительное бюро, экспериментальная оптическая мастерская, механическая мастерская, лаборатория плавки и отжига. Последняя должна была находиться на заводе Оптического стекла, в составе которого она находилась в момент организации института.

Далее Дмитрий Сергеевич предложил организовать при Государственном оптическом институте два технических предприятия: завод оптического стекла, который можно было выделить из состава Государственного фарфорового завода, и завод, изготавливающий оптические инструменты. В качестве оптико-механического предприятия предполагалось использовать завод бывшего Российского акционерного общества оптического и механического производства, в то время уже национализированного и находившегося в ведении Совета Народного Хозяйства Петрограда. Таким образом, Государственному оптическому институту с первых дней его существования должны быть приданы два завода для реализации научных и технических разработок и открытий Оптического института. В записке консультантов Государственного фарфорового завода Д. С. Рождественского и И. В. Гребенщикова были изложены мотивы необходимости выделения отдела оптического стекла фарфорового завода в самостоятельный завод оптического стекла при Государственном оптическом институте.

¹⁴ История и методология естественных наук, вып. III, с. 288.

Основное внимание ученые консультанты обратили на необходимость организации производства в стране оптического стекла для нужд создающейся оптико-механической промышленности. Вот что было записано в этом документе: «События в 1917 и 1918 годах повлекли за собой прежде всего смену заводоуправления и падение всего производства до того, что в феврале 1918 г. работы были прекращены, опытный персонал рабочих разошелся. Лишь осенью 1918 года начало возобновляться производство, но уже при совсем иных условиях. Эти новые условия ныне настолько неблагоприятны для дальнейшего ведения дела, не говоря уже о его развитии, что мы, нижеподписавшиеся, считаем своим долгом ученых-консультантов завода обратить на это внимание правительства и предлагаем меры для того, чтобы поставить на правильную почву в высшей степени важный вопрос о производстве оптического стекла, вопрос, от которого зависит будущность всей оптической промышленности страны.

Выплавка оптического стекла представляет из себя настолько тонкое производство, что требует прежде всего самого внимательного и компетентного отношения со стороны заводоуправления, а затем непосредственного научного наблюдения за различными сторонами вопросов. Если вопросы об однородности стекла, об отжиге его, о чистоте исходных продуктов, об опытных плавках не стоят на должной высоте, то может случиться, что будут выплавляться сотни килограммов стекла, из которых ни один грамм не будет годен для оптики. К сожалению, при нынешних условиях производство рискует попасть в такое положение.

Во-первых, соединение оптического стекла с фарфором губельно отзывается на первом. Это не было так раньше, когда оптическое стекло представляло из себя центральный пункт внимания всего завода. Отсюда видно, что соединению двух производств фарфора и стекла, ничего общего между собой не имеющих, но историческим лишь причинам объединенных в одном заводоуправлении, должен быть положен конец. Правильное производство оптического стекла, не вредя, в свою очередь, остальным частям завода, станет на здоровую почву лишь тогда, когда оно будет совершенно отделено в особое, совершенно независимое предприятие, во главе которого будут находиться крупные технические силы.

Научный элемент должен играть, как это было фактически раньше, доминирующую роль на заводе, так как

по справедливости вопрос об оптическом стекле можно назвать скорее научным, чем техническим, и с этой точки зрения завод вполне правильно находится в ведении Комиссариата народного просвещения. Ученые силы должны иметь не только консультативное, но и решающее значение во всех главных вопросах. Все настояния консультантов в настоящее время в вопросах об отжиге стекла, об исходных материалах, об организации тех или иных приспособлений в конце концов фактически остаются без выполнения и поэтому дело остановилось. Ясно, что заводоуправление должно быть поставлено под фактический и властный контроль ученой коллегии, которая ясно сознает государственную важность производства стекла и определяет планы и выполнение научных технических работ совместно с заводоуправлением. Поэтому мы своим долгом считаем предложить следующие меры:

1) Совершенно отделить производство оптического стекла в отдельный завод Оптического стекла.

2) Передать этот завод в ведение Государственного оптического института, организуемого ныне при Комиссариате народного просвещения.

3) Во главе завода поставить ученую коллегию, состоящую прежде всего из членов Оптического института, а именно: директора, двух заведующих отделениями научного отдела, заведующего вычислительным бюро, двух специалистов, избираемых Оптическим институтом, и, кроме того, выборного представителя Химического Отделения Русского Физико-Химического Общества.

Эта коллегия совместно с директором завода, заведующим плавкой стекла и заведующим химической лабораторией (всего 9 лиц) определяет деятельность завода, а именно:

1) избирает директора завода, представляя его на утверждение Комиссариата народного просвещения.

2) Утверждает прочих служащих завода по представлению директора.

3) Намечает план технических и научных работ на заводе.

4) Следит за выполнением этого плана.

Консультанты завода: И. В. Гребенщиков, «проф. Д. С. Рождественский»¹⁵.

¹⁵ Архив ГОИ, ед. хр. № 2. Общий отдел. Материалы об организации Государственного оптического института (проект положения, докладные и пояснительные записки), л. 15,

В записке «В Комиссариат народного просвещения» было указано, что «Здание Физического института может служить только частично для помещения Оптического института», а потому Д. С. Рождественский предлагал разместить институт в здании бывшей конфетной фабрики, которая находилась вблизи Физического института университета. Тут же было отмечено, что нужно связать Физический и Оптический институты подземным ходом, который должен был послужить для целого ряда важных оптических установок. В специальной по этому вопросу записке «Почему Государственный Оптический институт выбрал именно здание бывшей конфетной фабрики Колесникова для переустройства и оборудования под специальное здание ГОИ» Рождественский писал:

«1. Здание очень близко от здания Физического института Петроградского университета (расстояние по воздушной линии около 35 сажень). Это представляет очень существенные выгоды: а) ГОИ может пользоваться электрическими установками Физического института, усиливая их в мере соответственной необходимости. В машинном зале Физического института установлены: три умформера, из которых самый мощный поставлен Государственным оптическим институтом, машина высокой частоты, высоковольтная машина, аккумуляторная батарея большой мощности. Все эти источники электрической энергии проводками приключены к зданию ГОИ. Таким образом, ГОИ смог связаться с мощной электрической установкой, разумеется неся расходы, поскольку он является потребителем энергии, и сам участвовал в оборудовании, поскольку ему надо было усилить масштаб университетского машинного отделения. Тем не менее получилась весьма значительная экономия, не говоря о том, что создать на пустом месте оборудованную и разнообразную электрическую установку было бы очень затруднительно, если вообще возможно.

б) Метод Гартмана исследования оптических систем объективов, вогнутых зеркал и прочее требует для своего применения значительной длины. Такая длина была получена, используя оба здания. В IV этаже Физического института тянется длинный коридор; в дальнем конце коридора ГОИ устроил бетонную оптическую склейку в 5 метров длиной. Далее визуальная линия тянется через все здание Физического института и затем по воздуху до здания ГОИ через особое отверстие по ряду комнат

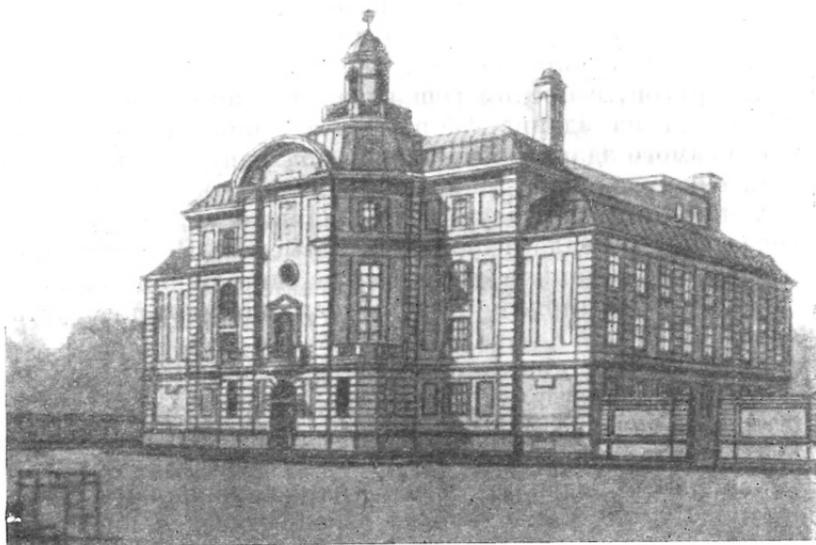
IV этажа Государственного оптического института. И здесь близость двух зданий играет решающую роль. Метод Гартмана есть основной метод для точного исследования качества оптических систем.

2. Другой, и притом решающей причиной, по которой выбор пал на здание фабрики Колесникова, — это качество самого здания. Его размер подходит к зданию, оно достаточно разнообразно и дает возможность осуществлять различные оптические установки, и, главное, оно обладает сводчатыми подвалами больших размеров. Подвалы проходят по всем зданиям, образуя еще один лишний этаж — 8 комнат и обширный средний зал для больших установок.

Устроить обширный подвал под зданием, где их не было, представляется чрезвычайно дорогой и плохо осуществимой задачей. ГОИ не может рассчитывать получить необходимые для этого колоссальные средства, а между тем вопрос о подвалах есть вопрос кардинальной важности ГОИ, так как одной из основных задач института является оборудование больших центральных установок, позволяющих поставить изучение оптических свойств материи на широкую ногу. Это нужно как для технического, так и для научного отделов ГОИ. Такие установки должны быть предохранены от тряски и потому должны делаться на массивных столбах в подвальных помещениях. Большой центральный подвал намечен под установку большой дифракционной решетки. Решетка эта обладает большой разрешающей силой, установка ее требует большого помещения, специально оборудованного (большая металлическая дуга на бетонном основании, по которой ходят щель, фотографическая камера, подставка решетки). Для ГОИ эта установка является одной из самых основных.

Большой подвал под фабрикой Колесникова как нельзя более подходит под эту установку. В других подвалах предполагается установить вторую, меньшую решетку, также нужную для решения задач массового характера, и особый прибор (клевсидру Яковлева) для массового изучения спектров поглощения. Значение таких установок ГОИ становится центральным для всей территории СССР местом, где могут быть произведены исследования, требующие больших установок. Такие исследования массового характера нужны и в науке, и в промышленности.

Таким образом, ряд веских оснований указывал Государственному оптическому институту на здание бывшей



Первое здание ГОИ

фабрики Колесникова, как на исключительно удобное решение вопроса о здании для ГОИ»¹⁶.

Эта большая выдержка из документа показывает, как детально занимался руководитель ГОИ организацией института, как он умел доказательно защищать свои планы.

Все приведенные документы убеждают нас в том, что Физический институт университета являлся основной базой при организации Государственного оптического института. Все первые научные и технические исследования производились в его помещении и с помощью приборов его лабораторий. Можно с полным правом утверждать, что Государственный оптический институт создавался исключительно на базе Физического института университета, научные сотрудники которого, что также важно отметить, являлись первыми научными сотрудниками ГОИ. Это обстоятельство настолько тесно связывало оба института, что вся их дальнейшая деятельность в продолжение

¹⁶ Архив ГОИ, ед. хр. № 2. Материалы об организации Государственного оптического института (докладные и пояснительные записки), л. 18, 19.

многих лет проходила в тесном научном контакте. Физический институт поставлял ГОИ научно-технические кадры и предлагал научную проблематику.

Особого внимания заслуживает «Положение о Государственном оптическом институте», разработанное Дмитрием Сергеевичем. В нем были сформулированы новые демократические методы руководства научной работой в советском научно-исследовательском институте. Положение о Государственном оптическом институте показывает процесс организации советской науки, основанный на коллективных началах и широком привлечении научных работников.

Первое положение о Государственном оптическом институте было утверждено 26 апреля 1919 г. Петроградским окружным комиссариатом по просвещению. Декрет об учреждении был опубликован в газете «Северная коммуна» 6 мая 1919 г. за подписью Наркома просвещения А. В. Луначарского и заведующего Петроградским окружным комиссариатом по просвещению М. П. Кристи (фактически институт существовал с декабря 1918 г.). В этом постановлении было записано:

1. При Комиссариате народного просвещения учреждается Государственный оптический институт, состоящий из двух отделений: научного и технического.

2. Задача Государственного оптического института и его организация определяются особым положением, утвержденным Петроградским окружным комиссариатом по просвещению от 26 апреля 1919 года.

3. В ведении и под руководством Государственного оптического института находится Государственный завод оптического стекла. Способ управления завода Государственным оптическим институтом определяется особым положением»¹⁷.

Одной из главных задач, вставших перед Д. С. Рождественским как директором института, было пополнение института кадрами, так как оптиков в России было мало, а научные и технические вопросы, требовавшие разрешения уже в ближайшие годы, были многочисленными. Единственным выходом являлось привлечение в институт студентов-физиков Петроградского университета. Приняли решение взять студентов первых курсов в качестве «лаборантов при мастерских ГОИ» и одновременно с ин-

¹⁷ Северная коммуна, 1919, 6 мая.



Научный отдел ГОИ в середине 20-х годов. Сидят (слева направо): А. А. Мазинг, К. К. Баумгарт, Н. А. Нарышкин, А. Н. Теренин. Стоят: И. А. Шошин, В. М. Чулановский, М. А. Юрьев, С. Э. Фриш, В. К. Прокофьев, В. И. Пясецкий, Е. Ф. Гросс, А. А. Лебедев

тенсивной учебной работой использовать их для выполнения простейших заданий, в первую очередь по исследованиям в области оптического стекла. Отбор студентов производил сам Дмитрий Сергеевич. Главным критерием, по которому отбирался кандидат, были его способности к экспериментальной работе. Их сразу же зачисляли в штат, так как в то тяжелое и голодное время жить без пайка и зарплаты было трудно. 1 января 1919 г. были приняты А. И. Стожаров и И. А. Шошин, 15 января — А. Н. Теренин, 20-го — В. К. Прокофьев, В. А. Фок, С. Э. Фриш. В феврале — Л. Н. Гассовский, Е. Ф. Гросс¹⁸. Первая группа состояла из 12 человек. В 1920 г. группа лаборантов пополнилась новыми студентами. Среди них были А. А. Гершун, Л. С. Сазонов, Е. Ф. Юдин, К. А. Кракау, А. В. Лермантов и другие.

Дмитрий Сергеевич сам составил для каждого лаборанта программу занятий, учитывая степень его подготовленности и личные склонности. Член-корреспондент

¹⁸ Государственный архив Октябрьской революции и социалистического строительства Ленинградской области (в дальнейшем — ГАОРССЛО), ф. 2560, оп. 1, ед. хр. 123, л. 3.

АН СССР С. Э. Фриш впоследствии вспоминал: «План обучения для всех этих лаборантов был очень напряженным. Надо было самостоятельно проработать большое число монографий по физике и прикладной оптике и, кроме экзаменов, обязательных для всех студентов, сдать еще зачеты по этому дополнительному материалу. Начиная со второго года обучения лаборантам раздавались поручения, связанные с работами ГОИ. Это были главным образом вопросы изготовления оптического стекла. Позже каждому из лаборантов была намечена тема самостоятельного научного исследования»¹⁹.

Профессор В. К. Прокофьев об этом периоде своей учебы писал: «Нашей обязанностью было учиться и учиться. Мы слушали лекции, собирали приборы в лаборатории в качестве лабораторных работ»²⁰. Сам Дмитрий Сергеевич говорил об этом так: «Университет не отапливался, университет голодал, студенты в большинстве разбежались. Но Физический институт мы сумели подтопить на деньги Наркомпроса. Здесь еще шла работа студентов под руководством К. К. Баумгарта. Ему было поручено выбрать лучших по оценке их практических занятий. И я помню день в январе 1919 года, когда передо мной проходил ряд избранников в долгих обстоятельных разговорах. Пришли Фок, тоже избранный за практические занятия, ведь мы тогда не знали, что Фок есть Фок, Теренин, Фриш, Гросс и другие. Эта молодежь должна была учиться, в сущности оплачивать их было нельзя и не за что. Да и деньги им были не нужны, нужна была пища. Под громким званием „лаборантов при мастерских“ Наркомпрос их узаконил и дал им пайки. Это было истинное основание ГОИ. Так как студентов было мало, то все профессора университета приходили в теплый Физический институт, охотно учили этих „лаборантов“. Учили выше всякой меры, как гусей, подвешенных в мешках»²¹.

Этот очень своевременный шаг позволил в кратчайший срок обеспечить кадрами ГОИ и дал советской науке целую плеяду талантливых физиков, среди них ряд академиков и членов-корреспондентов Академии наук СССР. Соединение обучения с исследовательской работой ныне

¹⁹ Фриш С. Э. и др. ГОИ и высшая школа. — В кн.: 50 лет ГОИ, с. 60.

²⁰ Прокофьев В. К. Атомная спектроскопия и спектральный анализ. — В кн.: 50 лет ГОИ, с. 87.

²¹ ААН СССР, ф. 341, оп. 2, № 17, л. 6.

широко применяется в передовых советских вузах. Пионером же в этом вопросе был Рождественский.

Первый по времени зачисления в «лаборанты при ГОИ» доктор технических наук А. И. Стожаров писал об этом шаге Дмитрия Сергеевича: «Он первый создал прообраз современной аспирантуры. Отобрав из числа студентов первых курсов наиболее активных, он зачислил их в ГОИ на должность младших лаборантов при мастерских. Этим лаборантам он предложил учиться без отпусков и каникул и срочно готовиться по установленной им программе к научной работе в оптическом институте. Таким путем за два года была подготовлена группа научных работников, ставших вскоре ведущими учеными ГОИ. Д. С. Рождественский доказал, что научного сотрудника можно подготовить за два года после поступления его в университет, что для этого нет необходимости тратить десять и даже пятнадцать лет, а к 33 годам можно подготовить члена-корреспондента Академии наук. Этот опыт также ждет претворения в жизнь»²².

Весной того же 1919 г. по инициативе и под руководством Д. С. Рождественского была проведена реорганизация подготовки физиков в Петроградском университете. Главным недостатком дореволюционного Петербургского университета, по мысли Д. С. Рождественского, было отсутствие специфики в подготовке физиков, математиков и астрономов на математическом отделении. Курс математики читался одинаково подробно всем, не выделялись темы, особенно нужные физикам. Курс читался продолжительное время, из-за чего математический аппарат не поспевал к соответствующим разделам физики, что не позволяло по-настоящему прочесть курс теоретической физики. Отсутствовали семинарские занятия по физике. К тому же она слабо связывалась с техникой. И. В. Обреимов вспоминал, что в курсе математики не было тех разделов, которые ныне объединяются в курс математической физики (задача о колебаниях, ряды Фурье и т. п.). «О рядах Фурье я впервые узнал из курса Дмитрия Сергеевича по аномальной дисперсии»²³. Очень объемистыми и подробными были курсы теоретической механики. Так,

²² Стожаров А. И. К 100-летию со дня рождения Д. С. Рождественского (1896—1940). — *Оптико-механическая промышленность*, 1976, № 5, с. 6.

²³ Обреимов И. В. Дмитрий Сергеевич Рождественский, с. 20.

в курсе Сомова доказательство того, что скорость есть вектор, занимало тридцать страниц.

Рождественскому пришлось преодолеть сопротивление математиков, которые и слышать не хотели о каком-то особом курсе их дисциплины для физиков. Дмитрия Сергеевича поддержали А. Н. Крылов, Н. И. Мухелишвили и особенно В. И. Смирнов, который и составил курс «Высшей математики» (впоследствии пятитомный курс, удостоенный Государственной премии). Были введены семинарские занятия по физике, способствующие развитию самостоятельности и активности студентов, научно-производственная практика в научно-исследовательских заведениях и на предприятиях. Предусматривалось создание ряда новых лабораторий для студенческих спецпрактикумов и работ научно-исследовательского характера. Дмитрий Сергеевич привлек к чтению новых спецкурсов молодых исследователей — как своих учеников, так и других лиц, активно работавших в науке. Специальный курс по векторному исчислению был поручен И. В. Обреюмову, курс по электронной теории — П. И. Лукирскому, курс по квантовой теории — Ю. А. Кругкову, а затем и В. А. Фоку, практические занятия по физике (решение задач) и лабораторные работы также велись молодыми питомцами школы Д. С. Рождественского. Характерно, что даже упражнения по математическому анализу Дмитрий Сергеевич поручил физикам, так как тем было проще обратить внимание на задачи, имеющие особое значение для изучения физики. В 1925/26 учебном году эти занятия вели С. Э. Фриш и А. И. Стожаров.

Дмитрий Сергеевич настоял на создании при физическом отделении «лектория», в котором хранились и выдавались для чтения и самостоятельных занятий учебники, монографии, различные руководства, причем он особо подчеркивал значение этого мероприятия «для неимущих студентов, которые не в состоянии приобрести книги»²⁴.

Учебный план и программы, составленные во время реформы, улучшили подготовку физиков и легли в основу подобной реорганизации в других вузах страны.

В только что созданном ГОИ 4—7 февраля 1919 г. был проведен съезд физиков. В оргкомитет по организации съезда входили О. Д. Хвольсон, Д. С. Рождественский, А. П. Афанасьев, А. Ф. Иоффе, М. М. Глаголев, И. В. Об-

²⁴ Архив ЛГУ, ф. 1, оп. 1, № 153, л. 58.



1919 г. Дмитрий Сергеевич с женой Ольгой Антоновной в деревне Лажинь

реимов, А. Б. Ферингер. На съезде были заслушаны доклады о результатах научных исследований, выполненных уже после Октября. Большинство из них принадлежало сотрудникам ГОИ. Перечислим некоторые из них.

Дмитрий Сергеевич выступил с двумя научными сообщениями — «О спектре ртути» и «Широкие полосы поглощения», И. В. Обреимов — «Метод измерения малых разностей показателя преломления на неотшлифованных обломках стекла», «Метод полос Теллера», «Новый метод измерения показателя преломления тонкого стеклянного клина». А. А. Архангельский доложил о работе «Фотографирование спектра поглощения паров йода и брома», К. К. Баумгарт и А. А. Мазинг — «Сплошной ультрафиолетовый спектр», Е. Д. Бодареу — «Об абсолютном значении керровой постоянной», В. В. Коврайский — «Новые типы полярископов».

Главное внимание съезд уделил организационным вопросам. Необходимо было объединить всех русских физиков, помочь им в работе в трудных условиях разрухи и научной блокады. Приветствуя съезд, представитель Наркомпроса А. И. Кайгородов отметил: «Наука, орга-

низуя труд, позволяет направить его по пути наибольшей производительности. Поэтому поддержка и развитие точных знаний есть первая задача обновленного строя»²⁵. О целях и задачах первых советских научно-исследовательских институтов на съезде рассказали их руководители: Д. С. Рождественский (ГОИ), А. Ф. Иоффе (Физико-технический отдел ГРиРИ), Л. С. Коловрат-Червинский (Радиологический), П. П. Лазарев (Московский физический институт). Съезд рассмотрел вопрос о взаимной помощи и поддержке научных центров путем распределения между ними необходимых приборов, инструментов, книг и материалов. Наконец, на нем был решен вопрос об объединении всех физиков Советской России в Российскую ассоциацию физиков (РАФ). Под эгидой РАФ стали созываться последующие съезды физиков (первый — в сентябре 1920 г. в Москве, второй — в 1921 г. в Киеве, третий — в 1922 г. в Нижнем Новгороде, четвертый — в 1924 г. в Ленинграде и т. д.).

Огромные организационные хлопоты, связанные с созданием и оборудованием ГОИ, подготовка съезда физиков, педагогическая работа, отсутствие отпуска летом 1918 г., плохое питание вызвали к весне 1919 г. у Рождественского нервное истощение и переутомление. Коллегия ГОИ решила отправить его на отдых. Было выбрано место в деревне Лажины Старорусского уезда на берегу озера Ильмень в доме сельского учителя Павла Диомидовича Голубева. Приехал Дмитрий Сергеевич с Ольгой Антоновой и ее сестрой Марией Антоновой, охотно участвовал вместе с семьей хозяина в сельских работах — сенокосе, уборке урожая. Окреп и вернулся в Петроград к осени 1919 г. полный сил и желаний работать.

²⁵ Журнал Русского физико-химического общества, часть физическая, Пг., 1919, т. 51, вып. 4—6.

Атомная комиссия ГОИ

В автобиографии Дмитрия Сергеевича есть такая запись: «15/ХII 1919 года, речь в ГОИ с изложением основ строения атомов и спектрального анализа. С октября 1919 года началась работа на эту тему»¹.

1918—1919 гг. Интервенция, гражданская война. В стране голод, разруха, зимой нетоплены помещения. Особенно тяжело в Петрограде. У ворот города Юденич. Вспоминая те дни, Дмитрий Сергеевич говорил: «К концу 1919 года было самое лютое время, на паек давали конский череп, но мало. Я тогда помню пошатывался на ногах. Но голова действовала на голодный желудок замечательно ясно. Это многие замечали»².

В «Книге жизни и смерти» мы находим следующие строчки: «1918 г. Лето в Ленинграде (Петрограде. — *Авт.*). О. (Ольга Антоновна. — *Авт.*) ездила на съезд В. Школы и привезла каравай хлеба»³.

«Книга. . .» была написана не ранее 1937 г., так как она представляет собой ученическую тетрадь, на обложке которой приведен текст «Песни о вещем Олеге» с изображением Олега на коне, а такие тетради появились в стране к 100-летию юбилею А. С. Пушкина, и не позднее 30 августа 1939 г., еще при жизни Ольги Антоновны, поскольку в тетради есть заметки, сделанные ее рукой. Как, видимо, дорог был тот каравай, если о нем помнили долгие годы насыщенной событиями жизни!

И вот в осенне-зимние месяцы 1919 г. Дмитрий Сергеевич объяснил строение сложных атомов.

Детальное знакомство с теорией Бора—Зоммерфельда, объяснившей строение атома водорода и иона гелия, было обусловлено подготовкой к речи при вступлении в долж-

¹ ААН СССР, ф. 341, оп. 21, № 32, л. 13.

² Цит. по кн.: *Кокин Л.* Юность академиков. М., Советская Россия, 1970, с. 36.

³ ААН СССР, ф. 341, оп. 2, № 32, л. 13.

ность президента Русского физико-химического общества в январе 1916 г. Понятно, что вопросы, связанные со строением атомов, интересовали Дмитрия Сергеевича и раньше, так как это непосредственно соприкасалось с его работами по определению интенсивностей спектральных линий. Теория Бора, позволяя четко определить частоты света, испускаемого атомами, оставляла открытым вопрос об интенсивности спектральных линий.

Работа по стеклу, организация ГОИ отвлекли на время мысли Рождественского от проблемы строения атомов. Теперь, после отдыха и некоторого спада организационно-хозяйственных забот, выкроилось свободное время. Ольга Антоновна Добиаш-Рождественская отмечала: «Дмитрий Сергеевич совершенно упоен своей работой, спит по 5 часов в сутки, не всегда обедает и сидит в институте день и ночь. Полон каких-то грандиозных надежд»⁴.

Не вдаваясь в подробности, так как научные исследования будут рассмотрены отдельно, заметим, что Дмитрию Сергеевичу удалось выдвинуть ряд новых идей, позволивших распространить теорию Бора—Зоммерфельда на более сложные атомы, чем у водорода. Эти идеи были доложены на первом годовом собрании ГОИ в его докладе «Спектральный анализ и строение атома», состоявшемся 15 декабря 1919 г. в Физическом институте, где еще размещался ГОИ. Часто о событии очень многое может рассказать, казалось бы, совершенно несущественный документ. В архивных фондах ряда учреждений того времени сохранился пригласительный билет на это заседание. Это отпечатанный на плохой бумаге на пишущей машинке с западающими буквами листок, озаглавленный в строгом соответствии с духом времени «Повестка». В повестке перечислены вопросы, которые будут рассмотрены на годичном собрании, а в конце, как приманка для людей, которые в стужу должны будут пешком добираться до Васильевского острова, напечатано: «Теплая аудитория, платный буфет». Конечно, не эта информация, а важность рассматриваемых вопросов собрала в аудиторию Физического института почти всех физиков Петрограда.

Сделав краткий отчет о деятельности института за год, Дмитрий Сергеевич особо отметил большую помощь, оказанную ГОИ Наркомпросом, а затем перешел к изложению своей работы. Он понимал, что им положено только

⁴ Цит. по кн.: *Кокки Л.* Юность академиков, с. 36,

начало, что расчет детальной картины строения сложных атомов не по плечу одному человеку, и предложил создать для этой цели специальную комиссию.

Доклад Рождественского вызвал большой интерес не только научной общественности страны. Об исследованиях Дмитрия Сергеевича писали газеты. В петроградской «Красной газете» 21 декабря 1920 г. (т. е. через шесть дней после выступления) появилась статья А. Болотина «Мировое научное открытие» с разделами: наука в Советской России, мировое открытие, деление атомов, письмо профессора Рождественского, радио, образование комиссии. В первой части заметки шла речь о положении науки в России и о заботливом отношении к нуждам науки со стороны Советской власти. Далее автор писал об открытии Д. С. Рождественского. Он цитировал письмо Дмитрия Сергеевича З. Г. Гринбергу в Петроградский отдел народного образования, информировал читателей о решении Петроградского отдела Наробраз обратиться с ходатайством в Петроградский Совет о посылке радиogramмы о работах Д. С. Рождественского на имя Г. А. Лоренца и П. С. Эренфеста. Здесь же говорилось о скором создании особой ученой комиссии для разработки идей Д. С. Рождественского.

24 декабря в той же газете появилась информация «К открытию проф. Рождественского» о выделении средств в размере 1 104 000 рублей (аванс) на работу комиссии в составе 19 человек и отпуске для них специального пайка, который сотрудники называли в те годы «атомным».

31 января 1920 г. об открытии Д. С. Рождественского писала газета «Известия». Следует заметить, что радиogramма, о которой говорилось в газете, не была получена Лоренцем и Эренфестом, и они узнали о работах Рождественского позднее от В. М. Чулановского и А. А. Архангельского. Однако информация об этих работах все же просочилась за рубеж, правда в искаженном виде, причиной чему была первая заметка в «Красной газете». В ней были такие строки: «До сих пор считалось в науке, что атомы являются конечными составными частями физических тел, которые больше не раздробляются. Проф. Рождественским учение это опровергается. Ему удалось открыть, что и атомы подвергаются дальнейшему делению»⁵.

⁵ Болотин А. Мировое научное открытие. — Красная газета, 1919, 21 декабря.

Мировое научное открытие.

Профессором Рождественским, директором советского петроградского оптического института открыто строение атомов.

Наука в советской России.

Наука в советской России занимает самое почетное место. Советская власть принимает все меры, чтобы наши ученые, поскольку они действительно занимаются научными вопросами, имели возможности посвящать все свои силы и знания науке. Для этого отпускаются самым щедрым образом необходимые средства на содержание институтов, лабораторий, научных кабинетов и разных ученых учреждений.

Внимательное или вернее заботливое отношение советской власти к науке признают даже наши многочисленные враги как внутренние, так и внешние. Отношение это станет для всех еще более явным, когда все узнают, что в большем или меньшем красном Питере сделано русским ученым громадной важности научное открытие.

Мировое открытие.

При Петроградском университете существует оптический институт, в котором ученые и их ученики производят разные исследования. Во главе института стоит профессор Рождественский, которому удалось сделать крупное научное открытие в современной физике.

Деление атомов.

До сих пор считалось в науке, что атомы являются конечными составными частями физических тел, которые больше не раздробляются. Проф. Рождественским учение это опровергается. Ему удалось открыть, что и атомы подвергаются дальнейшему делению.

Письмо проф. Рождественского.

О своем научном открытии проф. Рождественский прислал в петроградский отдел образования на имя тов. З. Г. Тринберга следующее письмо:

«Должен вам сообщить, что в Оптическом институте, которому так покровительствует комиссариат просвещения, за последний месяц

было сделано важное научное открытие, которое должно повлиять как на судьбу и дальнейшее развитие оптического института с одной стороны, так и на будущее развитие науки о строении атомов и спектрального анализа».

Далее в письме указывается, что результатом открытия является то, что строение всех атомов становится известным. Значение этого открытия громадное. Ведь это, — говорит проф. Рождественский, — конечная цель, к которой стремились современные физики. Для выяснения строения других более сложных атомов должна быть проделана громадная математическая и вычислительная работа. В России мы должны сделать это скорее, чтобы это открытие не вырвали из наших рук гораздо более многочисленные заграничные коллеги и чтобы русские ученые, поставленные в современные тяжелые условия, не лишились заслуженной славы.

Проф. Рождественский предлагает поэтому учредить при оптическом институте особую комиссию из математиков, астрономов и физиков теоретиков.

Радио.

Так как открытие, сделанное проф. Рождественским, имеет мировое значение, петроградский отдел образования решил обратиться к исполнительному комитету Петроградского совета рабочих и красноармейских депутатов с предложением сообщить о важном научном открытии по радио в голландскую академию наук на имя знаменитого мирового ученого Лоренца и известного физика Эрнфеста.

Образование комиссии.

Предложение же проф. Рождественского об образовании особой комиссии из ученых будет осуществлено отделом образования в самом непродолжительном времени
А. ВОЛОТНИ.

Во всяком случае, в номере английского журнала «Nation», вышедшем в свет 20 ноября 1920 г., писалось: «Радиотелеграф принес нам известие, что один из русских ученых полностью овладел тайной атомной энергии. Если это так, то человек, который владеет этой тайной, может повелевать планетой». Далее журналист делает различные предположения о том, как поступит этот ученый со своей тайной. Предполагаемый текст радиogramмы, хранящийся в архиве АН СССР в фонде Д. С. Рождественского, никак не дает повода для столь «сногсшибательных» заявлений. Вот ее текст: «Профессорам Г. А. Лоренцу и П. Эренфесту, Лейден, университет. Профессору Рождественскому удалось доказать, что эллипсам Зоммерфельда соответствуют спектральные серии всех элементов. Нормальное строение атома лития установлено. Дублеты в сериях вызываются магнитным полем внутренних колец. Крутков разрабатывает сложное явление Зеемана и нормальный триплет в сильных полях. Бурсиан разрабатывает электрические явления внутренних колец. Не имеем литературы с начала семнадцатого года. Коллегия Оптического института очень просит вас сообщить, что сделано по этим вопросам вне России, по радио Петроград, Университет, Рождественскому. Обращаемся с просьбой в Амстердамскую академию содействовать присылке физической литературы. Привет от физиков Петрограда. Коллегия Оптического института — Рождественский, Крутков, Фредерикс»⁶. Даты нет, но приблизительную можно установить, так как в тексте телеграммы упоминаются направления работ членов Атомной комиссии, первое заседание которой состоялось 21 января 1920 г., а 16 января в той же «Красной газете» появилось сообщение о том, что текст радиogramмы составлен и передан народному комиссару А. В. Луначарскому для ее передачи по радио из Москвы.

Итак, 21 января Атомная комиссия приступила к своей работе. Сохранились протоколы, а также многие из докладов, прочитанных на заседаниях, которые проходили в специально выделенном помещении ГОИ в Физическом институте. На первом заседании Д. С. Рождественский рассказал о задачах Атомной комиссии. Хочется привести протокол этого заседания полностью, тем более что он никогда не публиковался.

⁶ ААН СССР, ф. 341, оп. 2, № 69, л. 1.

«1-ое заседание Атомной комиссии при Государственном оптическом институте, среда, 21-го января 1920 года.

Присутствовали члены Атомной комиссии: Бурсиан, Иоффе, Крутков, Крылов, Мухелов (Н. И. Мухелишвили. — *Авт.*), Рождественский, Тудоровский, Фредерикс.

Члены вычислительного бюро: Чулановский, Яхонтов.

Председателем Атомной комиссии Д. С. Рождественским предложен следующий план работы.

Задача о строении атома представляет собой задачу о многих телах, действующих друг на друга электрическими и магнитными силами. К решению этой задачи нужно подходить, постепенно расчлняя ее на ряд более простых, и уже каждую из этих задач решать, пользуясь упрощенными схемами, оценивая допустимость этих упрощений, сверяя с опытом полученные результаты и затем переходя к более сложному случаю или более строгой постановке задачи. Соответственно с этим перед Атомной комиссией стоят следующие 4 задачи:

I. Задача электрическая

II. Задача магнитная

III. Задача рентгеновская

IV. Постановка опыта и координирование уже имеющегося экспериментального материала

I. Электрическая задача.

Движение валентного электрона в атоме зависит главным образом от электрического поля ядра. Это поле, определяясь законом Кулона, в простейшем случае (водород, ионизированный гелий) сильно искажается при переходе к более тяжелым атомам, когда положительно заряженное ядро окружено кольцами электронов.

Необходимо наметить путь, по которому нужно идти к решению этой задачи, выяснить, где лежат ее трудности и какими приближениями мы можем пользоваться. Задачу нужно формулировать. Нужно просить В. Р. Бурсиана сделать это в ближайшем заседании Атомной комиссии.

II. К решению электрической задачи следует подходить начиная с простейших случаев. В данном случае — это движение электрона по далекой орбите, когда электрическое поле, определяющее движение почти такое, как в случае одного положительного заряженного ядра. Это возмущенное движение. Пример такого возмущенного движения будет разобран сегодня в докладе А. Н. Крылова.

III. Следующим этапом будет исследование движения валентного электрона в сильном электрическом поле. Просить Н. И. Мухелова сделать доклад по этому вопросу в ближайшем заседании Атомной комиссии.

IV. Когда около ядра находятся кольца электронов, то движение валентного электрона искажается. В свою очередь, валентный электрон действует определенным образом на внутреннее кольцо, искажая его форму и движение электронов на нем. Важно учесть последнее искажение. Задача облегчается тем, что валентный электрон движется медленно по сравнению с внутренними. Первое приближение, когда он неподвижен. Следует пригласить в вычислительное бюро по Атомной комиссии Нумерова и Меликова и просить их заняться этим вопросом, а также выяснить —

V. Возможно ли свести действие внешнего электрона к случаю медленно вращающегося электрического поля.

VI. Следует выяснить также, возможна ли постановка такой задачи: два электрона движутся по кругу около положительного ядра (Li). Вся система находится во внешнем электрическом поле. Каково будет ее движение?

VII. Влияние внешнего электрического поля на движение валентного электрона сказывается на опыте в разложении спектральных линий (явление Штарка). Чтобы проверить теорию, нужно узнать, что делается с волновым числом электрона, излучающего в электрическом поле. Для этого движение нужно правильно «квантовать». Эта задача выполнена Эпштейном для водорода неудовлетворительно. И поэтому в этом вопросе следует также разобратся. Просить В. К. Фредерикса заняться этим вопросом.

VIII. Когда в атоме имеются и внутренние электроны, квантовым условиям нужно подвергать и их движение.

IX. Электрическая задача будет вполне решена, когда удастся сквантовать и действие внутреннего кольца и действие внешнего поля на валентный электрон.

II. Магнитная задача.

I. Магнитное взаимодействие между электронами гораздо слабее электрического. Оно сказывается как поправка к первому. Но исследование его очень важно, так как оно легко обнаруживается на опыте как в структуре отдельных членов серии (внутреннее магнитное поле), так и в явлении Зеемана (внешнее магнитное поле). Как

и в случае I, эту задачу нужно прежде всего сформулировать, что могли бы сделать в одном из ближайших заседаний Ю. А. Крутков и Д. С. Рождественский.

II. Нужно исследовать, какое изменение в движениях вызовут внутреннее и внешнее магнитные поля. Могут ли члены второго приближения влиять на квантование, а также каково влияние магнитного поля, зависящее от H^2 .

III. Следует выяснить влияние магнитного взаимодействия между электроном и ядром в атоме водорода на их движение, так как решение этой простейшей магнитной задачи необходимо для ориентировки в более сложных случаях (В. М. Чулановский).

III. Рентгеновская задача.

Разумеется, что правильное решение обеих предыдущих задач возможно только в том случае, если достаточно известно, как устроены внутренние кольца. Сколько на них электронов и на каких орбитах они находятся. Эта задача требует иных приемов для решения и контролируется исследованием рентгеновских спектров. Следует просить А. Ф. Иоффе и В. Р. Бурсиана заняться ею.

IV.* Экспериментальный материал.

За последние десятилетия накопился огромный экспериментальный материал, который может служить для проверки теории и дать основание для дальнейшего ее развития. Этот материал чрезвычайно плохо и несистематически разработан. Необходимо сделать ему сводку и в значительной степени переработать.

В связи с этим нужно просить:

1. Е. Г. Яхонтова заняться обработкой наблюдений относительно спектральных линий сверх наблюдения $k\lambda$ в пустоте и ввести необходимые поправки.

2. А. И. Тудоровского сделать сводку материала по явлению Штарка.

3. В. М. Чулановского сделать то же относительно сложного явления Зеемана.

4. Следует приготовить чертежи эллиптических орбит электрона в водороде.

5. И сделать то же для орбит возмущенных.

6. Собрать материал о константах и

7. о нормальных единицах.

В целях большего согласования работы вычислительного бюро с работой Атомной комиссии желательно было бы в начале каждого заседания выслушивать краткий отчет от А. И. Тудоровского о работе вычислительного бюро.

План работы, предложенный Д. С. Рождественским, не встретил возражений и утвержден Атомной комиссией.

Деловая часть заседания.

Атомная комиссия по предложению председателя ее Д. С. Рождественского постановила:

1. Утвердить оплату черновых рукописей членов Атомной комиссии по счету, согласно предположениям по смете.

2. Поручить исполнение секретарских обязанностей В. М. Чулановскому и Е. Г. Яхонтову.

3. Пригласить в вычислительное бюро Г. Г. Слюсарева и А. И. Ильину.

4. Обеспечить Ю. А. Круткова керосином и дровами, чтобы дать ему возможность работать продуктивно дома.

5. Приобрести для работ Атомной комиссии бумагу, канцелярские и чертежные принадлежности.

6. Командировать за границу 2-х физиков для закупки необходимых книг, журналов, материалов.

7. Приобрести для этой цели иностранной валюты.

8. Организовать переписку докладов в нескольких экземплярах.

Доклады:

А. Ф. Иоффе. Данные о строении атома, вытекающие из рентгеновских спектров.

А. Н. Крылов. Некоторые замечания о движении электронов в атоме гелия»⁷.

Заседания Атомной комиссии проводились еженедельно. Помимо названных в протоколе, к ее работе в дальнейшем были привлечены и другие известные ученые, среди них Я. Д. Тамаркин, А. А. Фридман, а с 10 июня 1920 г. большая группа так называемых лаборантов при мастерских ГОИ. Им была поставлена задача: составление таблиц спектральных нормалей, необходимых для вычисления серии, расчет движения электрона в атоме водорода, вычерчивание орбит, кривых скоростей и другие.

Работа Атомной комиссии представляла собой первый образец научно-исследовательской работы по определенной научной проблеме, для решения которой были собраны ученые из различных учреждений и учебных заведений.

Уже на первом заседании, как это видно из приведенного выше протокола, было решено откомандировать за границу двух физиков. Выбор пал на учеников и сотрудников Д. С. Рождественского еще по Петроградскому универси-

⁷ ААН СССР, ф. 341, оп. 2, ед. хр. 67.

тету А. А. Архангельского и В. М. Чулановского. Они должны были поехать в Голландию к Эренфесту и Лоренцу, ознакомить их с состоянием дел в советской физике, рассказать о работах Д. С. Рождественского и Атомной комиссии, постараться получить научную литературу и выяснить возможности приобретения научного инструментария. Профессор В. М. Чулановский многие годы спустя рассказал о поездке ленинградскому писателю Д. Е. Славентантору, из книги которого мы приводим этот отрывок: «В дорогу дали „думские“ деньги — целый чемоданчик. Выезжали поездом три раза и все возвращались в Петроград: не были выправлены по всей форме документы. В первый раз доехали до Гатчины, второй — до Кингисеппа и только в третий достигли Нарвы. Оттуда прибыли в Ревель. . . Недели через три пришли визы. . . обменяли „думские“ на сорок английских фунтов и выехали в Берлин»⁸.

Первый, с кем встретились советские физики, был А. Эйнштейн, которому посланцы ГОИ рассказали о положении науки в Советской России, о работах Д. С. Рождественского и Ю. А. Круткова, которые 4 сентября 1920 г. были обсуждены в Лейдене с П. С. Эренфестом. Последний на следующий день написал Дмитрию Сергеевичу. Это письмо многократно цитировалось историками науки, писателями, журналистами, рассказывавшими о первых годах советской физики⁹. Письмо достаточно большое, в нем говорилось и о восхищении Эренфеста трудами русских физиков, сумевших создать научный коллектив, воспитать научную молодежь.

П. С. Эренфест очень многое сделал, чтобы помочь В. М. Чулановскому и А. А. Архангельскому. Он познакомил их с рядом ученых Запада, помог установлению контактов с научными учреждениями, иностранными фирмами для заказа литературы, физических инструментов, но он считал, что для полного разрыва научной блокады должна состояться встреча с наиболее видными физиками Советской России — А. Ф. Иоффе и Д. С. Рождественским.

⁸ *Славентантор Д.* На пороге атомного века. Л., Лениздат, 1966, с. 47.

⁹ Полный текст письма в переводе на русский язык опубликован в сборнике: История и методология естественных наук, вып. III, с. 312—318.

Глава восьмая

Заграничная командировка

27 сентября 1920 г. П. С. Эренфест пишет: «Дорогой Рождественский, дорогой Иоффе! Почти сразу же после того, как я здесь рассказал своим коллегам о тех великолепных работах, которые были проведены под вашим руководством в Оптическом и Рентгенологическом институтах, все они высказали пожелание, чтобы вы оба приехали в Голландию, хотя бы на самое короткое время для того, чтобы:

1) подробнее рассказать о ваших исследованиях и результатах, с тем чтобы все это можно было сразу же обсудить и опубликовать.

2) На основании посещения лабораторий и дискуссий с голландскими и некоторыми иностранными учеными, которые будут здесь в начале ноября, в течение совсем короткого времени суметь составить себе представление обо всех новых успехах физики, достигнутых за последние годы в Европе и Америке (!!!).

Поскольку ваше присутствие в Лейдене очень желательно уже в первых числах ноября,

1. Лоренц взял на себя труд направить следующее телеграфное официальное приглашение: Ректору Петроградского университета. Восхищены превосходными научными работами, полученными Оптическим и Рентгенологическим институтами. Будем счастливы ознакомиться с подробностями, обсудить с русскими физиками вопросы, касающиеся работ, выполненных в этих институтах и вне их. Настоящим приглашаем в Лейден господ Рождественского и Иоффе. Желательно на начало ноября. К этому времени можем связаться с несколькими физиками из других стран. Расходы на поездку полностью возмещаются. Просьба ответ телеграфировать. Подписали: Камерлинг-Оннес, Лоренц, Кюнен, Эренфест, Хага, Юлиус, Зеeman.

2. Для того чтобы у вас не было задержки с отъездом из-за виз, мы, и в первую очередь Камерлинг-Оннес, позаботились

о том, чтобы все ваши дорожные расходы были оплачены. (Вероятно, и Бор, если сможет, тоже пригласит вас в Копенгаген.) Я надеюсь, что власти в России увидят, насколько большое значение для развития физики в России будет иметь ваше кратковременное пребывание здесь и в Скандинавии, где вы сразу же получите представление о современном состоянии исследований и инструментальной техники»¹.

Телеграмма Лоренца была получена в Петрограде. В личном фонде Д. С. Рождественского сохранился черновик ответного письма Лоренцу. В нем мы читаем: «Наблюдателю почти невозможно охватить все то тягостное, а с другой — бодрящее, всю радость и все отчаяние работать в мире, в котором мы сейчас живем и который представляет собою мир развалин и созидания. Воля и силы представляются стократно увеличенными чрезвычайным напряжением, но средства и инструменты для работы очень простые, часто отсутствуют, что оставляет неисполненными столько наших проектов и тщетными столько наших усилий. Я уже не говорю о тех потрясающих, подчас мрачных, впечатлениях той гигантской борьбы, которая происходит вокруг нас. В этих условиях, будучи отделены в течение стольких лет от научных кругов всего мира, мы боремся одни, не зная, не будут ли наши усилия и наши труды напрасны, не повторят ли они того, что уже сделано, не идут ли они по пути, оказавшемуся бесплодным. Вы можете себе представить какую радость доставил голос наших коллег по ту сторону рубежа, той группы ученых, которые протянули нам дружескую и гостеприимную руку»².

В письме Д. С. Рождественский выразил надежду на скорую встречу, а также сообщил, что А. Ф. Иоффе ведет в Москве по этому вопросу переговоры. 3 декабря 1920 г. Коллегия Наркомпроса признала крайне необходимой поездку Д. С. Рождественского за границу. Было решено использовать ее также и для закупки самого необходимого оборудования и инструментария для Академии наук и двух физических институтов — ГОИ и ГРиРИ. Ввиду значимости вопроса и необходимости выдачи золотой валюты он решался в высших правительственных инстанциях. Ука-

¹ Эренфест — Иоффе. Научная переписка (1907—1933 гг.). Л., Наука, 1973, с. 150, 151.

² ААН СССР, ф. 348, оп. 4, № 83, л. 1.



Д. С. Рождественский. 1922 г.

зание о выдаче валюты было получено А. В. Луначарским у В. И. Ленина. Непосредственно отвечал за использование валютного фонда заместитель председателя Совнаркома А. М. Лежава. Позднее, в 1928 г., обращаясь к нему по другому поводу, Д. С. Рождественский писал: «Глубокоуважаемый Андрей Матвеевич! Позвольте мне обратиться к Вам с просьбой о содействии в одном вопросе, который является решающим в дальнейшей судьбе ГОИ. Я делаю это потому, что считаю Вас одним из виновников расцвета Оптического института. Быть может, Вы припомните, как в 1921 г. Вы ассигновали по ходатайству З. Г. Гринберга на научное оборудование ГОИ 200 000 рублей валюты. Эта сумма, увеличенная падением валюты в Германии по крайней мере вдвое, дала такой обширный фонд приборов и оборудования, что теперь ГОИ может считаться одним из наиболее богатых среди всех других аналогичных учреждений Европы и Америки»³.

В марте 1921 г. Д. С. Рождественский, А. Ф. Иоффе и А. Н. Крылов выехали в Германию. Первая поездка

³ ЦГАНХ, ф. 3429, оп. 61, ед. хр. 1381, л. 6.

Дмитрия Сергеевича продолжалась до начала июня 1921 г., вторая — с 31 августа 1921 г. по 15 февраля 1922 г.

Быть может, главной задачей, выполненной Д. С. Рождественским во время заграничной поездки, была закупка различного оборудования для ГОИ и завода оптического стекла. Нет возможности даже кратко перечислить все, что было закуплено. А. И. Стожаров, известный специалист по оптическому стеклу и оптическим материалам, ученик и сотрудник академиков Д. С. Рождественского и А. А. Лебедева, вспоминает: «К 1923 году закончила свою работу комиссия, по рекомендациям которой под руководством Д. С. Рождественского приобреталось за границей научное оборудование на отпущенную правительством валюту (80 000 долларов). Финансовый кризис, поразивший после войны Германию, позволил на эти деньги, как писал Д. С. Рождественский, „купить чуть не всю оптическую Германию“. Кроме того, были приобретены уникальные приборы в Англии и Голландии, научная литература и высококачественное сырье для производства оптического стекла в условиях ЛенЗОСа. Д. С. Рождественский в этой работе проявил истинный советский патриотизм и увлеченность организаторской работой. Импортное оборудование поставлялось в ГОИ сотнями ящиков. Для приемки его в Физическом институте был организован специальный таможенный пункт. ГОИ стал на какой-то период одним из самых технически оснащенных институтов в мире. Этого не сумели добиться другие наши институты. Ведь не один только ГОИ получил тогда валюту на свое оборудование»⁴.

Как пример удачных действий закупочной комиссии во главе с Дмитрием Сергеевичем приведем такой факт из ее отчета: «В 1922 году фирме „Пауль Бунге“ в Гамбурге была заказана партия аналитических весов на сумму 511 408 марок (доллар стоил около 322 марок), должно было быть забронировано около 3198 рублей, на самом деле фирме было уплачено в золотом исчислении 1418 рублей»⁵. Выигрыш закупочной комиссии составил только в этой операции 1780 рублей.

⁴ Стожаров А. И. К 100-летию со дня рождения Д. С. Рождественского (1876—1940), с. 4.

⁵ Центральный государственный архив Октябрьской революции и социалистического строительства (в дальнейшем — ЦГАОРСС), ф. 1565, оп. 18, № 18, л. 42.



*На научной дискуссии в Тюбингене (1922 г.). Слева направо:
Д. С. Рождественский, П. С. Эренфест, В. М. Чулановский,
Х. Фюхтбауэр*

В Берлине удалось договориться о печатании научных работ русских ученых. Там, в частности, были опубликованы первые номера «Трудов ГОИ». В ряде научных центров Германии Д. С. Рождественский докладывал результаты своих работ, были организованы дискуссии с физиками и оптиками Германии, Голландии и других стран. Среди них были Г. Рубенс, Ф. Пашен, Х. Фюхтбауэр, П. Прингсгейм, М. Лауэ, Р. Ладенбург и другие. Приехавшие из Советской России А. Ф. Иоффе и Д. С. Рождественский вызвали глубокий интерес среди зарубежных физиков не только своими интересными и новыми работами, рассказами о новых научных центрах России. И в Германии, и позднее, по приезде в Петроград, Дмитрий Сергеевич получил немало писем с просьбами прислать оттиски своих работ от ученых, не имевших возможности увидеться с ним, а также с просьбами разрешить им поработать в ГОИ, поближе познакомиться с работой советских физиков, получить консультацию и т. п. Так, австрийский физик А. Смекаль (1895—1959) писал: «Глубокоуважаемый г. профессор! К моему величайшему сожалению, в прошлом

году осенью (1921 г. — *Авт.*) в Йене я не имел возможности представиться Вам и просить Вас об отгисках Ваших замечательных работ. К сожалению, здесь в Йене нам совершенно недоступны и недостижимы публикации Петербургского оптического института. Могу я позволить себе прежде всего направить г. профессору эту просьбу о нескольких отгисках Ваших работ? Кроме того, могу ли я переслать и представить (на отзыв) несколько моих еще не имеющих в отгисках публикаций? С наилучшими пожеланиями г. профессору, с глубочайшим уважением и преданностью Адольф Смекаль»⁶.

Чешский физик В. Долейшек просил разрешения поработать в ГОИ: «Многоуважаемый г. профессор! Я позволю себе обратиться к Вам с вопросом, нельзя ли некоторое время поработать в Вашей лаборатории? В настоящее время я покидаю Лунд и переезжаю в Прагу, где я буду работать в Чешском университете, и поэтому прошу прислать мне Ваш ответ туда. Одновременно, если это Вас не затруднит и при условии, если я могу надеяться на приглашение, я был бы очень благодарен, если Вы сообщите мне условия, в которых я буду жить и работать.» Возможно, от меня потребуется дать о себе подробные сведения, в том случае я охотно это сделаю. Прошу Вас, уважаемый г. профессор, также извинить меня за то, что я пишу по-немецки, но я ведь не знаю, понимаете ли Вы по-чешски⁷, а сам я не знаю русского. В ожидании Вашего положительного ответа. Доктор Долейшек. Лунд 3 мая 1921 г.»⁸

С просьбой дать консультацию и совет по вопросу о построении спектрографа с жидкой призмой обращается директор Физического института Стокгольмского университета Эрих Гультен⁹.

В первую часть поездки Дмитрий Сергеевич был в Тюбингене у известного спектроскописта Ф. Пашена, с которым обсуждал животрепещущие вопросы оптики и спектроскопии. После своего отъезда он получил любезное письмо от Пашена. «Дорогой профессор Рождественский! Вспоминаю о часах вашего дружеского визита, и радость, вызванная теплой дружбой с Вами во время Вашего пребывания у нас, пробудила во мне желание сказать Вам,

⁶ История и методология естественных наук, вып. III, с. 318.

⁷ Дмитрий Сергеевич хорошо знал чешский язык.

⁸ История и методология естественных наук, вып. III, с. 318.

⁹ Его письмо Д. С. Рождественскому опубликовано в сборнике «История и методология естественных наук» (вып. III, с. 322).

что еще ни один визит не производил на меня такого глубокого впечатления, как Ваш. Если позволят обстоятельства, то осуществится мое страстное желание навестить Вас, а также посмотреть при этом Ваш прекрасный институт в Петрограде. Я думаю, что Ваше исследование чрезвычайно точно совпадает с моим, и будет очень хорошо, если мы опять сможем обсудить все это. Между тем я позволю себе выполнить наконец свое обещание, данное господину Эренфесту (по поводу Вашего портрета). Хочется также добавить, что для меня было бы большой честью, если бы я мог повесить у своего письменного стола Ваш портрет как воспоминание о часах Вашего визита и о наших беседах. Я (от себя лично и от своих сотрудников) выражаю Вам и г. Чулановскому сердечную благодарность за чрезвычайную честь, которую Вы оказали нам своим визитом, и за то научное вдохновение, которое нам передалось при этом. С дружеским приветом Ваш преданный, глубокоуважающий Вас Ф. Пашен. 29/V 1921 г. Тюбинген»¹⁰.

В своей заграничной поездке Дмитрий Сергеевич устанавливает контакт с Нильсом Бором, который заинтересовался его идеями, связанными со строением атомов и атомных спектров, о чем будет сказано при рассмотрении научных работ Дмитрия Сергеевича. Рудольф Ладенбург, известный оптик, работавший в ряде физических центров Германии и США, чьи работы тесно перекликались с исследованиями Дмитрия Сергеевича, впоследствии приезжал в ГОИ, работал там некоторое время и вел с ним переписку.

Даже эти факты позволяют сделать вывод о том, что поездка Д. С. Рождественского за границу имела существенное влияние на установление научных связей с зарубежными физиками, без чего невозможно развитие науки.

¹⁰ История и методология естественных наук, вып. III, с. 322.

Начало производства оптического стекла в СССР

Период 1922—1927 гг. в жизни Д. С. Рождественского в первую очередь связан с работой по налаживанию производства оптического стекла в нашей стране.

При изучении истории создания производства оптического стекла в различных странах бросается в глаза то, что главная роль в создании этого производства принадлежала выдающимся физикам, занимавшимся научной оптикой. Так, с родоначальником оптического стекловарения Гинаном работал Фраунгофер, в создании производства оптического стекла в Англии принимали участие Стокс и Фарадей, во Франции — Араго. Наконец, в создании первоклассного оптического стекла в Германии главную роль сыграл известный оптик Аббе. Данное обстоятельство не является случайным и объясняется особенностями этого сложного производства. Физик-оптик, работая с оптическими приборами, конструируя их, знает, какими свойствами должно обладать стекло (показатели преломления, дисперсии и т. п.), а следовательно, может задать сортмент стекол, необходимых для производства. Кроме того, методы контроля свойств стекла, его отбраковка, изучение однородности, поглощения стекла также являются физическими вопросами и исследуются оптическими приборами, с которыми работает физик. Участие физика необходимо и для консультации по различным вопросам, возникающим в самом процессе производства, и т. д.

В нашей стране таким физиком-оптиком, который стал во главе этого дела, был Дмитрий Сергеевич Рождественский.

Хозяйственная разруха, поразившая страну в результате империалистической и гражданской войн, особенно тяжело сказалась на работе петроградских предприятий. Условия прифронтового города, отсутствие сырья, топлива, нехватка продовольствия, уход квалифицированных рабочих и инженеров на фронт и в более обеспеченные

продовольствием районы привели к тому, что большинство предприятий закрылось. Население Петрограда сократилось с 2420 тыс. (1917 г.) до 720 тыс. (1920 г.) человек. Стоимость валовой продукции в 1921 г. составляла 13% довоенной¹. В очень тяжелом положении оказался и отдел оптического стекла Государственного фарфорового завода. Д. С. Рождественский понимал, что начатое в 1915 г. дело может заглухнуть, исчезнуть, и, чтобы этого не случилось, он предпринял поистине героические усилия.

Следует заметить, что к этому времени все основные работники ушли из отдела оптического стекла. В феврале 1918 г. в Орел уехал И. В. Гребенщиков, ушел с завода и Н. Н. Качалов — технический руководитель отдела, уходили рабочие. В архивах тех лет сохранились многочисленные просьбы Д. С. Рождественского к руководству фарфорового, Обуховского и других заводов с просьбой выделить топливо, сохранить людей, причастных к производству оптического стекла; некоторых из них всеми правдами и неправдами он устроил в ГОИ, в частности, вернул в ГОИ И. В. Гребенщикова, принял на работу Н. Н. Качалова.

Серьезным затруднением в деятельности Отдела оптического стекла являлось и то, что он входил как составная часть в фарфоровый и стеклянный завод. Заводоуправление не считало этот отдел главным, уделяя основное внимание производству художественного и технического фарфора. Мало забот проявляло заводоуправление об обеспечении отдела сырьем, оборудованием. Наконец, заводоуправление не уделяло должного внимания предложениям консультантов завода, игнорировало их указания по вопросам об отжиге стекла, об исходных материалах и т. п. Дело доходило до того, что горшечная не отапливалась и горшки, просушка которых занимала многие месяцы, замерзали.

Выше, рассказывая о создании ГОИ, мы уже упоминали записки в Коллегию Наркомпроса Д. С. Рождественского и И. В. Гребенщикова «О выделении завода оптического стекла», «О значении завода оптического стекла для России»² и о том, что эти записки были встречены там с большим пониманием. В апреле 1919 г. состоялось решение о подчинении отдела оптического стекла в производственном отно-

¹ Ленинград. Энциклопедический справочник. М.—Л., Советская энциклопедия, 1957, с. 109.

² ГАОРССЛО, ф. 2555, оп. 1, № 157, л. 156—160, 164—165.

шении ГОИ, несколько позднее отдел, несмотря на противодействие правления фарфорового завода, был передан институту. В очень краткой автобиографии Д. С. Рождественского «Книга жизни и смерти», занимающей всего несколько рукописных страниц, в которую он вносил лишь самые важные события, написано: «1918 год. Демагогия Фрикена на заводе»³. Заводоуправление фарфорового завода заняло для своих нужд ряд помещений отдела. Так, в горшечной мастерской разместилась столярная мастерская, продавались сырые материалы, в частности 75 пудов сурика, увезена дробилка из глиняной мастерской⁴.

Большое значение для дальнейшей работы выделившегося завода оптического стекла имело участие Д. С. Рождественского в работе комиссии по разделению заводов, о чем он впоследствии писал: «Я не помню такого яростного торга из-за каждой комнаты, из-за каждого инструмента, из-за каждой пяди земли, какая происходила тогда в кабинете зав. отделом Наркомпроса М. П. Кристи и в котором от лица ГОИ сражался кажется я один»⁵.

Д. С. Рождественский проделал огромную работу в попытках пустить производство снова в ход. Для этого необходимо было получить топливо. Кроме Наркомпроса, в ведении которого находился завод, он обращался в Чрезвычайную комиссию по снабжению Красной Армии и Флота, в правление Обуховского завода⁶. Тяжелое хозяйственное положение страны не позволило пустить завод в ход, однако ценой больших усилий удалось поддерживать необходимую температуру в горшечной, производить доработку выплавленного ранее стекла, а затем сохранить завод путем консервации. Некоторое количество стекла, правда очень незначительное, было передано заводам для выработки оптических инструментов.

Д. С. Рождественский старался привлечь внимание общественности, хозяйственных органов к производству оптического стекла. Этой цели служили его выступления на I съезде физиков (Петроград, 1919 г.), на III Менделеевском съезде. В протоколах последнего есть резолюция общего собрания от 1 июня 1922 г.:

³ ААН СССР, ф. 341, оп. 2, № 32, л. 12. П. А. Фрикен — инженер, тогда директор Фарфорового завода, противник выделения отдела.

⁴ ГАОРССЛО, ф. 1181, оп. 5, № 1, л. 36.

⁵ ААН СССР, ф. 341, оп. 2, № 16, л. 5.

⁶ ГАОРССЛО, ф. 2560, оп. 1, № 26, л. 13, 14.

«III Менделеевский съезд 1) учитывая огромное значение производства оптического стекла для целей научного исследования, для нужд мирной промышленности и в особенности для потребностей военного и морского дела в стране;

2) считаясь с фактом широкого послевоенного развития этого производства во всех больших странах (Германия, Англия, Франция и Америка);

3) отмечая шаги, сделанные уже в этом направлении в нашей стране, считает необходимым обратить особое внимание на поддержание указанного производства в России. Глубоко неправильно и непростительно было бы дать заглухнуть производству оптического стекла в России даже в трудное переживаемое время.

Руководствуясь этим, III Менделеевский съезд считает необходимым в целях охраны начатого дела возбудить вопрос об организации постоянной комиссии в составе 6 представителей от 1) Академии наук, 2) Постоянного комитета Менделеевских съездов, 3) Ассоциации физиков, 4) Гос. Оптического института, 5) Артиллерийского ведомства, 6) Морского ведомства. Организованная таким образом Комиссия поставит себе целью наблюдать за поддержанием деятельности по производству оптического стекла до тех пор, пока оно не станет на твердую почву»⁷.

Коллегия Наркомпроса 8 марта 1922 г. приняла решение о необходимости срочного пуска завода, однако недостаток средств не позволил произвести все необходимые работы. Осенью 1922 г. Рождественский обращается с письмом в научно-технический отдел ВСНХ, а 14 сентября 1922 г. выступает с докладом в секторе прикладной физики НТО ВСНХ, где было решено поддержать предложение Дмитрия Сергеевича о передаче завода оптического стекла в ведение ВСНХ и скорейшем его пуске⁸.

Понимая оборонное значение оптического стекла, как главной части военных оптических приборов, и правильно считая, что республика, находящаяся в кольце империалистических государств, не может жалеть средств для своей защиты, Дмитрий Сергеевич добивается включения завода оптического стекла ГОИ в число тех предприятий, которые подчиняются Главному управлению военной промышленности (ГУВП) ВСНХ. Передача завода в ве-

⁷ Сообщения о научно-технических работах в Республике, вып. 11. Петроград, 1923, с. 191.

⁸ ЦГАОРСС, ф. 3429, оп. 80, № 116, л. 91.

дение ГУВП давала ряд преимуществ: более интенсивное финансирование, возможность более тесной связи с заводами оптических инструментов, находившихся в ведении ГУВП, наконец, при ГУВП создавался еще один завод оптического стекла в Изюме.

Непременным условием передачи отдела оптического стекла из ведения ГОИ в ведение ГУВП Д. С. Рождественский считал сохранение тесной связи ГОИ и завода. В декабре 1923 г. были получены первые ассигнования от ГУВП и завод оптического стекла (ЛенЗОС) приступил к работе. Таким образом, Д. С. Рождественскому принадлежит решающая заслуга в выделении производства оптического стекла в отдельное предприятие и передаче завода в ведение ГУВП, что и позволило пустить производство в ход. Следует заметить, что Дмитрию Сергеевичу пришлось упорно бороться с противодействием этому не только со стороны фарфорового завода, но и треста точной механики. Руководство фарфорового завода резко выступило против передачи завода в ведение ГУВП, защищая свои узковедомственные интересы, не верило в возможность его успешной работы, что отразилось в письме директора фарфорового завода в Главнауку Наркомпроса⁹. Руководители треста точной механики, справедливо критикуя качество стекла, которое изготовлялось отделом оптического стекла фарфорового завода, считали невыгодным организовывать производство оптического стекла в стране, настаивали на закупке его за границей. Они внесли в ВСНХ план преобразования работы треста, который при его осуществлении сохранял положение, аналогичное тому, что было и до революции. В письме в Президиум ВСНХ технический директор треста Саркин и коммерческий директор Зайдель писали: «Надо изменить конституцию треста и сделать его из производственного органа органом торгово-промышленным с автономным правом выписывать из-за границы полуфабрикаты и сборкой их у себя на заводах. Трест, безусловно, приобретает жизненное значение. Он как бы представит огромную сборочную мастерскую»¹⁰. И далее в письме председателю правления Главметалла: «Надо, чтобы реформа работы треста протекала по правильному пути, не погружаясь в исчисления и конструирования вновь того,

⁹ ЦГАОРСС, ф. 2307, оп. 2, № 173, л. 98.

¹⁰ Там же, ф. 3429, оп. 83, № 564, л. 46.

что, быть может, уже устарело или практически уже применено в передовых промышленных странах»¹¹. Против таких планов боролся Д. С. Рождественский, который считал, что СССР должен стать абсолютно независимым и в такой отрасли промышленности, как оптическая, имеющая важное оборонное значение.

Чтобы оттенить трудности, стоявшие перед ним в деле организации производства оптического стекла, можно привести такой пример. В первые годы революции профессор Б. С. Швецов предпринял попытки организовать производство оптического стекла в Москве. Лабораторные исследования физико-химических свойств стекла, предпринятые им вначале в МВТУ, а затем на Государственной исследовательской стекольно-керамической станции, привели к мысли о возможности получения некоторых сортов стекол с высокой однородностью. 23 декабря 1920 г. Коллегия Главстекла решила организовать опытную установку по варке оптического стекла «Оптстекло» при заводе Невского общества (б. завод Таубера)¹². Были построены стекловаренная и две вспомогательные печи. Однако отсутствие сырья, топлива не позволили приступить к работе, и дело заглохло.

В несколько лучшем положении оказался Изюмский завод оптического стекла, который находился в ведении военного ведомства. Уже в 1920 г. были выделены средства для достройки завода. Не ожидая окончательного завершения работ, были начаты опытные варки. 25 сентября 1921 г. было получено первое оптическое стекло, сносное по качеству¹³. Однако в дальнейшем плохое по качеству сырье, недостаточное его количество, нехватка топлива и другие производственные трудности не давали возможности окончательно наладить производство. Техническими руководителями завода были профессора Г. Ю. Жуковский и Ф. Ю. Биске, инженер К. П. Мельников.

Конец 1923 г. можно считать переломным в жизни заводов оптического стекла. Улучшение общего положения в стране, объединение заводов в одном ведомстве, наличие такого научного руководителя, как ГОИ, накопившего к тому времени много ценных материалов, позволили заводам быстро пойти в гору.

¹¹ Там же, л. 42.

¹² Там же, оп. 80, № 118, л. 2.

¹³ Там же, ф. 2097, оп. 6, № 10, л. 12.

Пуск ЛенЗОСа и внимание к нему со стороны руководящих деятелей ВСНХ, взявших этот завод в свое ведение, во многом объяснялись не только докладными записками и устными выступлениями Д. С. Рождественского в различных институтах, но и его знаменитой «Запиской об оптическом стекле» (1922 г.) — своеобразной поэмой о стекле. В дальнейшем «Записка» была опубликована в «Трудах ГОИ»¹⁴. В ней Дмитрий Сергеевич рассматривает историю производства оптического стекла в разных странах, составляет хронологическую схему этого производства — своеобразное родословное древо, многие ветви которого заканчивались трагическими словами «прекратилось». Он подчеркивает и требует, чтобы этими словами не закончились попытки производства стекла в нашей стране. Написанная в духе лучших образцов популяризаторского очерка, статья дает возможность ясно представить, что такое оптическое стекло и его производство, для чего оно нужно, каковы его трудности, намечает возможности прогресса этого производства, характеризует начальные этапы его развития в стране начиная с 1915 г. Понятно, что отношения, направленные в различные инстанции, к которым прикладывалась «Записка об оптическом стекле», не могли не вызвать отклика, от них нельзя было отмахнуться. Быть может, этим и объясняется во многом тот успех, которого добился Д. С. Рождественский в привлечении внимания руководящих органов к производству оптического стекла в стране в те годы, когда проблем было много, когда у страны была масса первоочередных, не терпящих отлагательства задач.

За очень краткий срок (декабрь 1923 г. — январь 1924 г.) завод был расконсервирован и подготовлен к пуску. В феврале 1924 г. начались первые плавки оптического стекла. Большое значение для начала деятельности завода имели стекловаренные горшки, спасенные на законсервированном заводе от вымерзания благодаря усилиям Дмитрия Сергеевича, сырье и необходимые компоненты для варки, закупленные во время заграничной командировки.

Для организации научного руководства производством при ЛенЗОСе был создан технический комитет, в который вошли Д. С. Рождественский и И. В. Гребенщиков, кроме них, непосредственное участие в работе завода

¹⁴ Труды ГОИ, 1932, т. 8, вып. 84; *Рождественский Д. С. Избранные труды.* М.—Л., Наука, 1964, с. 232—250.

принимали ученики Д. С. Рождественского — А. А. Лебедев и А. И. Стожаров.

В первое время главной задачей ЛенЗОСа являлось восстановление производства старых сортов и расширение каталога оптических стекол. Типы новых сортов давались ГОИ, все плавки проводились под наблюдением его сотрудников.

Кроме непосредственной работы по пуску завода в ход и налаживанию производства оптического стекла в стране, Дмитрий Сергеевич организовал и участвовал в ряде научных работ, нашедших непосредственное применение в оптической стекольной промышленности. К ним относятся в первую очередь вопросы однородности стекла и его отжига. Для изучения однородности стекла требовалось найти быстрые методы определения коэффициентов преломления, дисперсии, наличия свилей (потеков в толще стекла) и т. п. Этим и начал заниматься Физический институт Петроградского университета, руководимый Рождественским. Начиная с 1915 г. Дмитрий Сергеевич привлек к работе оставленного для подготовки к профессорскому званию И. В. Обреимова. Были рассмотрены различные способы измерения коэффициентов преломления и найдено несколько оригинальных. Так, Рождественский предложил иммерсионный метод, который и был детально разработан И. В. Обреимовым.

Обычные методы измерения коэффициентов преломления с помощью рефрактометра требуют шлифовки и полировки образца, что отнимает много времени и труда. Из-за этого не представлялось возможным после завершения плавки узнать, насколько она получилась однородной. Необходим был метод быстрого и точного (до одной-двух единиц пятого десятичного знака) измерения малых разностей коэффициентов преломления по обломкам стекла одной плавки. Этим требованиям отвечал иммерсионный метод. Суть его в следующем. Если прозрачный и бесцветный предмет (кусочек стекла) погрузить в жидкость с одинаковым коэффициентом преломления, то он становится невидимым, поскольку у поверхности предмета не происходит ни преломления, ни отражения света. Для определения коэффициента преломления данного предмета достаточно определить коэффициент преломления жидкости, в которой он находится, — операция значительно более простая, чем измерение величины n для твердого образца (стекла). Имея две смешивающиеся

Т Р У Д Ы
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОПТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

ЛЕНИНГРАД

Travaux de l'Institut d'Optique à Leningrad

Transactions of the Optical Institute in Leningrad

Verhandlungen des Optischen Instituts in Leningrad

Том VIII

ВЫПУСК 84

Д. С. Рождественский. Записка об оптическом стекле

ЛЕНИНГРАД

ИЗДАНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО ОПТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

1932

Титульный лист выпуска «Трудов Государственного оптического института» с «Запиской об оптическом стекле» Д. С. Рождественского

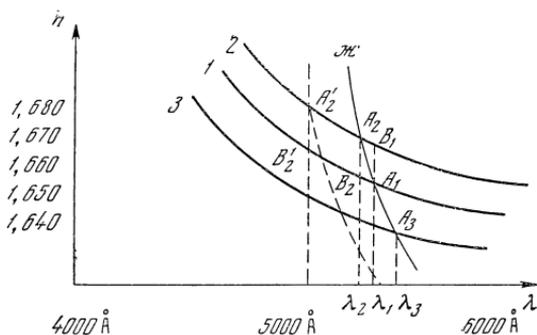


Рис. 1. Кривые зависимости коэффициента преломления от длины волны стекла и жидкости

жидкости, например этиловый спирт с коэффициентом преломления $n=1,36$ и сероуглерод с $n=1,62$, можно составить смесь, в которой будут невидимы предметы с n в промежутке между 1,36 и 1,62. Это рассуждение строго справедливо при освещении кювета с жидкостью и стеклом светом определенной длины волны падающего света. В частности, указанные выше значения n справедливы для длины волны желтой линии натрия λ_0 . Стекло, невидимое в подобранной жидкости для одной длины волны λ , становится видимым при освещении светом с длиной волны большей или меньшей этого значения λ .

Если взять три куска стекла из одной плавки, то их коэффициенты преломления отличаются не очень сильно. Кривые их дисперсии (1, 2, 3) представлены на рис. 1. Дисперсия в жидкости выражена резче, и соответствующая кривая идет круче, чем у стекла (кривая Ж).

Как видно из рис. 1, кривые дисперсии 1, 2, 3 просто смещены в вертикальном направлении одна относительно другой, так что разность коэффициентов преломления двух кусков стекла (например, 1 и 2) равна этому смещению. Чтобы определить его величину, надо знать ход дисперсии жидкости, а также кривую дисперсии одного из кусков стекла, принимаемого в качестве эталона, для которого величины n определяются с помощью рефрактометра. Для измерений используется монохроматор, позволяющий направлять на объект (кювета с жидкостью и образцами) свет определенной длины волны. При ней один из образцов становится невидимым. Если это образец 2, то тем самым находится точка A_2 , представляющая

собой пересечение кривых дисперсии жидкости и образца 2. Точно так же может быть найдена точка A_1 .

Таким образом, измерения по методу Обреимова сводятся к определению λ на барабане монохроматора, при которой исчезает видимость того или иного образца, и графическому определению расстояния A_2B_2 (или равного ему A_1B_1).

Для определения разности коэффициента преломления двух кусков стекла требуется всего несколько секунд.

Большое значение для получения точного результата имеет однородность жидкости внутри кюветы, поэтому жидкость непрерывно перемешивается. Изменение температуры не столь существенно, если оно происходит по всей массе и не скачком, так как определение расстояния AB длится всего несколько секунд и за это время кривая дисперсии жидкости лишь опускается вниз или поднимается вверх (на рис. 1 изображено пунктиром).

Особое значение для экспрессного определения показателей преломления метод Обреимова получил позднее, когда он был приспособлен А. А. Лебедевым к определению коэффициента преломления стекла во время плавки. Способ заключался в следующем. Проба варящегося стекла после быстрого охлаждения (закалки) отжигалась вместе с эталоном ранее сваренного стекла того же сорта, коэффициент преломления которого был уже определен. Разность в коэффициентах преломления находилась по методу Обреимова в течение 30—35 минут, что и позволяло предсказать коэффициент преломления варящегося стекла, а это, в свою очередь, давало возможность подгонять его и тем избавиться от одного из самых распространенных видов брака — неконстантности коэффициента преломления. О точности предсказания коэффициента преломления по этому способу можно судить по таблице¹⁵, приведенной на стр. 116.

Из таблицы видно, что лишь плавка 672 дала значительное расхождение с предсказанием.

Начиная с декабря 1924 г. плавки флинтгов на ЛенЗСО проводились по этому методу, что позволило значительно уменьшить брак. Из 30 плавков флинтгов, проведенных до марта 1925 г., путем исправления шихты во время плавки лишь две дали ошибку в коэффициенте преломле-

¹⁵ Таблица составлена на основании «Отчета ЛенЗСО с момента пуска до 1/X—24 г.» (ЦГАОРСС, ф. 2097, оп. 6, № 216, л. 1—56).

№ плавки	Сорт по каталогу ЛенЗОС	Предсказанный коэффициент преломления	Действительное значение	Ошибка
651	С 8	1,6147	1,6148	$1 \cdot 10^{-4}$
671	С 9	1,6162	1,6162	0
672	С 8	1,6119	1,6116	$3 \cdot 10^{-4}$
676	С 1	1,5142	1,5141	$1 \cdot 10^{-4}$
679	С 1	1,5141	1,5141	0
680	С 4	1,5410	1,5410	0
681	С 4	1,5407	1,5407	0

ния на одну единицу четвертого знака, хотя по предсказанию за пределы нормы должны были выйти 17 плавок ¹⁶.

В ГОИ был проведен анализ отклонений действительных значений n от значений, даваемых в каталогах стекол различных заводов. Оказалось, что вне допусков по коэффициенту преломления у Парра-Мантуа до 30% стекол, Шотта — до 50%, у ЛенЗОС — 22%, причем надо отметить, что стекла иностранных заводов считались годной продукцией, а данные по ЛенЗОС относились ко всем плавкам, без учета отбраковки ¹⁷.

Особое значение метод Обреимова — Лебедева сыграл в пробных плавках при выработке новых сортов стекол, ускоряя этот процесс в несколько раз, а кроме того, позволяя делать минимальное количество плавок, так как можно было непрерывно измерять оптические постоянные с изменением состава шихты. Позднее метод исправления оптических постоянных в процессе самой плавки был распространен и на другие сорта стекла, т. е. на кроны, где было необходимо учитывать и дисперсию. В этой работе принимали участие А. Н. Захарьевский и А. А. Лебедев.

Для определения коэффициентов преломления в стеклах определенной формы (тонкие клинья) Д. С. Рождественский предложил, а И. В. Обреимов разработал оригинальный метод без употребления специальных приборов, основанный на явлении интерференции при прохождении света через пластинки разной толщины ¹⁸.

¹⁶ ЦГАОРСС, ф. 2097, оп. 6, № 347, л. 58.

¹⁷ Там же, л. 9.

¹⁸ Обреимов И. В. Определение показателя преломления без приборов. — Труды ГОИ, 1923, т. 3, вып. 17, с. 19.

А. А. Лебедев сконструировал прибор для очень точного определения коэффициента преломления с точностью до шестого знака после запятой. Этот прибор описан им в статье «Об отжиге оптического стекла»¹⁹. Им же был создан поляризационный интерферометр, позволяющий оценивать изменения в коэффициентах преломления с точностью до седьмого знака, который мог применяться для изучения тонких свилей.

Под руководством Д. С. Рождественского и при его ближайшем участии всесторонне изучалась свильность стекла, метод отбраковки стекла со свиллями, предупреждения свилеватости. В ГОИ был разработан и передан на ЛенЗСОС объективный метод обнаружения свилей — метод светящейся точки, заменивший субъективный метод, применявшийся на зарубежных заводах и зависевший от опыта браковщика. Г. Н. Раутиан по идее Д. С. Рождественского создал прибор для стереоскопического обнаружения свилей, позволяющий определить их местоположение в куске оптического стекла. В ГОИ проводились опыты в платиновых тиглях, а также по выпуску смерча, возникающего при перемешивании стекла, через отверстие в дне сосуда.

Разработанные в ГОИ методы обнаружения различных дефектов оптического стекла и технические условия на его приемку были доложены Д. С. Рождественским и приняты первым Научно-техническим совещанием по вопросам оптической промышленности 10—18 июня 1924 г. На этом же совещании по докладу Д. С. Рождественского была принята программа последовательного введения новых сортов стекол. Дмитрий Сергеевич справедливо считал, что заводы оптического стекла должны уметь в кратчайший срок варить любой сорт, заданный вычислителем, так как только на таком пути возможен прогресс в качестве оптических инструментов. Поэтому с первых дней существования ГОИ он пригласил туда И. В. Гребенщикова для создания химической лаборатории с целью изучения зависимости оптических свойств стекла от его состава, что и позволило выбирать наиболее ценные сорта стекол.

Нужно отметить, что академик И. В. Гребенщиков — один из крупнейших советских химиков и крупнейший

¹⁹ Труды ГОИ, 1923, т. 3, вып. 24.

специалист по оптическому стеклу — не являлся прямым учеником Д. С. Рождественского, однако несомненно его влияние на формирование молодого тогда ученого. В своей автобиографии, относящейся к концу 30-х годов, И. В. Гребенщиков писал: «На его интеллектуальное развитие влияла главным образом работа совместно с проф. Пушиным, с которым он работал первые годы по окончании университета, а также участие в различных научных химических и физических кружках и обществах. В этом отношении особенно много дал семинарий проф. Рождественского в Физическом институте университета»²⁰.

Крупным недостатком русского оптического стекла являлась его окрашенность, что увеличивало поглощение света стеклом. Некоторые заграничные фирмы и Изюмский завод оптического стекла, чтобы устранить этот недостаток, который был легко заметен, обесцвечивали стекло различными добавлениями, что часто увеличивало поглощение. Рождественский на Первом научно-техническом совещании резко выступил против применения этого способа, считая, что главным является светопоглощение и нужно искать и уничтожить причину окрашенности стекла, а не искусственно замазывать этот недостаток. В ГОИ по инициативе Д. С. Рождественского были предприняты работы в этом направлении. Его ученики А. Н. Филипов, Л. И. Демкина и их сотрудники установили, что причиной окрашенности стекла является наличие ничтожных количеств сильноокрашающих веществ: окиси хрома, соединений железа и т. п. Из этих работ выросла цветовая лаборатория, сыгравшая впоследствии важную роль при налаживании производства цветного оптического стекла на Изюмском заводе.

Одним из важных и наименее изученных процессов при изготовлении оптического стекла являлся отжиг. Дмитрий Сергеевич придавал этому процессу особое значение и в 1915 г. поручил А. А. Лебедеву заняться изучением отжига в Физическом институте Петроградского университета. Исследование велось как лабораторным путем, так и в оптическом отделе фарфорового завода. В протоколе третьего заседания (октябрь 1915 г.) Комиссии по изготовлению оптического стекла отмечено: «Д. С. Рождественский заявляет, что необходимо немедленно приступить к испытаниям по отжигу стекла в более

²⁰ ААН СССР, ф. 826, оп. 1, № 40, л. 7.

толстых пластинках, так как опыты эти требуют много времени и может случиться, что варка стекла будет налажена, а вопрос с отжигом не будет решен. Поэтому считает сейчас своевременным обсудить вопрос о постройке печей для отжига, а пока продолжать опыты в существующих на заводе муфелях. Критерием достаточности отжига может служить отсутствие темных фигур с резко выраженными краями при рассмотрении стекла в проходящем поляризованном свете»²¹.

Лебедеву удалось выполнить фундаментальную работу, выяснившую природу этого процесса, и найти практические рецепты для рационализации отжига оптического стекла. Основные результаты ее изложены в статьях «О полиморфизме и отжиге оптического стекла» и «Об отжиге оптического стекла»²².

Отжиг — завершающая операция в стекловарении, заключающаяся в том, что куски стекла постепенно разогревают, а затем медленно охлаждают.

Если нагреть свободное от напряжений стекло в виде пластины или шара до невысоких температур — порядка 100—200° С, то благодаря слабой теплопроводности стекла температура внутренних его слоев будет ниже наружных, т. е. возникнет некоторый перепад температур. Наружные слои при нагревании стремятся расшириться, а менее нагретые внутренние будут препятствовать этому. В результате внутренние слои окажутся упруго растянутыми, в них возникнут упругие напряжения, которые сохранятся до тех пор, пока сохранится перепад (градиент) температур. При выравнивании температур (например, при длительной выдержке в определенной температуре) упругие напряжения исчезают.

При охлаждении стекла, нагретого до не очень высокой температуры, также возникнет перепад температур: внутренние слои будут охлаждаться медленнее наружных. В этом случае распределение напряжений будет иным — внутренние слои окажутся сжатыми. Но едва температура всех слоев стекла после охлаждения выравнивается, возникшие напряжения исчезнут. Такие напряжения называют временными температурными напряжениями.

Другая картина наблюдается, когда стекло нагревают

²¹ Центральный государственный исторический архив Ленинграда (в дальнейшем — ЦГИАЛ), ф. 503, оп. 4, № 205, л. 140.

²² Труды ГОИ, 1921, т. 2, вып. 10; там же, 1923, т. 3, вып. 24.

до высоких температур — порядка $600\text{--}700^\circ\text{C}$, при которых оно начинает размягчаться или течь под действием силы тяжести или напряжений. Конечно, в этом случае после определенной выдержки стекла напряжения, возникшие в ходе нагревания, исчезают. Если же такое стекло быстро остудить, то остывающие быстрее наружные слои, затвердев быстрее внутренних, будут препятствовать последним сжиматься при охлаждении, и они окажутся упруго растянутыми. Напряжения, возникшие во внутренних слоях стекла, при полном его охлаждении не исчезнут. Именно такие «закалочные» напряжения появляются при быстром охлаждении расплавленного в процессе варки стекла.

Устранение возникающих напряжений считалось основной задачей отжига. С этой целью стекло снова нагревали до температуры, при которой становились возможными пластические деформации, выдерживали его, пока не исчезали упругие напряжения, и затем очень медленно охлаждали, чтобы не возникало заметного перепада температур и связанных с ним напряжений. Напряжения, оставшиеся в отожженном стекле, были невелики. Ученые искали возможности ускорения процесса отжига. Наиболее значительные результаты до А. А. Лебедева получили Адамс и Вильямсон в США.

Однако оставалось неясным, почему и в какой мере напряжения вредны для оптического стекла. А. А. Лебедев впервые подошел к проблеме отжига с иных позиций, взяв за основу влияние изменений температуры на коэффициент преломления стекла. Он обратил внимание на известный факт, что коэффициент преломления быстро охлажденного (закаленного) стекла меньше, чем отожженного стекла, и нередко на весьма значительную величину (несколько единиц третьего десятичного знака). Такое различие не могло быть объяснено одними напряжениями, даже в плохо отожженном стекле коэффициент преломления не меняется из-за напряжений более чем на несколько единиц пятого знака.

Лебедев экспериментально установил, что если куски предварительно отожженного, т. е. лишенного напряжений, стекла нагревать до различных температур, а затем быстро охлаждать (закачивать), то коэффициент преломления их будет зависеть от температуры, при которой они были вынуты из печи. При этом оказалось, что нагревание до 520°C не влечет за собой появления

остаточных изменений величины n — коэффициент преломления возвращался к первоначальному значению. В то же время при нагревании стекла до температур от 520 до 630° С коэффициент преломления уменьшался примерно на $450 \cdot 10^{-5}$. Отсюда следовал вывод, что при нагревании до температур, меньших 520° С, изменение коэффициента преломления стекла n (плавный рост и последующее возвращение к исходному значению) является чисто температурными изменениями. Если же стекло нагрето выше 520° С, то появляющиеся остаточные изменения коэффициента преломления следует рассматривать как результат структурных превращений в стекле, которые при быстром охлаждении не успевают завершиться в обратном направлении. Остаточные структурные превращения стекла неравномерны по объему, что приводит к оптической неоднородности стекла — коэффициент преломления меняется от точки к точке.

Таким образом Лебедев пришел к важному выводу: задачей отжига является не только и не столько устранение внутренних напряжений, сколько уменьшение структурных неоднородностей по объему стекла и связанной с ними оптической неоднородности.

Согласно Лебедеву, структурные превращения представляют собой переход стекла из одной модификации в другую (превращение α -кварца в β -кварц при повышении температуры и обратно). При отжиге каждой температуре стекла отвечает свое равновесное состояние (определяемое соотношением между количествами α - и β -кварца), к которому стремится стекло при достаточно долгом выдерживании при этой температуре. Каждому равновесному состоянию соответствуют определенные равновесные значения физических констант, в том числе и коэффициента преломления. Графическое изображение равновесных значений коэффициента преломления как функции температуры Лебедев назвал равновесной кривой. На рис. 2, показывающем изменение с температурой коэффициента преломления призмы из отожженного баритового легкого флинта, прямая MN есть равновесная кривая. Знание равновесной кривой позволяет судить о том, в каком направлении будут происходить структурные изменения коэффициента преломления. Так, пока стекло находится слева от этой кривой, структурные изменения величины n могут идти только в сторону увеличения, если же справа, то в сторону уменьшения,

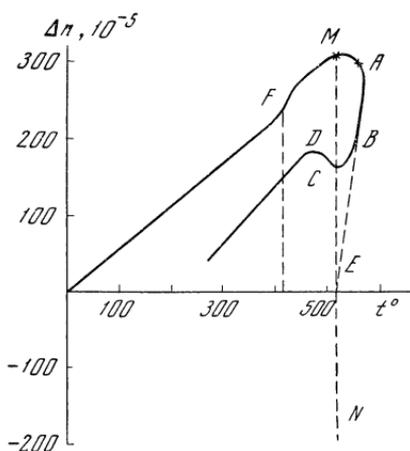


Рис. 2. Зависимость коэффициента преломления стекла (отожженного баритового легкого флинта) от температуры

также увеличивает n , так как n стремится к равновесному значению. После перехода равновесной кривой вторая причина работает на уменьшение n , являясь главной, загибает кривую $\Delta n = f(t)$ вниз. На участке AB изменение Δn обусловлено только структурными превращениями, и если достаточно долго поддерживать температуру неизменной, то мы пришли бы в точку E по прямой AE . На участке BE работают оба фактора на уменьшение. После вторичного перехода через равновесную линию структурные изменения стараются увеличить n и в критической области обуславливают его рост (участок CD). По выходе из критической области опять действует только первый фактор. В результате такого процесса получается уменьшение показателя преломления.

Таким образом, знание равновесной кривой для данного сорта стекла помогает регулировать процесс отжига, а также получать наперед заданные изменения в показателе преломления путем изменения режима отжига.

А. А. Лебедев разработал способ нахождения равновесной кривой для различных сортов стекол, получивший название «метода петель». А. А. Лебедев и А. И. Стожаров построили равновесные кривые для ряда стекол. А. И. Стожаров определял равновесные кривые также и методом длительного выдерживания стекол при данной

поскольку n при данной температуре стремится к равновесному значению. На рис. 2 можно проследить влияние на изменение коэффициента преломления обоих факторов, рассматриваемых в теории отжига Лебедева: изменения температуры самого по себе (температурное изменение n) и структурных превращений. До температур порядка 450°C n меняется только за счет роста температуры. При подходе к критической области сказывается и второй фактор, который

температуре, подходя к равновесной кривой как снизу, так и сверху. Оказалось, что для стекол, рассмотренных им, равновесная кривая суть прямая, наклон которой зависит от сорта стекла. А. И. Стожаров нашел также скорость структурных изменений в стекле²³. Оказалось, что скорости зависят от температуры, сорта стекла и разности коэффициентов преломления в данный момент и в равновесном состоянии при той же температуре. Формула Стожарова выглядит так:

$$\frac{dn}{d\tau} = \pm A (N - n)^2, \quad (1)$$

$$\text{где } A = 10^{kt^{\circ} - L} \quad (2)$$

τ — время, N — коэффициент преломления в равновесном состоянии, n — коэффициент преломления в данный момент, t° — температура, k и L — постоянные величины для данного сорта. Знак зависит от подхода к равновесной прямой, так как при отжиге подход осуществляется снизу, знак минус можно опустить. Знание формул (1), (2) и уравнения равновесной прямой $N = -at^0 + b$ позволяет построить рациональный способ отжига стекла, в частности с наименьшим временем.

Работы А. А. Лебедева и А. И. Стожарова позволили устранить дефекты отжига по методу Адамса—Вильямсона. Как уже отмечалось выше, по этому методу режим отжига зависел от размеров плиток, что приводило к тому, что для плиток различных размеров отжиг производился по-разному, а значит, и показатель преломления отличался на значительную величину. Для плиток небольших размеров имело смысл за счет некоторого увеличения натяжений, не игравших значительной роли в качестве стекла, получить постоянную в показателе преломления, т. е. нужно их отжигать вместе по рецепту, подобранному для больших плиток.

А. А. Лебедев и А. И. Стожаров практически руководили процессом отжига на ЛенЗСОС, значительно сократив время отжига, улучшив качество отожженного стекла, реконструировали электрические печи для отжига, добившись большей равномерности при нагревании, что ликвидировало температурный градиент в печи, сказываю-

²³ Изменение показателя преломления стекла при высоких температурах в связи с вопросом об отжиге стекла. — Труды ГОИ, 1928, т. 4, вып. 39.

пидийся на увеличении натяжений. Наконец, изменяя процесс отжига, можно было менять в довольно широких пределах показатель преломления. Этот способ используется на многих заводах. Теория отжига Лебедева позволила создать методику изготовления водомерных стекол для паровых котлов высокого давления, использованную при изготовлении на ЛенЗОСе клинчатых и закаленных стекол. Теория отжига Лебедева позволила правильно поставить процесс отжига громадных астрономических дисков и значительно ускорить его. Работы А. А. Лебедева и А. И. Стожарова внесли полную ясность в теорию отжига. Научное руководство ГОИ заводом помогло последнему быстро наладить дело и начать производство оптического стекла, сначала старых сортов. Рост производства отражает следующая таблица ²⁴ выплавки стекла по месяцам 1924 г.

Месяц	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль
Выплавка, в кг	1522	4685	4391	4584	5419	6273

Такой быстрый успех казался чудом. В заключительном слове на Первом научно-техническом совещании по вопросам оптической промышленности Д. С. Рождественский говорил об этом: «Приехавшим из Москвы как-то не верилось, что в руках Н. Н. Качалова живой труп ЛенЗОСа сразу стал на ноги и сразу зашагал. Думали, что это будет стадия эксперимента, сомневались, критиковали. Все нападки удалось опровергнуть самым решительным образом. Стекло удовлетворительное» ²⁵.

Опытный отдел сразу же начал разработку производства новых сортов. К марту 1925 г. было выработано девять новых сортов, поднялась и выплавка — в марте 1925 г. было выплавлено 13 314 кг ²⁶. Выплавка новых сортов порождала трудности, с которыми боролся опытный отдел, вводя целый ряд новшеств. Так, при варке сорта С-18-флинта, содержащего около 65% свинцового сурика,

²⁴ ЦГАОРСС, ф. 2097, оп. 6, № 216, л. 17.

²⁵ Там же, № 291, л. 191.

²⁶ Там же, № 347, л. 2.

сильно разъедающего горшок, был найден новый способ варки в два приема. Вначале варили бой с большим содержанием свинца и затем, измельчив его в порошок и смешав с добавочным количеством сурика, плавили вновь. Сурик не стекал на дно, так как задерживался порошком, размягченным при сравнительно низкой температуре. Обычные способы варки этого сорта не удавались.

Параллельно опытный отдел во главе с ГОИ тщательно изучал процесс перемешивания стекла и связанных с ним явлений — вязкости стекла, его электропроводности с целью разработать наиболее рациональные способы перемешивания. А. А. Лебедев продолжил работу по определению зависимости вязкости стекла от температуры, начатую еще в студенческие годы.

Вязкость стекла определялась по сопротивлению, которое оказывает стекло при вращении погруженного в него металлического шара. Шар вращался на стальной струне и приводился в движение часовым механизмом. По кругу с делениями определялся угол закручивания проволоки. Градуирование прибора производилось в пачке определенной концентрации, абсолютная вязкость которой определялась по методу падения шарика в вязкой жидкости. Изучался вопрос о скорости движения мешалки как экспериментально, так и теоретически. В частности, Рождественский привлек к этому делу своего ученика, впоследствии одного из крупнейших теоретиков В. А. Фока, выполнившего исследование «О движении стержня в вязкой жидкости», где этот вопрос был математически разработан. Все эти исследования показали, что необходимо изменить процесс перемешивания стекла. Это решение еще более укрепилось, когда в 1926 г. на заводе ЛенЗОС случилась беда: в стекле систематически появлялась «мошка» — мельчайшие пузырьки, в большом количестве рассеянные по всему объему стекла. Для ликвидации прорыва была создана бригада из научных сотрудников ГОИ и сотрудников лаборатории завода под общим руководством Д. С. Рождественского и И. В. Гребенщикова. Производился анализ всех сомнительных участков, производственные эксперименты. Н. Н. Качалов в монографии «Стекло», в которой, к сожалению, мало внимания уделено оптическому стеклу, взволнованно описывает эти тревожные дни: «По 3—4 суток проводились опыты. Результат иногда приходит ночью. В ожидании его получения исследователи спят

где попало: на столах и на стульях, подложив под головы портфели, меховые шапки или свернутые халаты. Внезапно дребезжит звонок. Это из стеклоплавильного цеха. Слышится голос мастера: „Проба!“ Все срываются с мест и, на ходу натягивая шубы, сбегают с лестницы, пересекают двор. Впереди, поблескивая золотыми очками, бежит Д. С. Рождественский. Все столпились у стопудовой подъемной двери стеклоплавильной печи. Мастер, щурясь от нестерпимого жара, вынимает на тонком железном пруте через крошечное отверстие небольшую порцию стекающего струйками расплавленного стекла. Это и есть „проба“. Все склоняются и, стучаясь головами, молча смотрят. На ярком оранжевом фоне горят тысячи и тысячи мельчайших звездочек. Это „мошка“, опять проклятая „мошка“. Возвращаемся через двор, поднимаемся в лабораторию и садимся за большой, обитый линолеумом стол. Над ним горит яркая лампа. В громадных химических колбах заваривается крепкий чай. На фильтровальной бумаге раскладываются бутерброды. Царит молчание. И вдруг раздается голос Дмитрия Сергеевича: „Ну что ж, товарищи, не будем унывать, когда-нибудь да одолеем эту мошку. Илья Васильевич (И. В. Гребенщиков. — *Авт.*), что вы думаете относительно того, если мы в следующем опыте. . .“ — и очередное совещание продолжается»²⁷.

Работы, выполненные ранее, и производственные эксперименты, проведенные во время «прорыва», позволили глубже понять природу процессов стекловарения, и в частности перемешивания стекла. Было решено начинать его не после осветления (процесс освобождения от пузырей, длящийся несколько часов после варки, когда стекло выдерживается при высокой температуре), а как только расплавится шихта. Это решение было принято на квартире Дмитрия Сергеевича 5 июня 1926 г. им, Н. Н. Качаловым и И. В. Гребенчиковым. За 35 дней был установлен новый метод варки стекла на ЛенЗОС. Время варки сократилось почти в три раза, соответственно поднялась производительность, себестоимость упала вдвое. Ускорение варки соответственно уменьшило и время, когда горшок находится в контакте с разъедающим его стеклом, т. е. значительно улучшило качество стекла. Кроме того, появилась возможность увеличить

²⁷ Качалов Н. Н. Стекло. М., Изд-во АН СССР, 1959, с. 450.

каталог новых стекол, включить в него активные, сильно разьедающие горшок стекла.

Нужно отметить, что этот метод не применялся ни на одном из заводов оптического стекла в мире. Правда, в 1918 г. американский физик Морей в небольшой статье высказал идею о необходимости более раннего перемешивания, но эти мысли везде считались курьезом и нигде не были применены на практике.

Новый метод варки был передан и на Изюмский завод после доклада представителей ГОИ и ЛенЗОСа в ВСНХ в июле 1926 г. Благодаря новому методу открылась возможность получать достаточное количество оптического стекла и вырабатывать новые активные сорта. Начиная с 1927 г. импорт оптического стекла в СССР был прекращен. Эта совместная работа ГОИ и ЛенЗОСа была высоко оценена правительством и отмечена специальным приказом по ВСНХ за № 970 от 19 июля 1927 г.²⁸

К 1932 г. заводы расширили каталог стекол до 80, производство стекла также резко возросло: в 1929 г. — 28 000 кг, в 1930 г. — 60 000 кг, 1931 г. — 110 000 кг²⁹.

Совместная работа сотрудников ГОИ и заводов продолжалась и в дальнейшем. Усилиями бригады ГОИ под руководством А. А. Лебедева и работников завода было введено прессование оптических деталей с припуском в 1—2 мм, что значительно упростило работу инструментальных заводов и сэкономило стекло. При любых неполадках на заводе ему немедленно приходили на помощь работники института. В качестве примера можно привести работу бригады ГОИ в составе Г. Н. Раутиана и еще одного ученика Д. С. Рождественского — А. И. Салищева, созданную, когда на заводе увеличился брак из-за свилеватости. Оказалось, что отбраковка по свиллям производилась излишне строго. По методу светящейся точки, которым производилось обнаружение свилей, источником света служили угольные дуги, режим их горения менялся; замена дуг вольфрамовыми точечными лампами выправила положение. Подобными примерами насыщена вся история работы заводов оптического стекла.

Список научных работ по оптическому стеклу у Дмитрия Сергеевича содержит лишь одну статью — «Записку

²⁸ ЦГАОРСС, ф. 3429, оп. 61, № 1381, л. 8.

²⁹ Гребенщиков И. В. Оптическое стекло и развитие его производства в СССР. — В кн.: Труды ноябрьской юбилейной сессии АН СССР 1931 г. М., Изд-во АН СССР, 1933, с. 450.

об оптическом стекле», и поверхностному наблюдателю может показаться, что его главной заслугой в этом вопросе является чисто организаторская деятельность. Но это далеко не так. Помимо того, что по его предложению и непременных консультациях выполнялись научные исследования, о которых говорилось выше, помимо массы идей, которые тем или иным образом разрабатывались в лаборатории и на практике его сотрудниками, он был главным консультантом всего этого сложного дела. Крупнейший оптик, эрудит, Дмитрий Сергеевич, как никто другой, знал, какие сорта особенно нужны, какая требуется последовательность во вводе новых стекол. Он мог определить применение новой марки в оптическом приборостроении. Ему принадлежит эмпирическая формула, связывающая состав стекла с его оптическими характеристиками, по которой в первые годы работал ЛенЗОС. А. И. Стожаров писал: «Главное он, как никто другой, рассматривал вопрос со всех сторон и с точки зрения химика — разработчика состава стекла, и с точки зрения обработчика — изготовителя детали, и с точки зрения вычислителя — конструктора оптической системы, и с точки зрения потребителя стекла — оптико-механического завода». И далее: «Консультанта с таким широким кругозором оптическое стекловарение после Д. С. Рождественского больше не имело»³⁰.

Один день в неделю в течение ряда лет принадлежал ЛенЗОСу. В любую погоду, большей частью пешком, так как транспорт в те годы работал плохо, Дмитрий Сергеевич преодолевал большое расстояние от университетской квартиры на Васильевском острове до Невской заставы. Приходя на завод, он записывал в свою записную книжку характеристики всех марок, видел их изменение и, анализируя все эти данные, замечал недостатки, видел брак тогда, когда он еще не ощущался никем. Работа Рождественского по стеклу была высоко оценена. Его имя было занесено в «Золотой фонд ЛенЗОСа».

В 1925 г. он был избран почетным членом Метрологического совета Палаты мер и весов, позднее почетным членом Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии (ОЛЕА). 6 декабря 1925 г. Дмитрий

³⁰ *Стожаров А. И.* К 100-летию со дня рождения Д. С. Рождественского (1876—1940). — *Оптико-механическая промышленность*, 1976, № 5, с. 5.

Сергеевич Рождественский был избран членом-корреспондентом Академии наук СССР по разряду физических наук не только за свои научные работы, но и за работу по прикладной оптике. Интересно, что одновременно с ним в члены-корреспонденты были избраны Н. Бор, П. Дебай, А. Майкельсон, М. Борн, П. Эренфест и другие видные физики.

В ходе работ по стеклу сложилась еще одна ветвь школы Рождественского. Научное руководство Дмитрия Сергеевича испытали в той или иной мере А. А. Лебедев, И. В. Обреимов, А. И. Захарьевский, А. И. Стожаров, Л. И. Демкина, К. Г. Куманин, К. П. Мельников, Е. Э. Данюшевский, В. В. Гаврилов, А. В. Макаров и большое число цеховых работников ЛенЗОСа. Два крупнейших деятеля в области производства оптического стекла, Н. Н. Качалов и И. В. Гребенщиков, не будучи прямыми его учениками, отмечали влияние, оказанное им на их деятельность.

10 мая 1928 г. в Академию наук СССР А. Ф. Иоффе и П. П. Лазареву пришло письмо П. С. Эренфеста. В нем известный ученый писал:

«Многоуважаемые коллеги и друзья! На днях я узнал, что в Российской Академии наук будет произведено замещение двух мест для физиков. После некоторых колебаний я поставил своим долгом сообщить вам обоим имена тех двух русских физиков, которые, по моему мнению, в настоящее время с наибольшими правами могли бы занять эти два места. Доведете ли вы мои соображения до сведения других лиц или нет — здесь я полностью полагаюсь на вас; во всяком случае у меня не будет никаких претензий. Я только попросил бы ознакомить с моим письмом (в его полном объеме) лиц, которых оно касается.

Мне кажется, что в первую очередь для этих двух мест следует рассмотреть кандидатуры гг. Мандельштама и Рождественского. Я считаю необходимым высказаться, хотя меня об этом и не спрашивают, так как вполне допускаю, что именно те, кто далек от их тематики, могут под впечатлением прекрасных и интересных достижений высокоодаренных и более молодых русских физиков ошибочно недооценить значение Мандельштама и Рождественского.

Поскольку я никогда в жизни не занимался экспериментами, то, естественно, я не в состоянии во всей полноте охватить достижения Рождественского и его

школы. Его превосходнейшее и ставшее знаменитым исследование дисперсии как по своим результатам, так и по методике заслужило повсеместное признание у наиболее компетентных специалистов. А ряд работ его учеников, опубликованных в последние годы, особенно работы Теренина, сыграли огромную роль в том плане, что показали ныне всему научному миру расцвет физических исследований во многих местах преобразенной России. . .»³¹.

Оценку, которую давал трудам Дмитрия Сергеевича Рождественского Эренфест, разделяла и научная общественность страны.

12 января 1929 г. общее собрание Академии наук СССР избрало Д. С. Рождественского в действительные члены Академии наук.

³¹ Эренфест — Иоффе, научная переписка, с. 243.

Годы первых пятилеток. ГОИ и заводы оптических инструментов

Как уже сообщалось, 10—18 июня 1924 г. в Ленинграде состоялось первое Научно-техническое совещание по вопросам оптической промышленности, в котором приняли участие руководители всех оптических заводов, заводов оптического стекла, а также научные работники ГОИ. Это совещание явилось поворотным пунктом в развитии оптико-механической промышленности СССР. На нем были подведены итоги работы предприятий, устранена их разобщенность, сказавшаяся и в отсутствии обмена опытом, и в выпуске различными предприятиями одних и тех же приборов, и в отсутствии в преискуранте ряда необходимых оптических инструментов. Кроме того, на совещании были определены первоочередные задачи, стоящие перед ГОИ по налаживанию научной помощи оптической промышленности.

По докладам Д. С. Рождественского были приняты технические условия на приемку оптического стекла, методы его отбраковки по свиям, пузырчатости, неконстантности по показателю преломления и другим дефектам. Были приняты предложенный ГОИ порядок введения новых сортов стекла в производство на заводах оптического стекла и меры по подготовке кадров, а также рассмотрен вопрос о спецификации заводов по различным группам приборов.

На этом совещании удалось установить связь ГОИ со всеми оптико-механическими заводами. В заключительном слове Д. С. Рождественский говорил: «Создать ГОИ было легко, силы собрать можно было, но как приложить эти силы? Это легко было сказать, но как приняться за дело, когда этой промышленности нет, когда она ни малейшей ласковой улыбки не высказывает желаний, чтобы ее развивали. Эта неопределенность положения, эта работа без точки приложения силы продолжалась долго. Еще в декабре прошлого года, когда праздновалось 5-летие ГОИ,

С. О. Майзель в своей речи с грустью говорил, что технический отдел работает в запас, неизвестно для чего и для кого он работает, испытывая бинокли, исследуя объективы и т. д. Невозможность уклонения в теоретичность без ориентации на заводы, а бесцельность работ понижала настроение необычно. . . Я чувствую со стороны ГОИ, что теперь работоспособность сотрудников, которая вообще сильно увеличилась, при реальной деятельности с января, когда ГОИ вступил в контакт с заводами (имеется в виду пуск ЛенЗСО в начале 1923 г. — *Авт.*), еще сильнее напряжется, когда задания становятся жгучими. И когда некоторые сотрудники говорят мне, что мы не справимся, что на нас навалили слишком много работы, мой ответ — справиться необходимо, так как этого требует момент и спешность поставленных вопросов»¹.

Основная научно-техническая работа в период 1924—1927 гг. была связана с установлением производства оптического стекла, и о ней уже рассказано. Но в эти годы выполнялись и задания для заводов, производящих оптические инструменты. Вычислительное бюро и оптическая лаборатория провели исследования в помощь заводам оптических инструментов. 35% всего объема работ, выполненных вычислительным бюро в этот период, приходилось на задания завода «Большевик» (б. Обуховский), 14% — для завода б. Цейса и Герца, 11% — для Треста точной механики, в целом по заданию промышленности было выполнено 69% всех расчетов².

Оптотехническая лаборатория ГОИ поддерживала особо тесную связь с упомянутыми заводами. План работы лаборатории обсуждался в тресте, который финансировал большинство работ. Трест во многом помог пополнить оборудование лаборатории. В ней были разработаны новые установки для выполнения заданий треста, созданы проекты технических условий на различные оптические приборы, найден метод испытания качества изображения телескопических систем с небольшим увеличением. Сотрудники института выполнили исследование по определению потерь света в телескопических системах и изготовили универсальный фотометр для этой цели.

Подробно теоретически, лабораторно и даже в поле-

¹ ЦГАНХ, ф. 2097, оп. 6, № 291, л. 190.

² XV лет ГОИ. М.—Л., 1934, с. 125.

вых условиях исследовался вопрос об улучшении видимости бинокля с помощью светофильтров, который был решен Г. Н. Раутианом и другими учеными. В. П. Линник и его сотрудники разработали методы измерения аберрации телескопических систем.

Начиная с 1926 г. опtotехническая лаборатория занимается исследованием прожекторных зеркал. В. П. Линник предложил оригинальный метод измерения аберрации прожекторных зеркал, а затем нашел наиболее рациональную форму обеих поверхностей зеркал. Помимо этих работ, по заданиям предприятий лаборатория выполнила несколько исследований, которые в значительной мере помогли дальнейшему развитию советских оптико-механических заводов. Среди них на первое место можно поставить изучение фотографической оптики. Лаборатория разработала несколько методов исследования фотографических объектов, осуществила ряд работ по изучению их свойств в зависимости от типов. В. П. Линник, в частности, разработал упрощенный способ быстрого и прямого измерения с достаточной точностью аберраций фотообъективов.

Важно и то, что в работу с заводами оптических инструментов втянулись все секторы ГОИ в то время, как в предыдущие годы с ними были связаны в основном только вычислительное бюро и опtotехническая лаборатория.

Во исполнение директив партии об индустриализации страны и укреплении ее обороноспособности был утвержден пятилетний план производства оптико-механических приборов — план, завершение которого должно было в основном освободить СССР от импорта. Осуществление этого плана было подготовлено значительным ростом к этому времени оптико-механической промышленности и наличием собственной сырьевой базы — отечественного оптического стекла. Для улучшения работы предприятий оптико-механической промышленности был принят ряд организационных мер. Так, в 1929 г. был создан Всесоюзный трест оптико-механической промышленности (ВТОМП), которому были переданы заводы, изготовляющие оптическое стекло, и заводы, производящие оптические приборы.

В 1930 г. по инициативе С. М. Кирова и Г. К. Орджоникидзе на базе ВТОМП, которому передали еще ряд заводов («Геодезия», «Геофизика»), было организовано Всесоюзное объединение оптико-механической промышлен-

ности (ВООМП). Оно объединило все оптико-механические предприятия нашей страны, что имело большое значение и для организации научной связи ГОИ с промышленностью, значительно облегчив и упорядочив ее. В скором времени ВООМП было включено в систему Народного комиссариата тяжелой промышленности, что свидетельствовало о первоочередной важности оптической промышленности.

Партия указывала, что в научно-исследовательской работе необходимо выдвинуть на первый план разработку конкретных узловых проблем, связанных с текущими задачами партии и правительства, со вступлением в период социализма и с задачей выполнения пятилетки в четыре года на основе реконструкции всего народного хозяйства ³, что накладывало на ГОИ еще большую ответственность за успешное развитие оптической промышленности.

В мае 1929 г. был утвержден генеральный план реконструкции Государственного оптико-механического завода (ГОМЗ), который должен был вырасти в гиганта оптико-механической промышленности, вооруженного всей современной техникой. 6 августа того же года был заложен по существу новый завод, так как старое одноэтажное здание совершенно терялось среди построенных новых корпусов. ГОИ предстояло оказать ГОМЗ научную и техническую помощь. Интересно, что в это время известная немецкая фирма «Цейс» выразила желание помочь налаживанию в СССР современной оптико-механической промышленности, но при условии, что СССР не только оплатит консультацию кругленькой суммой в 5 млн. долларов, но и гарантирует закупку всех приборов, не производящихся в СССР, только у Цейса, а также ограничит свое производство только внутренними нуждами в течение 25 лет ⁴.

Большие задачи, стоявшие перед оптико-механической промышленностью, потребовали значительного усиления работы сотрудников ГОИ в помощь ей. Надо отметить, что к указанному периоду ГОИ пришел не с пустыми руками. Достаточно указать на научные работы по изучению и расчету оптических систем фотоаппаратов и других приборов, выполненных оптическим сектором и вычислительным бюро. Эти работы были сделаны заранее, в них были учтены будущие нужды промышленности. Был создан также

³ Правда, 1931, 18 марта.

⁴ XXV лет ГОМЗ имени ОГПУ. Л., 1937, с. 17.

ряд новых установок и лабораторий, в которых теперь могли изучаться интересующие промышленность вопросы. В этом опять сказалось руководство институтом Д. С. Рождественским, его умение понять насущные нужды развивающейся промышленности. Следует учесть, что к этому времени ГОИ разместился в новых помещениях, специально построенных для него. Благодаря этому институт мог вернуть установки, сделать их стандартными и производить необходимейшие для ВООМП, и в частности для ГОМЗ, работы по фото- и кинооптике. Так, в фотографическом зале ГОИ был установлен экран для испытания проекционных и кинопроекционных приборов. Была проведена интересная работа по изучению скорости и ускорения движения киноплёнки, которая характеризует работу подающих плёнку механизмов. Широко развернулись работы по фотографической оптике. Был создан ряд установок для испытания различных объективов фотоаппаратов. Были, наконец, разработаны методы испытания и конструкции приборов для исследования фотографических затворов.

Самым узким местом в изготовлении фотоаппаратов на ГОМЗе являлись затворы. Поэтому вполне понятно то внимание, которое уделялось этому в ГОИ, где был создан визуальный метод измерения скорости затворов для их массового испытания. Этот метод был передан заводской лаборатории, и в совместной с ней работе прибор был создан. Сотрудники ГОИ разработали также метод определения скорости затворов и коэффициента их полезного действия и сконструировали для этих целей приборы. Благодаря совместной работе сотрудников ГОМЗа и ГОИ был создан советский фотографический затвор, что освободило нашу страну от импорта и усовершенствовало отечественный фотоаппарат.

В 1931—1932 гг. научные сотрудники ГОИ занялись изучением процесса сборки объективов и камер непосредственно в фотоцехах ГОМЗа. Они нашли немало дефектов сборки и указали пути их исправления. ГОИ в значительной мере помог лаборатории ГОМЗа овладеть новыми методами исследования фотообъективов, а также создать совершенные установки для исследования. Вся эта помощь не могла не сказаться на работе ГОМЗа по изготовлению фотоаппаратов и способствовала производственным успехам завода. Если в 1930 г. было выпущено 1200 фотоаппаратов с импортным затвором и в большинстве случаев из импортного материала, то в 1932 г. было выпущено



Май 1934 г. Ученые ГОИ среди работников оптико-механической промышленности на Павшинском заводе. В первом ряду (справа налево): С. И. Вавилов, С. Т. Цукерман. Во втором ряду: В. В. Петров, Д. С. Рождественский, А. А. Лебедев, Е. Н. Царевский, В. П. Линник, Д. Н. Гасовский, А. И. Тудоровский

уже 69 000 фотоаппаратов с отечественным затвором и целиком из отечественных материалов ⁵.

Однако наиболее существенную помощь заводам оптических инструментов ГОИ оказал в организации производства отечественных оптических микроскопов. Причем эти работы были выполнены задолго до того, как вопрос об их изготовлении стал в повестку дня. К ним относятся расчет различных микроскопических систем, изучение оптики микроскопа, исследование аберрации, особенно хроматической, разработка ряда методов, улучшающих наблюдение различных объектов под микроскопом. Были сконструированы ряд специальных типов микроскопов (двойной микроскоп В. Н. Линника, микроскоп с качающимся объективом, микроскоп-игла и т. п., различные насадки к микроскопу — окулярные винтовые микрометры, микроинтерферометры и т. д.), а также выполнены другие работы, позволившие к концу 30-х годов перейти к производству микроскопов в промышленных масштабах.

⁵ См.: XXV лет ГОМЗ имени ОГПУ, с. 20.

Важное значение для развития теоретической микроскопии и улучшения качества видения в микроскопе имели личные работы Д. С. Рождественского, которые рассмотрены детально в одной из следующих глав.

С большим интересом он относился к изготовлению уникальных приборов по астрономической оптике. По его настоянию заказ для изготовления 40-дюймового рефрактора для Пулковской обсерватории был передан ГОИ, он лично следил за ходом этой работы. Дмитрий Сергеевич рассчитал призму прямого видения для установки ее перед фокусом астрономических рефлекторов. Его расчеты опубликованы в «Докладах АН СССР». Позднее такие призмы были изготовлены для Абастуманской и Симеизской обсерваторий. Для заводских лабораторий оптико-механических заводов были созданы установки для испытания качества изображения телескопических систем, фотометры для определения потерь света в телескопических системах, приборы для браковки призм в массовом производстве, для астрономических обсерваторий и построены зеркальные телескопы. Во всеоружии встретил ГОИ солнечное затмение 1936 г. В ГОИ было изготовлено большое количество различных астрономических объективов, которые из-за высокой точности и трудности исполнения не могли быть изготовлены непосредственно на заводах оптико-механической промышленности. К ним относятся: первоклассное сферическое зеркало диаметром в 530 мм, сферическое эллиптическое зеркала со светосилой $1:0,9$, однолинзовый светосильный кварцевый объектив с несферической поверхностью, первоклассные астрономические объективы с пониженным хроматизмом, первоклассные зеркала (плоские, сферические, параболические, диагональные и т. п.).

Было выполнено большое количество работ методического характера: усовершенствование теневых методов исследования, оригинальный метод исследования плоскостей, внедренный, кроме оптической промышленности, в приборостроительную и машиностроительную, способы исправления различных дефектов и т. д.

В области астрономической оптики ГОИ подвел научный, экспериментальный и методический фундамент под производство почти всех видов астрономической оптики. ГОИ выполнял наиболее трудные и ответственные задания по изготовлению точнейших астрономических изделий и дал ряд новых оригинальных приборов и методов про-

изводства, особенно для исследования и изготовления астрономических объективов высокой точности.

Большое внимание Д. С. Рождественский как признанный мастер спектроскопии уделял различным спектральным приборам. Им написаны две большие статьи. В статье «О разрешающей силе спектроскопов» (Известия АН СССР. Отделение физико-математических наук, 1930, с. 425—436) дан новый метод определения разрешающей силы. Этот метод был применен А. И. Салищевым для определения разрешающей силы призменного спектроскопа⁶. Во второй статье «Измерение разрешающей силы при помощи интерферометрических полос в спектре» Дмитрий Сергеевич обобщил свой метод, разработанный в первой статье для освещения цели некогерентным светом на все возможные случаи. Статья была опубликована посмертно в «Избранных трудах».

Успешно работали оптические заводы и в годы второй пятилетки, к концу которой руководители ВООМПа могли с полным правом сказать нашему народу, что нет таких оптических приборов, которых не могла бы выпустить советская оптико-механическая промышленность. Таким образом, в истории советской оптико-механической промышленности и Государственного оптического института наступил новый период. Теперь ГОИ имел возможность не только помогать промышленности всем, что у него было, — опытом, результатами исследований и даже кадрами, но и получать от неизмеримо выросших заводов многое для своей научной и научно-технической работы. Соответственно изменилась и помощь ГОИ заводам. Перед сотрудниками института встал ряд новых и более трудных проблем отвлеченного и комплексного характера. Менее трудные вопросы производственного характера могли с большим успехом и меньшими затратами разрешаться в окрепших заводских лабораториях и прямо в цехах инженерно-техническими работниками. Перед ГОИ встал также вопрос о разработке новых специальных оптических приборов, производство которых требовало дальнейшего развития медицины, биологии, химии. Они нужны были заводским лабораториям самых различных производств. Эту задачу и поставила партия перед оптико-ме-

⁶ Салищев А. И. Измерение разрешающей силы спектроскопов по методу Д. С. Рождественского. — Труды ГОИ, 1941, т. 15, вып. 112—120, с. 55—64.

ханической промышленностью. А. А. Жданов, выступая в апреле 1936 г. на отраслевой конференции оптико-механической промышленности в Ленинграде, сказал: «Еще одно пожелание касается новых производств и конструкторской работы. Если у капиталиста Цейса до 500 образцов в оптико-механической промышленности, то у нас освоено пока только 60 образцов»⁷.

Большую и важную работу для народного хозяйства проделали ученики Д. С. Рождественского по внедрению спектрального анализа. Начало этой работы относится к 30-м годам. А. Н. Филиппов в соавторстве с С. А. Боровиком составили первое краткое руководство по практическому применению спектрального анализа, изложенное в статье «Спектральный анализ» в сборнике «Современные физико-химические выводы анализа». В 1935 г. в ГОИ под руководством Д. С. Рождественского создается группа спектрального анализа руд при геологических разведках.

В начале 1935 г. В. К. Прокофьев разработал методику определения олова в геологических пробах. Летом 1935 г. сотрудники ГОИ выехали с геологами. В 1936 г. работали три партии со спектрографами, с помощью которых были найдены новые залежи олова. Применяемые ранее химические методы требовали отправки большого количества проб в крупные лаборатории, где анализ проводился медленно. С помощью же спектрального анализа ответ получали прямо на месте. За семь часов работы в Хапчеранге, куда была отправлена экспедиция, делалось до 100 анализов. В 1934—1935 гг. А. Н. Филиппов и Ю. М. Толмачев разработали методику анализа силикатов на редкие щелочные металлы, а затем и для ряда других минералов и пород⁸.

Еще в 1927 г. Е. Ф. Гросс, исследуя причины окраски уральских изумрудов, методом спектрального анализа нашел хром и ванадий⁹. Этим методом изучалась окрашенность оптического стекла. Сотрудники ГОИ внедрились в ряде лабораторий ленинградских заводов (Кировский завод, «Красный выборжец», Металлический завод, Невский завод и т. д.). Одновременно с выработкой методики спектрального анализа в ГОИ были созданы различные типы спектральных установок.

⁷ Оптико-механическая промышленность, 1937, № 5, с. 2.

⁸ Доклады Академии наук СССР, 1934, с. 369; там же, 1935 г., с. 321.

⁹ Доклады Академии наук СССР, 1927, с. 110.

У многих веществ характерные спектральные линии лежат в ультрафиолете, поэтому оптические детали не должны быть стеклянными. Среди спектрографов, созданных в ГОИ, были кварцевые, с сильвиновыми призмами, флюоритовые, несколько портативных, легких для полевых условий. Используя фтористый литий, в ГОИ добились ахроматизации объективов спектроскопов. Были выполнены также принципиальные исследования, которые привели к разработке теории спектральных приборов. Особенно много сделал в этом отношении Д. С. Рождественский и его ученики А. Н. Филиппов, В. К. Прокофьев, А. И. Салищев и другие. По идее Д. С. Рождественского, спектральный анализ был использован для нахождения редких элементов в рудах и минералах. Работа проводилась совместно с Платиновым институтом. В риддеровских рудах был найден галлий.

Под руководством С. Э. Фриша проводился цикл исследований по спектральному анализу газовых смесей. Большая работа была проведена по обучению многочисленных кадров спектральному анализу. С этой же целью А. Н. Филиппов написал прекрасный курс спектрального анализа, сыгравший значительную роль для популяризации и внедрения его методов в различные области практики.

Эта работа ГОИ являлась также и непосредственной помощью заводам ВООМПа в деле создания новых приборов для народного хозяйства страны, так как сконструированные в ГОИ различные типы спектрографов могли стать базой для их серийного выпуска на заводах оптических инструментов.

Кроме различных типов спектрографов и микроскопов, о которых говорилось выше, в ГОИ был разработан и построен ряд научных медицинских приборов, приборов для заводских лабораторий и т. д. Таковы различные типы оптических пирометров, которые являются единственными приборами для определения температуры стеклоплавильных металлургических печей при температуре выше 1500°C , всевозможные фонометры, фотометры, люксометры, рефлексометры, калориметры, нефелометры и другие измерительные приборы.

Нет возможности хотя бы кратко рассмотреть и другие вопросы, по которым осуществлялась связь науки и производства в ГОИ. Мы отошлем интересующихся к специаль-

ным монографиям и сборникам, в которых рассматривается история ГОИ¹⁰.

Вокруг работ в помощь заводам оптических инструментов сложилась третья ветвь школы Д. С. Рождественского. Некоторые исследователи деятельности Д. С. Рождественского (например, А. И. Стожаров) считают, что это отдельные школы. Дело, видимо, не в названии. Напомним, что работа спектроскопической (научной) школы и технологии оптического стекла рассматривалась в предыдущих параграфах. Третью школу (ветвь) можно назвать опто-технической.

Технические школы, рожденные Д. С. Рождественским, — первые школы такого рода, созданные в нашей стране. Они многим отличались от научных школ по физике. Целью их являлось не изучение окружающего мира, а конкретные работы по созданию новых приборов, усовершенствованию старых, методов расчета и конструирования их, вплоть до решения чисто производственных задач. Очень часто эти работы не давали выхода в виде книг и статей и были непосредственно связаны с производством.

По инициативе Дмитрия Сергеевича была разработана теория расчета оптических систем, основы технологии производства точных оптических деталей, методы контроля оптических приборов и деталей.

В области теоретической оптотехники необходимо назвать специалистов по созданию вычислительной оптики. Первыми были привлечены к этой работе А. И. Тудоровский, Е. Г. Яхонтов, Г. Г. Слюсарев и их последователи Д. Ю. Гальперн, Д. С. Волосов и И. А. Турыгин.

В области приборостроительной оптотехники, кроме А. А. Лебедева, предложившего идеи множества различных новых приборов в разнообразных областях оптики, нужно отметить М. Ф. Романову и А. А. Забелина, специализировавшихся в области прикладной интерферометрии, А. И. Стожарова, Н. Ф. Тимофееву, Н. А. Тудоровскую, В. А. Флоринскую — авторов методов и приборов для исследования рефрактометрических свойств оптических материалов, Е. Ф. Юдина, Е. Н. Царевского, Л. С. Сафонова, К. А. Папиянца, А. Н. Бужинского, Ю. В. Коло-

¹⁰ XV лет ГОИ; *Кравец Т. П.* 30 лет советской оптики. — Успехи физических наук, 1942, т. 33, вып. 1; XXV лет ГОИ. Л., 1943; 50 лет ГОИ.

мийцева, В. А. Савина, Б. М. Корякина и других — специалистов в самой широкой области наблюдательных и контрольных приборов, П. Д. Радченко и Н. И. Полякова — микроскопистов, И. Е. Александрова, А. П. Афанасьева, Б. Н. Москвина, В. А. Осипова — технологов — специалистов по изготовлению оптических деталей, А. Н. Захарьевского, И. А. Шошина и И. Д. Муравейского — руководителей заводских лабораторий, перешедших туда из ГОИ и сыгравших огромную роль в создании заводской технологии сборки и испытания приборов, А. А. Гершуна, Г. Н. Раутиана, М. М. Гуревича, А. И. Колядина — фотометристов и светотехников и многих других ¹¹.

Следует признать, что в работе с заводами оптических инструментов встретились определенные трудности, которые в некоторой степени обуславливались успехами, достигнутыми ГОИ в создании производства оптического стекла. Руководители заводов и ВООМПа стали требовать, чтобы сотрудники ГОИ решали даже простые технологические производственные задачи, которые были под силу инженерно-технологическому персоналу и заводским лабораториям. Между тем число ученых-оптотехников в ГОИ было ограничено. Число заводов росло, росло и количество требований. В начале 30-х годов Дмитрий Сергеевич в своих статьях «Научно-исследовательская работа в оптической промышленности», «Оптика во вторую пятилетку» и «Судьба оптики в СССР», в ряде выступлений и неопубликованных заметках «О физике (оптике) в СССР», «Об абстрактной (чистой) науке» показывает неправильность такого подхода, разъясняет, чего можно ждать от ГОИ, рассматривает соотношение абстрактной и прикладной науки, их пропорции, требует увеличения штатов оптотехников, ставит вопрос о путях их подготовки. В частности, в статье «Научно-исследовательская работа в оптической промышленности» ¹² он перечисляет вопросы, которые задают ГОИ и которые являются чисто инженерными. «Решение таких вопросов предполагается возложить на ГОИ. Это связано с большими трудностями, т. е. сотрудники ГОИ вообще физики, а не инженеры; они слишком мало знакомы со станками и работой станков (иногда вопросы стоят вовсе

¹¹ Вопрос о технических школах Д. С. Рождественского впервые поставлен А. И. Стожаровым.

¹² Оптико-механическая промышленность, 1931, № 1.

не оптические, но чисто механические), чтобы решать компетентно подобные вопросы»¹³.

Дмитрий Сергеевич показывает, что ГОИ должен в основном решать вопросы дальнего прицела, которые не могут решить инженеры предприятий. В качестве примера он приводит работы И. В. Гребенщикова и его сотрудников по созданию новой химической теории обработки стекла и металлов и созданию на основе этого производственных методов, во много раз ускоряющих шлифовку и полировку, работы В. П. Линника и его сотрудников по новому методу центрировки линз в микроскопе. Обе эти работы не только значительно ускорили производственный процесс, но и исключали необходимость привлечения высококвалифицированных мастеров, позволяли выполнять эту работу рядовым рабочим.

Но руководство промышленности старалось превратить ГОИ в чисто отраслевой институт, отвечающий только на узкопрактические вопросы, и никакие доводы не помогали. Но это «старание» не соответствовало всей идее ГОИ, который с первых дней его существования Рождественский создавал как институт научно-технический, тесно сочетающий фундаментальные научные и научно-технические работы.

Был и еще один момент, связанный с планированием научно-исследовательских работ в институте, который привел к противоречию между ведущими сотрудниками ГОИ и ВООМПа. В ГОИ обычно намечались основные направления исследований, этапы их завершения как в целом по теме, так и по отдельным группам исполнителей. Иначе и не могло быть, так как если одна группа не добилась результатов, это задерживало остальных. Примером такой работы является исследование по теории спектров, в которое включились физики-спектроскописты и математики. План этой работы был намечен Д. С. Рождественским еще на первом годовом собрании ГОИ в 1919 г. Поэтому введение государственного планирования в научной работе в начале 30-х годов прошло в ГОИ гораздо организованнее. Понятно, планирование первых лет в ГОИ было не полным и менее связанным с планами предприятий, чем это требовалось.

Следует отметить большую работу, которую провел Рождественский по введению государственного планиро-

³ Рождественский Д. С. Избранные труды, с. 298.

вания в ГОИ. По его инициативе был составлен детальнейший отчет о работе ГОИ за 1931 г., который знакомил руководителей промышленности с деятельностью института, показывал им, что можно требовать от института и в какие сроки. Рождественский считал, что для того, чтобы научиться хорошо планировать, надо научиться составлять полные отчеты.

В те годы далеко не все научные работники понимали, что планирование науки неизбежно в стране, где все строится на основе плана. А. И. Стожаров, один из ученых секретарей ГОИ в те годы, вспоминает: «На первых порах требовалось дать только список тем и их исполнителей на предстоящий год. Задача оказалась не из легких. Срок подачи плана приближался, а от сотрудников тем не поступало. В конце концов пришлось обратиться к Дмитрию Сергеевичу. Он мне сказал: „Вероятно, вы, батенька, от них требуете просто чего-то лишнего. . . Ну, ладно! Соберите их завтра ко мне“. Я ожидал длинных разговоров и обсуждений и, зная настроение сотрудников, не был уверен в успехе. Однако Дмитрий Сергеевич был очень краток: „Я уверен, — сказал он, — что вы все собираетесь работать с Советской властью всю жизнь. Советская власть делает много экспериментов. Эта власть новая и без экспериментов она обойтись не может. Но, поверьте мне, планирование — это не эксперимент, это существо новой власти. Планирование будет только развиваться. И так как вы собираетесь всю жизнь работать с Советской властью, то научиться планировать свою работу всем необходимо и начать всем этим заниматься необходимо как можно раньше, сейчас!»¹⁴.

«Попытки планирования встречали многочисленные трудности, — писал об этих же днях С. Э. Фриш. — У вновь организованного планового отдела не было еще опыта в работе. „Зав“ усердно заполнял графы, внося в них „человеко-часы“, проценты и прочие численные показатели. От каждого сотрудника он требовал точного указания объема работы и сроков ее завершения, точно речь шла не о научных исследованиях, а о кладке кирпича. Я помню, как Гребенщиков вбежал в плановый отдел с кипой присланных ему разграфленных листов, швырнул их на пол, закричал:

¹⁴ Воспоминания об академике Д. С. Рождественском, с. 99.

— Занимайтесь сами этой чепухой, мне некогда ею заниматься, мне в лаборатории надо работать!

Дмитрий Сергеевич был вынужден тратить много сил и энергии, чтобы внести корректировку в работу планового отдела и добиться правильного отношения к нему со стороны сотрудников»¹⁵.

Рождественский выступал на ряде заводов с докладами, в которых намечались перспективы планирования работы ГОИ и оптической промышленности в целом, с целью обсуждения и выработки конкретного и точного плана работы ГОИ. Так, выступая на заводе ГОМЗ, Дмитрий Сергеевич говорил: «Мне хочется здесь отметить и подчеркнуть, что план будущей пятилетки еще не ставится, не обсуждается, о нем не думают еще ближайшие работники оптики. А между тем остается только год и работа предстоит большая. План необходимо должен обсуждаться в прессе, на рабочих собраниях и во ВТУЗе ВООМПа. Необходимо, чтобы общественность обсуждала, критиковала его и выработывала встречные предложения»¹⁶.

Наконец, административные обязанности стали его тяготить, они мешали личной научной работе. Дмитрий Сергеевич участвовал и руководил исследованиями одних сотрудников, вникал в научные работы других, но основное время уходило на всевозможные организационные дела. В 1925—1930 гг. не вышло из печати ни одной существенной научной статьи. Все это привело Рождественского к мысли о необходимости оставить пост директора ГОИ. Несмотря на просьбы сотрудников института, руководителей ВООМПа, отдельных заводов, в том числе ЛенЗОСа, продолжать и в дальнейшем руководить ГОИ (эти письма сохранились в фонде 341), он остался твердым в своем решении и в 1932 г. передал обязанности директора института И. И. Орловскому — старому партийному работнику, а сам остался руководителем спектроскопического сектора — главного научного отдела института.

Встал вопрос о кандидатуре заместителя директора ГОИ по научной работе. Поиском подходящей кандидатуры занялся Д. С. Рождественский. Он выбрал для этой цели известного советского физика С. И. Вавилова, который в будущем стал президентом Академии наук СССР. Сергей

¹⁵ Воспоминания об академике Д. С. Рождественском, с. 74.

¹⁶ Труды ноябрьской сессии АН СССР 1931 г., т. 2. М.—Л., 1932, с. 137.



*Д. С. Рождественский произносит речь
на торжественном заседании по случаю
15-летия ГОИ. 1934 г.*

Иванович работал в Москве и долго не соглашался на уговоры Дмитрия Сергеевича. Сохранились его письма, в которых он по разным причинам отказывался от работы в ГОИ, но письменные и личные переговоры с Дмитрием Сергеевичем убедили его в необходимости этого шага, и вплоть до 1945 г. Вавилов был научным руководителем ГОИ.

Частичное освобождение от организационных работ дало возможность Дмитрию Сергеевичу больше сосредоточиться на научной работе, и это скоро принесло свои плоды. В 1933 г. он начал микроскопические исследования, в 30-х годах вел исследования по теории спектральных приборов. По результатам этих работ было написано восемь статей, частично опубликованных, частично оставшихся в рукописях. Он выступил с большими докладами в Академии наук и на Менделеевском съезде в 1934 г. — «Эволюция учения о строении атомов и молекул» и «Периодический закон на основе анализа спектров». В последнем обратил внимание на слабую изученность спектров редких земель и,

как всегда, сделал конкретный вывод о необходимости заняться этим. Он создал при Академии наук СССР Комиссию по редким землям, которая за время своего существования до 1941 г. многое сделала для заполнения этого пробела. Дмитрий Сергеевич заинтересовал этой проблемой Р. Вуда, между ними завязалась переписка, намечался проезд Вуда в нашу страну. Под редакцией Рождественского был издан перевод замечательной книги Р. Вуда «Физическая оптика». В предисловии к переводу Дмитрий Сергеевич дал выразительную характеристику как самому ученому, так и его учебнику.

Зимой 1933/34 г. Дмитрий Сергеевич по заданию Государственного издательства работал над подготовкой оптического отдела Физической энциклопедии. Им был составлен детальный план издания, написана специальная записка, в которой были рассмотрены принципиальные вопросы создания этого 16-томного труда, охватывающего теоретическую, экспериментальную и прикладную оптику, а также сделан анализ подобных энциклопедий, изданных в других странах. Много времени он отдал Комиссии по реорганизации библиотеки Академии наук СССР, и в этой комиссии он работал со всей страстностью и предельной обстоятельностью, свойственной его натуре. Среди других работ Дмитрия Сергеевича надо назвать еще редактирование «Трудов Архива Академии наук СССР», связанное с публикацией «Ученой корреспонденции Академии в XVIII веке».

Появилось некоторое свободное время, и Рождественские могли изредка бывать на концертах. Дмитрий Сергеевич любил музыку, в свободное время сам с увлечением играл на фортепиано. Больше времени он мог уделять ботанике. Жили Рождественские достаточно уединенно, шумных сборищ у них никогда не бывало. Чаще всего они работали по вечерам дома, при срочной работе телефон отключался, на двери появлялась табличка с просьбой не беспокоить. Работали они в разных кабинетах и по разной методе.

Главным в их жизни была работа.

Глава одиннадцатая

Мартовская сессия АН СССР 1936 г.

В 1936 г. в ходе подготовки к 20-й годовщине Советского государства Академия наук решила провести смотр советской физики. Выбор пал на старейшие научно-исследовательские институты, основанные еще в 1918 г., — ЛФТИ и ГОИ. Этим выбором подчеркивалась своеобразная особенность развития физики в первые годы Советской власти, когда основным центром науки был Ленинград. Роль Москвы как главного физического центра стала проявляться позднее и по времени совпала с переездом Академии наук в Москву и последовавшим за этим ростом московских академических институтов. На мартовской сессии Академии наук СССР 1936 г. особое внимание было уделено тому, как советская физика откликается на запросы промышленности, как она помогает развитию народного хозяйства — вопросу актуальному вообще, но в те годы индустриализации страны первостепенному.

Главными докладчиками были академик А. Ф. Иоффе, говоривший о работе Физико-технического института, и академики С. И. Вавилов и Д. С. Рождественский, выступившие с докладами о работе ГОИ. На сессии развернулась оживленная дискуссия. В прениях по докладу А. Ф. Иоффе выступил и Дмитрий Сергеевич. Читая сегодня доклады и выступления, может показаться странным как жестко велся спор, как ломались копыя из-за, казалось бы, азбучных истин. Но в те и предшествовавшие им годы эти вопросы были далеко не азбучными. Теория чистой науки имела еще своих поклонников. О. Д. Хвольсон писал, что развитие науки исходит из стремления человека к познанию и удобству, что эти удобства «были достигнуты только благодаря работе ученых, посвятивших свою жизнь физике, с единственной, однако, бескорыстной целью добыть познание и вовсе не справляясь

о той пользе, которую могут принести их открытия»¹. Подобное высказывали и другие известные физики, и не только в 1920 г. Их взгляды можно было отчасти понять. До революции уход в практику, использование своих научных результатов в промышленности означал во многих случаях стремление обогатиться. Продавая знания или основывая собственную фирму для реализации своих замыслов в производстве, ученый сам становился капиталистом. Такое обогащение за счет науки считалось предосудительным, а ученый, изменивший науке ради денег, признавался ренегатом и подвергался насмешкам и осуждению со стороны передовых ученых. Именно так воспитывались молодые ученые, в том числе и Дмитрий Сергеевич. Несмотря на изменившиеся после революции обстоятельства, когда народное хозяйство перешло в руки трудящихся, эти взгляды оказались живучими. Дмитрий Сергеевич ранее других осознал эту перемену. Т. П. Кравец писал об этом: «Рождественский понял это раньше и лучше других. Он не уставал доказывать всем, кого привлекал к совместной работе, как много наука может получить от промышленности и какой долг она имеет перед этой промышленностью, поставленной на службу всему народу, а не узкому кругу собственников. Вера Дмитрия Сергеевича была глубока и искренна, историческую перспективу он указывал столь точно и немудрено, что слово его глубоко западало в душу всякому, кто умел слушать и слышать. Многие из нас стали на путь сближения науки с потребностями производства и обороны, увлеченные словом и примером Рождественского, и наш нравственный долг засвидетельствовать это и ныне, в день торжества, когда его уже нет с нами, но дело его живо и славно»².

Была и еще одна причина, ослаблявшая заботу о промышленности, — плохое знание ее, неумение разобраться в конкретной производственной обстановке, а иногда и просто прикрываемая лень, желание жить спокойно.

Хуже было то, что стремление уйти в чистую науку передавалось научной молодежи. На сессии профессор А. И. Лейпунский, один из руководителей Украинского физико-технического института в Харькове, говорил, что

¹ Хвольсон О. Д. Физика и ее значение для человечества. Стокгольм, 1920, с. 312.

² Кравец Т. П. Памяти Д. С. Рождественского. — В кн.: Воспоминания об академике Д. С. Рождественском, с. 47.

там и в ряде других НИИ «были такие настроения, что каждый молодой физик считал себя „гением“, а наряду с этим существовал термин „грязная техника“»³.

В ГОИ, где каждый молодой физик проходил обязательную работу на производстве, переходил из научного отдела института в технические, участвовал в ликвидации прорывов на ЛенЗОСе, где даже В. А. Фок, поистине молодой гений, изучал с математических позиций вопросы перемешивания оптического стекла на заводе, о подобных настроениях не приходилось слышать. Дмитрий Сергеевич считал, что среди профессоров университета должны быть ученые, которые работают в области, смыкающейся с производством, с техникой. В 1929 г. он выступил в защиту профессора университета М. М. Глаголева, на должность которого был объявлен внеочередной конкурс. «Все работы М. М. Глаголева, — писал Дмитрий Сергеевич, — которые он делал сам или задавал другим, имеют определенный технический уклон, и мне приходилось слышать мнения, что такого рода деятельность очень хороша для профессора ВТУЗа, но профессор университета должен заниматься более абстрактными вопросами. С этим мнением я не могу согласиться и думаю, что оно вообще сейчас несвоевременно, а у нас в Союзе, где поднят вопрос об индустриализации страны, оно просто идет вразрез с общим мнением. Если мы говорим о той помощи, которую наука непосредственно должна давать технике и производству, если мы стремимся воспитать для этого студентов, то, несомненно, среди профессоров физики должны быть лица, стоящие близко к технике»⁴.

Знание техники во многом помогало ученикам Рождественского при выполнении научных работ, особенно при конструировании и изготовлении оригинальных приборов для эксперимента. Дмитрий Сергеевич отмечал: «... все наши сотрудники (ГОИ. — *Авт.*) оценивают прибор совсем другими глазами, другими методами, чем, например, в университетских лабораториях, оторванных от точного производства»⁵.

³ *Лейпунский А. И.* Выступление в прениях по докладу А. Ф. Иоффе. — Известия АН СССР. Серия физическая, 1936, № 1—2, с. 81.

⁴ ААН СССР, ф. 341, оп. 1, № 54, л. 6.

⁵ *Рождественский Д. С.* Научно-исследовательская работа в оптико-механической промышленности. — Оптико-механическая промышленность, 1931, № 1, с. 11.

Доклад и выступление Дмитрия Сергеевича на мартовской сессии, сделанные с присущим ему мастерством говорить образно, используя подчас парадоксальные сравнения, его мысли, выношенные в долгих раздумьях и проверенные в непосредственной практической работе в ГОИ и оптической промышленности, и сейчас не оставят никого равнодушным.

Следует заметить, что Дмитрий Сергеевич всегда с большим уважением относился к словам «техник» и «техника». В докладе на первом годовом собрании ГОИ (15 декабря 1919 г.) он назвал Д. И. Менделеева «истинным техником» не только за то, что Менделеев много сделал для связи между наукой и производством, но прежде всего потому, что открытая им периодическая таблица элементов дала первые закономерности свойств атомов. «Это власть над природой, подчинение ее человеку в мере почти недостижимой — в ней сущность и душа техники»⁶.

В статье «Научно-исследовательская работа в оптической промышленности» он писал: «Нет границы между наукой и техникой. В основе всякого из поставленных вопросов лежит изыскание, изобретение, творческий акт человека, направленный в конечном счете на освобождение его от оков рабского труда, на приобщение каждого к творческой деятельности»⁷.

Понимание связи науки и техники в широком общем плане не заслоняло у Дмитрия Сергеевича и вопросов узкоутилитарного, сегодняшнего внедрения научных результатов в практику. На мартовской сессии Академии наук СССР 1936 г. он говорил: «Наука нужна во всех своих тонкостях и последних открытиях, чтобы применить их к технике, к промышленности»⁸. Он считал, что развитие науки способствует развитию производства, ибо «вложенная в него научная свежая мысль после длительной, иногда многолетней разработки почти всегда заменит дорогую и медленную работу производства легким, быстрым, дешевым»⁹.

В самом начале 30-х годов он писал об этом: «Вся работа науки должна быть направлена на подъем в разносторонней деятельности человека как материальных,

⁶ *Рождественский Д. С.* Избранные труды, с. 63.

⁷ *Оптико-механическая промышленность*, 1931, № 1, с. 10.

⁸ *Рождественский Д. С.* Выступление по докладу академика А. Ф. Иоффе на мартовской сессии АН СССР. М.—Л., 1936, с. 4.

⁹ Там же.

так и культурных ценностей. В частности, те, которые в нашей стране получили назначение работать на отдаленные цели культуры, должны помнить, что цели материальные, промышленности в данный момент стоят на первом плане, и поэтому, преследуя отдаленные цели, нужно тщательно наблюдать, чтобы все применения к промышленности и практике не ускользали от внимания»¹⁰. Этого учета практических нужд Рождественский требовал и от своих учеников.

Примером подобной работы может служить исследование А. И. Салищева «Измерение разрешающей силы спектроскопов», которое было проведено по инициативе Д. С. Рождественского и выполнено при его ближайшем участии. В этой работе, помимо основного результата, было найдено, что, не снижая качества изображения, можно защищать поверхность сильвиновых призм лаком вместо применявшейся ранее защиты плоскопараллельными кварцевыми пластинками, что значительно удешевило изготовление спектрографов.

Опыт работы с ЛенЗОС над созданием производства оптического стекла, когда ГОИ буквально вел все производство, так как в оптической промышленности практически отсутствовали инженеры и грамотные специалисты заводских лабораторий, и успех этого дела, работа с заводом оптических инструментов, где количество технического персонала также было крайне недостаточно, а понимания того, что и в других отраслях народного хозяйства положение не лучше, приводили Дмитрия Сергеевича к мысли, что на данном этапе физики вольно или невольно должны были входить во все нужды промышленности, осуществлять научное руководство ее отдельными отраслями.

Эти свои убеждения он отстаивал на мартовской сессии 1936 г.

К тому времени Физико-технический институт, увлекшись интересными научными исследованиями, значительно ослабил свою связь с производством. Его руководство пыталось теоретически обосновать это новыми историческими условиями, считая, что технические выводы из исследовательских работ должны делать инженерно-технические кадры, работающие на предприятиях.

¹⁰ Рождественский Д. С. Отчет о работе спектроскопического сектора в годовом отчете ГОИ НИС НКТП СССР за 1931 г. — Труды ГОИ, т. 9, Приложение, 1933, с. 47.

Рождественский критиковал недостаточную связь ЛФТИ с промышленностью. «Я считаю ошибкой, — говорил Рождественский, — построение всякого физического института исключительно на теоретических дисциплинах, так как всегда рядом будет промышленное предприятие, которое страдает от недостатка инициативы»¹¹.

Особое недовольство Дмитрия Сергеевича вызвал защищаемый А. Ф. Иоффе тезис о том, что физика — консультант техники, а не ее руководитель, что воплощение физических открытий в практику — дело не физического института, а заводских лабораторий и специальных учреждений для внедрения результатов науки. Он критикует академика Иоффе за то, что у него в институте нет повседневного, этап за этапом, руководства техникой и технологией промышленности в малом и крупном, а есть лишь бросание идей в промышленность, при котором наука получает роль благодетеля издали и полную самостоятельность. В этом случае «теряет смысл наука в социалистической стране, по крайней мере наполовину»¹².

Такой резкий полемический тон выступлений Дмитрия Сергеевича на сессии объяснялся не только его нетерпимостью ко всяким ошибкам, но и, главное, тем, что он заботился о пути, по которому должна была идти наука, и о ее содружестве с промышленностью в будущем и был убежден, что опыт ГОИ, принесший значительные плоды, мог служить примером в этом отношении.

Выступление Д. С. Рождественского было поддержано большинством участников сессии. Критика работы ЛФТИ была правильно воспринята руководством института. А. Ф. Иоффе во вступительном слове на II Всесоюзной конференции по атомному ядру 20—26 сентября 1937 г. говорил: «Полтора года назад мартовская сессия АН СССР подвергла самому подробному разбору работу основных наших физических институтов, и в частности работу ЛФТИ, которым я руководил с самого начала. Наряду с большими результатами, которые были получены за годы революции, на этой сессии выявились с достаточной ясностью некоторые ошибочные направления работы. Для нас, советских физиков, является основной истиной, что всякая наука, в том числе физика, может развиваться и

¹¹ Рождественский Д. С. Выступление по докладу академика А. Ф. Иоффе на мартовской сессии АН СССР, с. 8.

¹² Там же, с. 7.

ставить величайшие проблемы только в том случае, если она самым тесным образом на деле связана с теми практическими приложениями, которые из нее вытекают. Но далеко не везде и не всегда физика была правильным образом связана с ее практическими задачами. Я имею основания утверждать, что те ошибки, которые были вскрыты на мартовской сессии, в настоящее время основательным образом изживаются»¹³.

Сильной стороной в деятельности Физико-технического института, что отмечалось и на сессии, было создание под влиянием А. Ф. Иоффе новых центров физической науки на периферии путем отпочкования отдельных лабораторий и направлений. Так были созданы Украинский физико-технический институт в Харькове, Уральский в Свердловске. В то же время Рождественского упрекнули в «гоицентризме». Дмитрий Сергеевич упрека не принял, считая его преждевременным. Как известно, первым пунктом положения о ГОИ, принятым при его организации, являлась централизация всего, что связано с оптикой, в ГОИ. Это было верно как для начального этапа, когда специалисты по оптике, научной и технической, насчитывались единицами, так и в 1936 г. К тому же по существу вся оптическая промышленность была сосредоточена в Ленинграде. Идея «отпочкования» сама по себе была верна, и Рождественский считал ее целесообразной. Напомним, что после Великой Отечественной войны ГОИ явился создателем новых оптических центров в Белоруссии и Эстонии. В Минске стали работать воспитанники ГОИ: Б. И. Степанов, А. И. Савченко, М. А. Ельяшевич и другие, в Тарту — Ф. Д. Клемент. И эти учреждения добились значительных результатов.

По возвращении Дмитрия Сергеевича с мартовской сессии в Ленинград в ГОИ в апреле 1936 г. было торжественно отмечено его 60-летие. Советское правительство подарило ему легковой автомобиль и дачу, о которой уже говорилось. Он получил большое количество адресов, приветствий от различных учреждений, организаций, отдельных лиц. Приведем полностью лишь одно приветствие — от его учеников, из которого можно понять, что они ценили в своем учителе, что считали главным для себя.

¹³ Известия Академии наук СССР. Серия физическая, 1938, № 1—2, с. 9.

«Дорогой Дмитрий Сергеевич!

Быть может, это несколько необычно, но в день 60-летнего юбилея учителя в слове приветствия и хвалы юбиляру младшее поколение намерено говорить о себе.

Мы намерены говорить о тех идеалах, которые ставим перед собой, о тех качествах, которые стремимся в себе воспитать.

Мы хотим быть сильными, сильными своей волей, организующей себя и других, сильными своим упорством, неотступающим перед трудностями, неистощимой энергией, не знающей отдыха в достижении поставленных задач, ломающей все и всякие преграды.

Мы хотим быть смелыми. Смелыми дерзать, ломать старые пути, смелыми в поисках вечно нового. Смелыми в критике себя и других, смелыми в организации науки.

Наука — жизнь. Жизнь — борьба.

Мы хотим быть выносливыми. Наука требует суровой, спартанской школы, ибо научное поприще — это необозримое поле сражения, с победами и поражениями, отступлениями и атаками, требующее напряжения всех моральных и физических сил бойца.

Мы хотим быть скептиками, ибо без сомнения нет анализа, нет движения вперед. Не сомневаться только в необходимости пытаться природу, в возможности вырвать у нее ее тайны.

Мы хотим быть оптимистами. Вечная жажда жизни делает юными почтенных людей. Вечная жажда борьбы создает непобедимость.

Скепсис и оптимизм. Какое богатое сочетание! Вот наши идеалы, учитель!

Как видите, мы действительно говорим о себе. Но ведь эти качества, которые маячат перед нами вдали, привлекающая наши взоры, — эти качества и близки к нам, они существуют в прекрасном реальном сочетании, они облечены в плоть и кровь в Вас, наш дорогой учитель.

Если мы верно поняли Вас, Ваши методы, Ваши стремления, — это будет лучшей наградой для нас. Это создаст в нас непоколебимую уверенность, что мы на верном пути в стремлении стать людьми, подобными нашему учителю.

Говорим „подобными“, ибо мы не знаем, обладаем ли тем счастливым сочетанием природных качеств, которое позволит нам стать „равными“. Мы говорим о типе ученого.

Мы не говорим о Ваших победах на фронте науки, ибо это было бы только сводкой с поля сражения. Мы не говорим о Ваших талантах, ибо без них Вы не стали бы тем вождем, которым Вы являетесь.

Мы не говорим об этом, ибо борьба в полном разгаре, ибо мы готовы бороться и побеждать под славным стягом нашего учителя.

Группа учеников. Салищев, Покровский, Черняев, Кватер, Царевский и др.»¹⁴

Дмитрий Сергеевич умел быть заботливым, особое внимание он проявлял к молодым, начинающим. Можно привести немало примеров его активной помощи молодым физикам в их работе, его заботы об их быте, здоровье и т. д. Но мы не будем этого делать. Нам кажется, что лучше привести слова благодарности, сказанные ему не после защиты различных диссертаций, когда обрадованный соискатель раздает всем «сестрам по серьгам», не по официальному поводу, а через много лет после смерти Дмитрия Сергеевича, когда благодарившие сами находились на склоне жизни и могли трезво оценить, что было сделано для них их учителем.

Академик, крупнейший советский физик-теоретик В. А. Фок (1898—1974):

«С основателем Оптического института, с выдающимся физиком, ученым и организатором Дмитрием Сергеевичем Рождественским я ближе всего соприкасался в период с 1919 г. по 1923 г. и на всю жизнь сохранил к нему чувство благодарности за то, что он не только поддерживал меня в это тяжелое для меня время, но и дал мне возможность окончить Петроградский университет и посвятить себя физике... Возможность учиться вдохнула в меня новую жизнь и помогла перенести исключительно тяжелые условия того времени и постигшее меня горе (смерть старшей сестры и отца).

Я хорошо помню то впечатление, которое произвели на меня лекции Дмитрия Сергеевича Рождественского (июнь 1919 г.) по только что созданной тогда Нильсом Бором теории строения атома. Мне казалось, что передо мной раскрывается какой-то мир чудес, и у меня разгорелось желание проникнуть возможно глубже в этот мир. Я понял тогда свое призвание — стать физиком-теоретиком. Уже по одному этому, не говоря о материальной

¹⁴ ААН СССР, ф. 341, оп. 2, ед. хр. 45, л. 12.

помощи, без которой я едва ли мог бы выжить, видно, какую большую роль сыграл Дмитрий Сергеевич в моей жизни». И далее: «... в то время я жил один, дома было холодно и приходилось дни и ночи проводить в Физическом институте университета, где тогда помещался ГОИ. Учиться было трудно, питание было плохое, и я уже начинал терять силы, но тут Дмитрий Сергеевич меня спас, назначив мне „атомный паек“.

К концу 1921 года я фактически окончил университет, но, увлеченный математической работой, экзамены сдал еще не все. Тогда со стороны Дмитрия Сергеевича последовал грозный вопрос: „А вы такой теоремы не открывали, что надо университет кончать?“ Это подействовало, и я быстро сдал экзамены...

Дмитрий Сергеевич иногда давал своим сотрудникам темы, превосходящие их силы. Тогда он дал мне один раз трудную тему по дифракции и другую — о взглядах Бора на квантовую механику. Должен сказать, что эти темы я выполнил с некоторым запозданием: дифракцией я занялся вплотную только в последние несколько лет, а статью с критикой на взгляды Бора на квантовую механику сдал в печать только на днях. Не раз я с ним обсуждал принципиальные вопросы квантовой механики, причем он иногда отстаивал мнения далеко не общепринятые.

С именем Дмитрия Сергеевича у меня соединяется образ энтузиаста науки, прямого, искреннего человека, с большой заботой относящегося к окружающим, особенно к молодежи»¹⁵.

Нами в Государственном архиве Октябрьской революции и социалистического строительства Ленинградской области было найдено несколько писем Д. С. Рождественского с просьбой предоставить В. А. Фоку лучшие жилищные условия для его работы. В старой квартире он подвергался буквально издевательствам со стороны некоторых соседей. Новое жилье дали, но вряд ли В. А. Фок знал о том, что обязан этим Дмитрию Сергеевичу.

Физик, академик И. В. Обреимов говорил на чтениях имени Д. С. Рождественского в ГОИ в 1957 г.: «Когда говорят, что Д. С. Рождественский является одним из создателей оптической промышленности и организатором ГОИ или что он был основателем русской оптотехники, — тем, кто

¹⁵ Воспоминания об академике Д. С. Рождественском, с. 57—60.

близко знал Д. С. Рождественского, хочется сказать о нём больше. Не этими, хотя и очень крупными, делами он запомнился тем, кто его знал.

Это был очень крупный, многообразный и своеобразный человек и ученый. Далеко не все, что предпринималось Дмитрием Сергеевичем, стало общим достоянием.

У него было гораздо больше идей, чем это отразилось в его личных печатных работах. И эти идеи он свободно дарил окружающим, надо отметить его необычайную научную щедрость, изумительную легкость, с которой он делился мыслями и знаниями, не требуя ни соавторства, ни даже упоминания о нем. Среди таких мыслей были очень крупные идеи. Среди них: об изучении спектров кристаллов, о ротационных спектрах, в беседе со мной он высказал мысль о необходимости сличить спектр паров бензола и спектр его кристалла. В спектре кристалла не должно быть ротационного спектра. Ему же принадлежит идея использовать иммерсионный метод для экспрессного измерения показателя преломления»¹⁶.

Член-корреспондент АН СССР Е. Ф. Гросс (1897—1972): «Я счастлив, что уже студентом 1-го курса физического факультета начал серьезно заниматься наукой у моего университетского учителя Дмитрия Сергеевича Рождественского, который в феврале 1918 года пригласил меня работать у него в научном отделе ГОИ»¹⁷.

О заботе, проявленной Д. С. Рождественским, писали С. Э. Фриш, А. И. Стожаров и многие другие его ученики.

Г. И. Поляков, один из руководящих работников оптического стекловарения, вспоминал, как он впервые встретился и поговорил с Дмитрием Сергеевичем и тот не забыл его, а когда подбирался штат отдела оптического стекла, включил его туда. «Я никого о переводе не просил и несколько позже узнал, что свершился он благодаря Дмитрию Сергеевичу, который не забыл своего первого разговора со мной. Тогда по молодости и неопытности я не мог в должной мере оценить такого внимания к людям, которое было свойственно Дмитрию Сергеевичу. Я не знал, насколько занят был Дмитрий Сергеевич, не знал, какую громадную работу он проводил. Все это стало мне ясно много позже. Я убедился

¹⁶ Труды ГОИ, 1957, т. 24, вып. 147, с. 5.

¹⁷ Воспоминания о А. Ф. Иоффе, с. 146.

в том, что не только я, но и многие другие обязаны Дмитрию Сергеевичу, определившему их жизненный путь»¹⁸.

Следует заметить, что по воспоминаниям людей, близко знавших Дмитрия Сергеевича, некоторые черты его характера могли быть неприятны окружающим. Часто он был резок, особенно отстаивая свою точку зрения, если он считал ее верной, не умел и не любил обходить острые углы, принятые решения не отменял, за исключением тех случаев, когда его убеждали в неправоте, что было легче сделать в стадии обсуждения. Это давало повод говорить об его упрямстве. Но данные качества шли от его прямоты, честности, неумения лавировать, «дипломатничать».

Интересно, что Д. С. Рождественский послужил Н. К. Черкасову своеобразной моделью при работе над образом профессора Полежаева в фильме «Депутат Балтики». Видимо совет понаблюдать за ним дал Н. Н. Качалов, жена которого актриса Тиме работала вместе с Черкасовым в одном театре. В воспоминаниях А. И. Стожарова можно прочесть: «Знавший его лично выдающийся артист Н. К. Черкасов, готовясь к исполнению роли проф. Полежаева в фильме „Депутат Балтики“, выбрал его в качестве прототипа, с которого он стал копировать черты характера, вживался в роль своего героя. Самостоятельный характер и передовая идейность, глубокая солидарность с линией Советского правительства и старинные манеры, большая дружба с женой и домашний быт — все это соответствовало идеям фильма. Н. К. Черкасов долго наблюдал Д. С. Рождественского. Секретарь дирекции ГОИ Л. А. Пантелли рассказывала, что для проверки своей работы Черкасов загримировался под Дмитрия Сергеевича и пришел вместо него вечером домой. Подделка была открыта не сразу»¹⁹.

¹⁸ Воспоминания об академике Д. С. Рождественском, с. 137.

¹⁹ Там же, с. 101,

Глава двенадцатая

Последние годы жизни

В конце 1938 г. Дмитрий Сергеевич Рождественский ушел из ГОИ. Этот уход был связан с реорганизацией ГОИ с целью большего приближения его работ к техническим нуждам оптико-инструментальных заводов. Член-корреспондент АН СССР С. Э. Фриш, непосредственный свидетель тех дней, писал: «Директором Оптического института был в то время Д. П. Чехматаев, по образованию инженер узкого профиля. Какова роль науки в развитии техники и промышленности, он не понимал. С изрядной долей упорства он пытался сократить в ГОИ объем работ, не имеющих прямой связи с практикой. Особенных нападков с его стороны заслужили работы по редким землям. Мотив при этом был следующий: „редкие земли“ встречаются в природе редко, значит заниматься ими не следует. Дело кончилось тем, что при очередном рассмотрении плана научных работ на 1938 год Чехматаев отказался утвердить работы Дмитрия Сергеевича по исследованию редкоземельных элементов»¹.

Под сомнение была поставлена необходимость исследований по аномальной дисперсии, молекулярной спектроскопии, а также работы, ведущиеся под руководством академика В. А. Фока и члена-корреспондента АН СССР С. Э. Фриша. По существу нависла опасность над всем научным отделом Оптического института. Понимая, что такая ликвидация научного отдела непременно скажется на дальнейшей судьбе ГОИ, отразится и на качестве работы по заданиям оптико-механической промышленности, Дмитрий Сергеевич восстает против такого шага. Он считает необходимым обсудить эту проблему в компетентной ученой организации физиков. 23 октября 1938 г. в Ленинграде собирается совещание группы физики Академии наук СССР в составе академиков А. Ф. Иоффе (председатель), А. Н. Крылова, С. И. Вавилова, Д. С. Рож-

¹Воспоминания об академике Д. С. Рождественском, с. 82.

дественского, членов-корреспондентов АН СССР Д. В. Скобельцына, Я. И. Френкеля, В. А. Фока, А. Н. Теренина, А. И. Алиханова (впоследствии все они, за исключением Я. И. Френкеля, стали академиками). Эта группа целиком поддержала мнение Д. С. Рождественского о недопустимости ликвидации научного отдела ГОИ.

Дмитрий Сергеевич обратился в вышестоящие инстанции с рядом писем, в которых обосновывал необходимость научных работ дальнего прицела для такого учреждения, как ГОИ, написал две заметки «О будущем ГОИ» и «Ближайшая будущность ГОИ» — своеобразные планы-завещания для дальнейшей работы Оптического института. В них он отстаивал свой тезис о необходимости научного отдела в ГОИ. Проиллюстрировав широкий охват различных вопросов, решаемых оптотехниками института, в статье «Ближайшая будущность ГОИ», Дмитрий Сергеевич утверждал: «Это уже делает ГОИ широкой организацией, где исчерпывается большое количество применения оптики в технике. Однако мысль ищет еще новых областей в технике. Возникают новые запросы, которые сначала разрабатываются уже не оптотехниками, а оптиками-физиками. Это вопросы применения интерферометрии к точной механике, сигнализации невидимыми лучами, телевидения и т. п. От физико-оптиков возникают новые приборы, новые объекты производства. Переход от сектора оптотехники к сектору прикладной физической оптики и людей и идей должен совершаться просто и без задержки.

Однако и это не покрывает всех запросов оптической мысли. Остается еще работа оптическими методами над оптическими явлениями: над интерференцией, дифракцией, анализом спектров (здесь и инкриминируемые редкие земли), спектральным анализом, фотохимией, люминесценцией и т. п.

Это — научный отдел (спектроскопический).

1) Он руководит, как и все остальные, выработкой и осуществлением уже существующих специфических, свойственных ему приборов (интерферометры, решетки, эшелоны, спектрографы и т. д.), самых сложных, какие только выдумывал человек.

2) Но он производит также систематические и серьезные научные исследования по всем областям оптических явлений, а не только явлений оптотехники и явлений, непременно имеющих прикладной характер.

Существование научного отдела важно:

1) Прежде всего из его работ рождаются новые идеи по оптике, например идея о спектре рассеяния, и тем самым об оптических колебаниях молекул. Или идея о поведении атома и молекулы при лучеиспускании, исследуемая при помощи аномальной дисперсии. ГОИ, как самая совершенная оптическая организация, должен участвовать в разработке этих мыслей или следить за ними активно.

2) Эти новые идеи часто быстро получают практическое применение и воплощаются в приборах. ГОИ должен следить, чтобы переход от теории к практике происходил без задержки. Это задача социалистической науки.

3) В научном отделе расширяется непосредственно область оплотехники (крайние ультрафиолетовые лучи, рентгеновские лучи, электронные лучи, инфракрасные лучи).

4) В научном отделе определяются и исследуются новые материалы для оптики (кристаллы, жидкости, газы) и тем самым даются новые возможности для оплотехники.

5) Сотрудники научного отдела участвуют в организации специальных курсов и занятий для оплотехников.

6) Сотрудники научного отдела своим общением с другими сотрудниками, своей консультацией, своим участием в жизни и семинарах ГОИ удерживают последний от опасности узкой специализации в оплотехнике.

7) В ГОИ научные работы по оптике благодаря совершенству техники могут быть поставлены с таким блеском и с таким успехом, как нигде в СССР и даже в мире. Так как в СССР нуждаются в научных работах по оптике в ряду своей колоссальной исследовательской деятельности и своего научного движения вперед, то научная работа по оптике должна быть поставлена в ГОИ.

8) Старшие сотрудники-оплотехники должны чувствовать себя дома и в научном отделе, участвовать там в отдельных работах. При правильной постановке подготовки оплотехников должен быть желательным и осуществимым переход работников оплотехников в научный отдел и обратно.

Только таким образом в ГОИ будет осуществлена максимальная научность в технике и производстве и «максимальный практицизм»².

² ААН СССР, ф. 341, оп. 2, № 22, л. 22—24.

Решение вопроса затягивалось на долгие месяцы. Дирекция института предложила план поэтапного сокращения научных лабораторий, рассчитанный на два года. Видя, что такая задержка вносит неразбериху, влияет на работоспособность сотрудников, создает совершенно излишние волнения в коллективе, Дмитрий Сергеевич принимает решение перевести сокращаемые работы в Ленинградский университет, в его Физический институт. В статье Е. Н. Царевского «Общий очерк истории ГОИ» об этом сказано так: «Неизбежные в практической работе противоречия между задачами головного института по оптике и отраслевого института оптико-механической промышленности привели к прекращению работ по некоторым направлениям деятельности института. В 1938 году прекратили работу в институте Д. С. Рождественский с группой молодых научных сотрудников, С. Э. Фриш, В. А. Фок с группой сотрудников, Т. П. Кравец, К. С. Ляликов, К. К. Баумгарт и др. Д. С. Рождественский и Т. П. Кравец остались консультантами: первый — в лаборатории микроскопии, второй — в фотографическом секторе»³.

С января 1939 г. уже в ЛГУ началась работа Д. С. Рождественского совместно с молодым физиком Н. П. Пенкиным по определению сил осцилляторов в парах тугоплавких металлов — продолжение его первых работ, которая выполнялась в тех же помещениях первого этажа Физического института. В эти же годы были завершены его работы в области микроскопии. Продолжала свою работу и группа редких земель. В последние годы Дмитрий Сергеевич отошел от научно-организационной работы, сосредоточившись на чисто научных исследованиях.

Профессор Н. П. Пенкин оставил воспоминания о том, как проходили рабочие дни Дмитрия Сергеевича: «Первую половину дня он обычно работал дома; читал новые номера физических журналов, обдумывал очередные эксперименты или же проводил расчеты, связанные с двумя проблемами, которые в то время его особенно интересовали (определение сил осцилляторов и оптическая микроскопия). В час или два часа дня он приходил в Физический институт и занимался экспериментом или делами, связанными с работой своей лаборатории. Когда Дмитрий

³ 50 лет ГОИ, с. 22.

Сергеевич экспериментировал, он делал своими руками все... Обычно в лаборатории Дмитрий Сергеевич работал до 6 часов вечера, после чего мы шли к нему обедать. Жил он тогда на Биржевой линии в доме рядом с Физическим институтом, и поэтому на обед и отдых у нас уходило меньше полутора часов. В начале восьмого мы возвращались в лабораторию и работали обычно до половины двенадцатого, покидая университет через калитку на северной стороне галереи главного здания, которую нам открывал дежурный вахтер, мы почти всегда слышали по радио полуночный бой кремлевских курантов. Вечером работать было особенно приятно, так как никто и ничто не отвлекало нас. Перед концом работы прежде, чем уйти домой, мы подводили итог сделанному за день и обсуждали и составляли программу на завтрашний день»⁴.

Работа поздним вечером, захватывая ночи, была давней привычкой Дмитрия Сергеевича, связанной с условиями его работы над магистерской и докторской диссертациями. Чтобы устранить искажения интерференционной картины, вызванные всякими сотрясениями, приходилось выжидать, когда в Физическом институте и вблизи него успокаивалось движение, затихал транспорт.

Н. П. Пенкин, С. Э. Фриш и другие ученые, которым пришлось работать непосредственно с Дмитрием Сергеевичем, вспоминали, что он все делал своими руками, даже гордился тем, что все умел сделать, не прибегая к чужой помощи. Пенкин приводит анекдотический случай, когда один из университетских администраторов ужаснулся, увидев под лабораторным столом 64-летнего академика, производившего необходимые ему промеры, и сделал Николаю Петровичу выговор. Дмитрий Сергеевич прореагировал на рассказанное ему со смехом: «А вы, батенька мой, впредь закрывайте дверь на замок». Другой случай приводит Фриш. «Зайдя ко мне в лабораторию, Дмитрий Сергеевич увидел, что раковина полна воды. Что это? — спросил он. Я сказал, что уже несколько дней, как засорилась раковина, но водопроводчик не приходит ее прочистить.

— Нечего ждать водопроводчика, — сказал Дмитрий Сергеевич. Он скинул пиджак, засучил рукава, взял проволоку, тряпки. Через пять минут раковина была прочищена. Обращаясь ко мне, он прибавил:

⁴ Воспоминания об академике Д. С. Рождественском, с. 128.

— Все, что можно, надо делать самому»⁵.

Это воспитание личным примером оставляло глубокий след у его учеников, приучало быть такими же.

14 февраля 1939 г. умерла сестра супруги Дмитрия Сергеевича Мария Антоновна Добиаш, которая жила вместе с ними и выполняла роль хозяйки дома. Мария Антоновна, по отзывам знавших ее людей, была умным, милым человеком, обладавшим чувством юмора, хорошим рассказчиком, наблюдательным собеседником. Ольга Антоновна тяжело переживала случившееся, обострилось и ее заболевание. 30 августа 1939 г. она умерла. Для Дмитрия Сергеевича это было самым тяжелым несчастьем, предрешившим уход из жизни его самого. До самого последнего времени об этом никогда не писали, словно было наложено табу. До сих пор существует в людском мнении предубеждение к людям, расставшимся с жизнью добровольно. К. К. Баумгарт вспоминал о том, что у Дмитрия Сергеевича была договоренность с Ольгой Антоновной не переживать долго друг друга, заключенная еще в годы юношеской влюбленности.

25 июня 1940 г. Дмитрий Сергеевич Рождественский ушел из жизни.

Память о Дмитрии Сергеевиче Рождественском увековечена в нашем народе.

В Государственном оптическом институте ежегодно проводятся «Чтения имени Д. С. Рождественского». На здании ГОИ установлена мемориальная доска, в фойе института установлен бюст-памятник, открытый в апреле 1976 г. в дни юбилейных торжеств, посвященных 100-летию со дня рождения Дмитрия Сергеевича. В августе 1969 г. Совет Министров СССР учредил премию его имени за лучшие работы по оптике. Первая премия была присуждена в 1971 г. Н. П. Пенкину и А. М. Шухтину за цикл работ по развитию и применению интерференционного метода Д. С. Рождественского.

⁵ Воспоминания об академике Д. С. Рождественском, с. 72.

Исследование аномальной дисперсии света в парах металлов. «Метод крюков»

Основное научное наследие Дмитрия Сергеевича Рождественского условно можно разделить на три цикла работ. Первый, включающий главную часть трудов ученого, представляет исследование по аномальной дисперсии света в парах металлов и использованию этого явления для определения чисел диспергирующих центров (электронов) и сил осцилляторов. Этой теме были посвящены магистерская и докторская диссертации Рождественского, к ней он не раз возвращался, и его последнее исследование было связано с той же излюбленной темой — аномальной дисперсией. Второй цикл охватывает труды по теории атомных спектров и строению атомов. Третий — содержит работы по теории изображения в микроскопе. Кроме того, Дмитрий Сергеевич выполнил ряд работ вне названных циклов.

В настоящей главе будет рассмотрено первое крупное исследование Д. С. Рождественского — «Аномальная дисперсия в парах натрия». Чтобы оценить значение работы Рождественского в общем потоке исследований, полезно коротко остановиться на самой проблеме аномальной дисперсии света, истории ее возникновения и последующего развития.

Дисперсией света называют зависимость коэффициента преломления вещества от длины световой волны и явления, обусловленные этой зависимостью. Среди других оптических явлений дисперсия занимает особое место, будучи наиболее тесно связанной с проблемой взаимодействия света с вещественной средой. Ее изучение и теоретическое осмысливание сыграло важную роль в развитии представлений о строении материи. Автор известного теоретического курса физики К. Шеффер называет дисперсию фундаментальнейшей проблемой физики. Неудивительно, что проблемой дисперсии на разных этапах занимались многие выдающиеся ученые.

Впервые систематическое изучение дисперсии света было предпринято Ньютоном (1672 г.). Он установил, что обыкновенный белый свет имеет сложный состав, складываясь из лучей различного цвета, и сформулировал фундаментальный вывод: лучи, отличающиеся по цвету, отличаются и по степени преломляемости. В этом коротком утверждении содержится определение дисперсии, сохранившееся до наших дней (с тем терминологическим отличием, что теперь обычно говорят не о цвете лучей, а о длине световой волны, но суть дела остается той же, поскольку именно длина волны определяет цветность световых лучей. Во времена же Ньютона господствовали корпускулярные представления о природе света). В этом смысле можно говорить об открытии дисперсии света Ньютоном: хотя факт разложения белого света в спектр призмой был известен до него, но попытки объяснения этого явления носили скорее фантастический, чем научный, характер.

Явление дисперсии естественным образом могло быть объяснено с точки зрения корпускулярной теории света: следовало каждому цвету приписать свои корпускулы — «атомы света». В то же время объяснение различной преломляемости цветных лучей с позиций волновой теории встречало большие трудности. Различная преломляемость означает разные скорости распространения цветных лучей. Между тем было известно, что в непрерывной упругой среде механические колебания (звук) распространяются со скоростью, которая зависит только от свойств среды — упругости и плотности — и одинакова для волн различной длины.

Первая попытка найти выход из этого затруднения была сделана О. Л. Коши в 1836 г. Этот ученый исходил из того, что световой эфир сам имеет дискретную атомистическую структуру и состоит из частиц, расстояния между которыми сравнительно с их размерами бесконечно велики. Для волн с длиной, много большей расстояний между частицами, ситуация близка к наблюдаемой при прохождении волны в непрерывной среде, и ожидать дисперсии нельзя. Дисперсия должна существовать для волн с длиной, соизмеримой с пространственной неоднородностью среды. (При этом существенно, что в телах скорость света, а вместе с ней длина световой волны уменьшаются по сравнению со свободным эфиром.) Развивая эти идеи, Коши разработал свою теорию дисперсии и получил формулу, выражающую зависимость коэффициента преломле-

ния от длины волны в виде ряда

$$n^2 - 1 = a + b/\lambda^2 + c/\lambda^4. \dots, \quad (1)$$

где λ — длина волны в свободном эфире, a , b и c — постоянные константы, имеющие определенные значения для каждого вещества.

Согласно формуле Коши, коэффициент преломления монотонно уменьшается с увеличением длины волны, т. е. по мере продвижения от фиолетового конца спектра к красному. Такая зависимость впоследствии получила название нормальной дисперсии.

Закон Коши хорошо оправдывался во всех известных в то время случаях дисперсии и не подвергался сомнению вплоть до 60-х годов XIX в. Первый тревожный сигнал последовал в 1862 г., когда французский ученый Ф. Леру обнаружил, что поляя стеклянная призма, наполненная парами иода, дает спектр с «ненормальным» распределением цветов — синие лучи преломлялись слабее, чем красные. Поскольку такое поведение преломленных лучей противоречило привычному, казавшемуся в течение многих лет единственно возможным (напомним, что опыты Ньютона по дисперсии света были выполнены в 70-х годах XVII в., что и до Ньютона многие ученые занимались опытами с призмами), Леру назвал открытый им случай преломления «аномальной дисперсией» — этот термин сохранился до нашего времени.

Открытие Леру было сделано случайно, в ходе исследования показателя преломления некоторых веществ, приведенных нагреванием в газообразное состояние. Странным образом (впрочем, история науки знает немало подобных случаев) замечательное открытие Леру не сразу обратило на себя внимание современников; в течение ряда лет в научной литературе не появлялось публикаций, относящихся к аномальной дисперсии. Внимание ученых к этой проблеме привлекли исследования датского физика К. Христиансена (1870—1872 гг.), который повторно открыл аномальную дисперсию, наблюдая преломление света призмой, наполненной спиртовым раствором фуксина (анилиновой краски, имеющей сильную полосу поглощения в зеленой части спектра). Он обнаружил, что в спектре, даваемом такой призмой, цвета располагались необычным образом — фиолетовые лучи преломлялись менее, чем красные. Христиансен не ограничился качественными

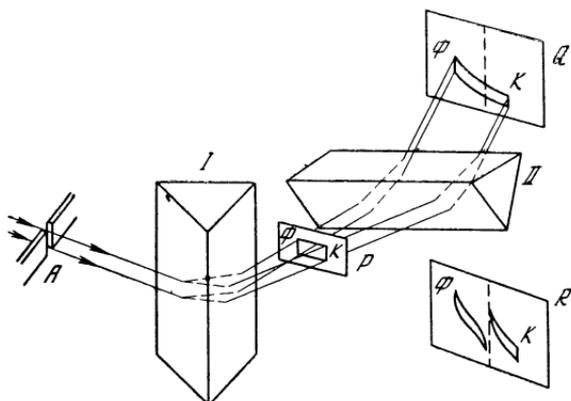


Рис. 3. Схема метода скрещенных призм

наблюдениями и предпринял измерения показателей преломления растворов фуксина для четырех различных концентраций. Измерения подтвердили аномальный ход зависимости показателя преломления от цветности лучей.

Немедленно вслед за Христиансенем систематическими исследованиями аномальной дисперсии занялся немецкий ученый А. Кундт. Объектом его опытов были не отдельные вещества, как у Леру и Христиансена, а целый класс тел, к которому принадлежали иод, фуксин, соли хрома и другие вещества, обладающие поверхностной окраской в результате избирательного отражения лучей определенного цвета.

Кундт использовал для изучения аномальной дисперсии метод скрещенных призм, предложенный в свое время еще Ньютоном. Свет последовательно проходит через две призмы, преломляющие ребра которых расположены перпендикулярно одно другому (рис. 3). Спектр P , полученный от стеклянной призмы I с вертикальным преломляющим ребром, отклоняется затем призмой II , имеющей горизонтальное преломляющее ребро. При этом горизонтальность спектральной полоски искажается, и, поскольку всюду отклонение пропорционально коэффициенту преломления (точнее, $n-1$), формула искривленного спектра Q дает ход кривой дисперсии. В опытах Кундта вторая призма была наполнена веществом с узкой полосой поглощения в видимой части спектра. В этом случае метод скрещенных призм давал характерную разрывную картину

дисперсии в том месте, где расположена полоса поглощения.

Кундт установил закон принципиальной важности, согласно которому аномальная дисперсия тесно связана с поглощением света: все тела, дающие аномальную дисперсию в какой-либо области спектра, сильно поглощают свет в этой области. Если в спектре вещества присутствует полоса поглощения, то приближение к ней со стороны красной части спектра сопровождается сильным увеличением коэффициента преломления; наоборот, приближение к полосе поглощения со стороны коротких длин волн — «ненормальным» уменьшением коэффициента преломления. В результате значение коэффициента преломления для более длинных волн может оказаться большим, чем для коротких волн.

Уже в первых работах Кундт высказал мысль, что установленная им связь между аномальной дисперсией и поглощением должна существовать не только для тел в жидком состоянии, но и для твердых тел, а также газов и паров, обладающих выраженной поглощательной способностью. Спустя несколько лет он случайно обнаружил аномальную дисперсию паров натрия (1880 г.). Открытие было сделано не в ходе специально поставленного опыта, а при подготовке совместно с ассистентом Кольраушем лекционной демонстрации поглощения света парами натрия. Как это обычно делается в опытах по получению спектра поглощения, на пути света, идущего от источника к дающей горизонтальный спектр призме, была расположена бунзеновская горелка, в пламя которой вводился кусочек натрия. Кундт обратил внимание на своеобразный вид полученного на экране спектра: помимо появления темной полоски в желтой части спектра, он заметил характерные изгибы спектральной полосы в разные стороны по бокам темной полоски. Кундт в этой случайно подмеченной картине сразу распознал явление аномальной дисперсии. Он пришел к выводу, что пары натрия благодаря конусообразной форме пламени действуют, как призма с горизонтальным преломляющим углом с основанием вниз. Таким образом, по существу, воспроизводилась схема со скрещенными призмами, которой широко пользовался Кундт в своих опытах по аномальной дисперсии в растворах вещества.

Благодаря счастливой случайности Кундт одновременно получил два важных результата: обнаружил ано-

мальную дисперсию света в парах натрия и открыл своеобразный метод наблюдения аномальной дисперсии в парах с использованием в качестве призмы конического пламени горелки, содержащего эти пары. Метод Кундта нашел своих последователей, и с его помощью некоторые ученые наблюдали аномальную дисперсию повторно в парах натрия и других металлов. Так, в 1887 г. А. Винкельман распространил наблюдения на пары калия. А. Беккерелю удалось впервые наблюдать две области аномальной дисперсии, соответствующие двум линиям желтого дублета натрия (1898 г.). Усилия экспериментаторов были направлены на то, чтобы придать пламени, в котором находились пары вещества, более резко выраженную призматическую форму и повысить плотность паров. Так, О. Луммер и Е. Прингсгейм смогли получить в пламени калильной горелки пары металлов такой плотности, что характерную картину аномальной дисперсии можно было продемонстрировать в аудитории (1903 г.). Эти же исследователи использовали пламя вольтовой дуги, которое принимает призматическую форму при вертикальном расположении обоих углей. Этот метод позволил им наблюдать аномальную дисперсию около линий поглощения ряда металлов: кальция, стронция, хрома, железа, других линий натрия.

Важным шагом в развитии экспериментальных исследований аномальной дисперсии явились работы итальянского физика Л. Пуччианти (1904—1906 гг.), который предложил интерференционный метод изучения явления, основанный на использовании скрещенных интерферометра и спектрографа (подробнее см. с. 188). Благодаря большой чувствительности метода Пуччианти удалось наблюдать и фотографировать картину аномальной дисперсии около многих линий железа в дуге с железными электродами и у кальция. Кардинальный этап в развитии экспериментальных методов исследования аномальной дисперсии паров металлов связан с работами американского физика Р. Вуда (1902—1904 гг.), о которых также будет сказано несколько позднее.

Открытие аномальной дисперсии нанесло удар теории Коши и потребовало пересмотра теоретических представлений о природе дисперсии света вообще. Решающий шаг в этом направлении был сделан немецким физиком В. Зеллмейером вслед за первыми публикациями Христиансена и Кундта в его работе «О возбуждении колебаниями эфира вещественных частиц и их обратном воздействии на коле-

бания в эфире, объясняющих, в частности, явление аномальной дисперсии» (1871 г.)¹. Зеллмейеру принадлежит фундаментальная идея, согласно которой частицы вещества, вкрапленные в эфир, представляют собой системы, способные совершать колебания под действием внутренних упругих сил, с собственными частотами, характерными для данного вещества, т. е. являются гармоническими осцилляторами. Такие системы откликаются на внешнее периодическое воздействие — резонируют, подобно тому как камертон откликается на звуковые волны. Под действием световой волны частоты ω частицы вещества совершают вынужденные колебания с этой внешней для них частотой. Колебания частиц в свою очередь оказывают обратное воздействие на эфир, что и приводит к изменению скорости распространения световой волны.

Для вывода формулы дисперсии Зеллмейер обращается к закону сохранения энергии в форме «начала живых сил», полагая, что в ходе взаимодействия между частицами эфира и частицами вещества происходит обмен живыми силами. При этом потеря последних частицами эфира в некотором малом объеме должна равняться увеличению живых сил весомой материи, заключенной в том же объеме. Уравнение баланса живых сил и приводит к выражению для преломляющей способности:

$$n^2 - 1 = \frac{D\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2}. \quad (2)$$

Здесь D — постоянная, характерная для данного вещества, λ — длина волны, λ_0 — длина волны (в эфире), для которой частота колебаний совпадает с собственной частотой частиц. Это и есть знаменитая формула дисперсии Зеллмейера, экспериментальному подтверждению которой были посвящены первые исследования Д. С. Рождественского.

Ход зависимости коэффициента преломления от длины волны, соответствующий формуле (2), изображен на рис. 4. Кривая имеет характерный разрыв вблизи полосы поглощения. Она хорошо передает зависимость коэффициента преломления от длины волны как вдали, так и вблизи (но не слишком близко) от полосы поглощения. В случае

¹ *Sellmeier W. Ueber die durch die Aetherschwingungen erregten Mitschwingungen der Körpertheilchen und deren Rückwirkung auf die ersteren, besonders zur Erklärung der Dispersion und ihrer Anomalien. — Ann. Phys. Chem., 1872, Bd. 145, S. 399—421, 520—549; Bd. 147, S. 386—403, 525—554.*

очень длинных волн знаменатель формулы Зеллмейера становится равным λ^2 , и, поскольку для паров величина D невелика, n почти не отличается от единицы. Для очень коротких волн дробь в формуле становится малой и n оказывается также близким к единице.

По мере приближения к полосе поглощения со стороны длинных волн коэффициент преломления увеличивается, все более отличаясь от единицы, и становится аномально большим в непосредственной близости к полосе поглощения. Для длин волн, меньших λ_0 , коэффициент преломления оказывается меньше единицы и вблизи от полосы поглощения принимает аномально малые значения. Теория Зеллмейера блестяще подтвердила эмпирически установленный Кундтом закон о быстром изменении показателя преломления вблизи линий поглощения. Таким образом, связь между аномальной дисперсией и поглощением получила теоретическое обоснование.

Если принять во внимание, что в веществе может быть несколько сортов частиц с различной собственной частотой колебаний, т. е. имеется несколько полос поглощения, то формула Зеллмейера в этом общем случае принимает вид

$$n^2 - 1 = \sum_i \frac{D_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2}. \quad (3)$$

Каждому слагаемому соответствует свое значение постоянной D_i и длины волны λ_i .

Слабым местом в теории Зеллмейера было то, что в ней молекулы рассматривались как системы, колеблющиеся без затухания. В этом заключается причина того, что формула Зеллмейера при $\lambda \rightarrow \lambda_0$ дает результат $n \rightarrow \infty$, лишенный физического смысла. Кривые дисперсии по обе стороны от полосы поглощения уходят в бесконечность, поведение показателя преломления внутри полосы поглощения формула не в состоянии описать. Таким образом, теория Зеллмейера не давала полного описания явления аномальной дисперсии во всех его деталях.

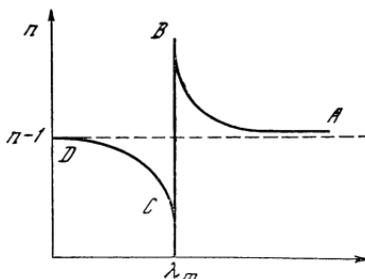


Рис. 4. Кривая дисперсии по методу Зеллмейера

Этот теоретический пробел заполнил Г. Гельмгольц (1875 г.)². Он развил теорию Зеллмейера, введя в уравнение, описывающее колебания резонаторов, член, обуславливающий затухание (аналогичный силе трения). Гельмгольц полагал, что такое затухание, или потеря энергии колеблющимися частицами, должно быть, иначе нельзя объяснить поглощение света — энергия, получаемая от световых волн, возвращалась бы в эфир и никакого поглощения не было бы. Таким образом, добавочный член был введен в теорию чисто феноменологически, не вскрывая механизма и причин затухания.

Учет затухания позволил Гельмгольцу получить формулу дисперсии, согласно которой кривая коэффициента преломления, приближаясь к полосе поглощения, уже не уходит в бесконечность, как у Зеллмейера, а проходит некоторый максимум (двигаясь со стороны длинных волн), затем круто опускается, соединяясь со второй ветвью, которая, в свою очередь, проходит через минимум.

Итак, теория Зеллмейера — Гельмгольца хорошо объяснила типичный ход дисперсии около полос поглощения и внутри их. Это совпадение с опытными данными свидетельствовало о том, что исходные положения теории о колеблющихся частицах вещества, резонирующих на колебания световой волны, и о затухающем характере колебаний частиц правильно отражают действительность. Эти представления вошли как основа и в последующие теории дисперсии, основанные на электромагнитной и электронной теории, и обусловили глубокое сходство между этими теориями и исходными теориями Зеллмейера — Гельмгольца. Различие между ними связано с уточнением природы колеблющихся систем, механизма затухания и физических причин, заставляющих скорость света изменяться при вхождении в вещество.

Собственно говоря, электромагнитная теория в ее первоначальном виде, пришедшая на смену «старшей сестре» — упругой теории света, не была в состоянии объяснить явление дисперсии. По словам академика Г. Ландсберга, наличие дисперсии света явилось одним из фундаментальных затруднений первоначальной электромагнитной теории света Максвелла. Согласно этой теории, коэффициент преломления $n = \sqrt{\epsilon\mu} \approx \sqrt{\epsilon}$ (поскольку магнитная прони-

² *Helmholtz H.* Zur Theorie der anomalen Dispersion. — *Ann. Phys. Chem.*, 1875, Bd. 154, S. 582.

цаемость μ для большинства тел практически равна единице). Но величина ϵ в теории Максвелла — диэлектрическая постоянная, характерная для данного вещества константа. Таким образом, показатель преломления не должен зависеть от длины волны.

Эти трудности были преодолены лишь с позиций электронной теории, позволившей дать молекулярное толкование формальным параметрам ϵ и μ и одновременно объяснить влияние частоты электромагнитного поля на ϵ и тем самым на n . Эта заслуга принадлежит главным образом Г. А. Лоренцу, который выдвинул основную идею о роли колебаний электронов в дисперсии света в 1892 г., в его первом варианте электронной теории. Полная теория дисперсии была им дана в статье «Оптические явления, обусловленные зарядом и массой ионов» (1898 г.) и позднее в книге «Теория электронов» (1909 г.).

Если Зеллмейер и Гельмгольц впервые ввели молекулярные представления о строении вещества в упругую теорию света и на этой основе построили теорию дисперсии, то аналогичную задачу по отношению к электромагнитной теории света поставил и решил Г. А. Лоренц.

Программа была сформулирована в 1875 г. в диссертации Лоренца: «В современной своей форме теория Максвелла не в состоянии объяснить дисперсию. Но это не страшно. Может быть, ее удастся вывести, если учитывать все обстоятельства, имеющие место при изучении диэлектрической поляризации, в частности молекулярное строение материи»³. Позднее, реализуя эту идею, Лоренц следовал по пути, проложенному Зеллмейером и Гельмгольцем. «Эта теория, — писал он, — весьма напоминает то объяснение, которое было предложено разными физиками, разрабатывавшими теорию света в ее первоначальной форме, когда эфир рассматривался как упругое тело.

...Развиваемая здесь теория распространения света в системе молекул основана на тех же принципах, как и это старое объяснение дисперсии, и единственное различие заключается в том, что мы неизменно пользовались терминами электромагнитной теории и что малые частицы Зеллмейера теперь превратились в наши электроны»⁴.

Кроме Лоренца, разработкой теории дисперсии с тех же позиций занимались П. Друде (1893 г.), В. Фойгт (1897 г.),

³ Цит. по: Лоренц Г. А. Старые и новые проблемы физики. М., Наука, 1970, с. 313.

⁴ Лоренц Г. Теория электронов. М., Гостехиздат, 1953, с. 213.

М. Планк (1897—1905 гг.). Исходным для всех теорий было представление о присутствии в составе атомов и молекул вещества заряженных частиц (электронов и ионов), удерживаемых около положения равновесия квазиупругими силами и способных совершать под действием этих сил колебания с определенной собственной частотой ω_0 .

Когда световая (электромагнитная) волна воздействует на вещество, заряженные частицы начинают колебаться в такт с колебаниями волны, другими словами, совершают вынужденные колебания с частотой падающей волны. При этом частицы сами становятся источниками вторичных волн, которые, интерферируя с первичной волной, образуют результирующую волну, распространяющуюся в веществе с амплитудой и фазой, отличными от амплитуды и фазы первичной волны. Это приводит к тому, что фазовая скорость волны в веществе отличается от скорости, с которой она распространялась бы в пустоте. Изменение скорости будет тем больше, чем больше амплитуда вынужденных колебаний электронов, которая существенно зависит от соотношения между собственной частотой колебаний и частотой падающей световой волны. Наиболее заметно скорость света в веществе изменяется для волн с частотами, близкими к частоте собственных колебаний электронов.

Таков механизм взаимодействия световой волны и вещества, приводящий к дисперсии света. Однако теорию дисперсии можно построить более формально, не вдаваясь детально в рассмотрение интерференции падающей и вторичных волн, а используя в качестве исходных положений связь между коэффициентом преломления n и диэлектрической постоянной ϵ ($n = \sqrt{\epsilon}$) и известное соотношение, связывающее величину ϵ с поляризацией вещества P ,

$$D = \epsilon E = E + 4\pi P.$$

Здесь D — электрическое смещение. Оба соотношения дают

$$n^2 = 1 + 4\pi \frac{P}{E}. \quad (4)$$

Величина P представляет собой электрический момент единицы объема, возникающий в результате сдвига заряженных частиц внутри атомов или молекул под действием внешнего поля и равный сумме электрических моментов поляризованных атомов, содержащихся в единице объема.

Если считать, что в атоме может смещаться один электрон, то

$$P = Nr = Ner$$

(e — заряд электрона, r — его смещение из положения равновесия). Тогда (4) переписется в виде

$$n^2 - 1 = 4\pi N \frac{p}{E} = 4\pi N\alpha, \quad (5)$$

где $\alpha = p/E$ — поляризуемость атома.

Таким образом, задача сводится к определению смещения электрона (или поляризуемости α) под влиянием внешнего воздействия со стороны периодически меняющегося электрического поля световой волны $E = E_0 \sin \omega t$. Величина r находится, как обычно в задачах о вынужденных колебаниях, путем решения Ньютонова уравнения движения электрона, которое для простого случая, когда не учитывается затухание и действие окружающих атомов, имеет вид

$$m\ddot{r} = eE - br,$$

или

$$\ddot{r} + \omega_0^2 r = \frac{e}{m} E_0 \sin \omega t, \quad (6)$$

где $\omega_0 = \sqrt{b/m}$ — частота собственных колебаний электрона, $f = -br$ — квазиупругая сила. Решение уравнения (6), имеющее вид

$$r = \frac{eE_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)} \sin \omega t,$$

предопределяет структуру искомой дисперсионной формулы. Имеем для поляризуемости

$$\alpha = \frac{er}{E} = \frac{e^2}{m} \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2},$$

и формула (5) принимает вид

$$n^2 - 1 = \frac{4\pi N e^2}{m} \frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2}. \quad (7)$$

Такова дисперсионная формула, полученная Друде и Фойгтом для рассматриваемого простого случая.

Если перейти от частот к длинам волн, пользуясь равенством $\omega = 2\pi c/\lambda$, то формула (7) может быть записана в виде

$$n^2 - 1 = \frac{|Ne^2\lambda_0^2}{\pi mc^2} \frac{\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2}, \quad (8)$$

или

$$n^2 - 1 = \frac{D\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2}, \quad (9)$$

где

$$D = \frac{Ne^2\lambda_0^2}{\pi mc^2}. \quad (10)$$

Формула (9) вполне аналогична первоначальной формуле Зеллмейера (2). Все, что было сказано о ходе дисперсионной кривой по формуле Зеллмейера, относится и к формуле Друде, хорошо объясняющей аномальный ход дисперсии вблизи линий поглощения (для которых $\lambda = \lambda_0$ или $\omega = \omega_0$) — резкое возрастание коэффициента преломления на одну сторону от линии поглощения и столь же крутой спад по другую сторону. С позиций электронной теории это явление связано с резонансным характером раскачивания электронов в атоме под действием световой волны. При наличии нескольких полос поглощения и соответственно нескольких частот собственных колебаний электронов величина $n^2 - 1$ представится как сумма нескольких слагаемых, каждое из которых имеет вид правой части (9):

$$n^2 - 1 = \sum_i \frac{D_i \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \left(D_i = \frac{N_i e^2 \lambda_i^2}{\pi mc^2} \right). \quad (11)$$

При частоте световой волны, совпадающей с собственной частотой колебаний электрона, формула Друде—Зеллмейера (9) дает значение коэффициента преломления, равное бесконечности. Этот результат является следствием упрощающего предположения об отсутствии затухания колебаний электрона. В действительности электрон, совершающий колебательное движение под действием квазиупругих сил, постепенно теряет свою энергию, амплитуда колебаний с течением времени уменьшается — происходит затухание колебаний. Такая потеря энергии возникает уже в силу того, что колеблющийся заряд излучает энергию в виде электромагнитных волн. Имеются и другие физические причины, обуславливающие потери энергии.

Независимо от механизма явлений все они влияют на движение электрона как некоторая тормозящая сила. Подобно тому как при механических колебаниях силы трения во многих случаях принимаются пропорциональными скорости движения, эту тормозящую силу можно принять пропорциональной скорости движения электрона: $f = -g\dot{r}$.

С учетом «силы трения» уравнение движения электрона (6) преобразуется в следующее:

$$m\ddot{r} = eE - br - g\dot{r}. \quad (12)$$

В теории, учитывающей затухание, должна содержаться связь явления дисперсии с поглощением, поскольку затухание электрона-осциллятора представляет собой процесс растраты энергии, заимствованной от падающей световой волны, что ведет к ослаблению интенсивности волны, т. е. к поглощению.

В уравнении (12) содержится полное решение, включающее как дисперсию, так и абсорбцию вблизи линий поглощения. Коэффициенты преломления n и поглощения κ оказываются связанными двумя уравнениями:

$$\begin{aligned} n^2(1 - \kappa^2) &= 1 + 4\pi \frac{e^2}{m} N \frac{\omega_0^2 - \omega^2}{(\omega_0^2 - \omega^2) + (g/m)^2 \omega^2}; \\ 2n^2\kappa &= 4\pi \frac{e^2}{m} N \frac{(g/m) \omega}{(\omega_0^2 - \omega^2) + (g/m)^2 \omega^2}. \end{aligned} \quad (13)$$

При $g=0$ вторая из формул (13) дает $\kappa=0$ — отсутствие затухания, а первая переходит в формулу Зеллмейера (8). Формула (13) позволяет судить о ходе дисперсии внутри широкой полосы поглощения. Он оказывается обратным нормальному ходу, имеющему место в прозрачных средах, «аномальным»: коэффициент преломления убывает при уменьшении длины волны (увеличении частоты).

Теория Друде—Фойгта применима для газов и паров при не слишком больших плотностях, когда можно пренебречь действием на данный электрон окружающих молекул. Для сжатых газов и в особенности для жидкостей и твердых тел такое допущение неправомерно. В этом общем случае теория дисперсии была развита Лоренцем. По Лоренцу, эффект действия других молекул связан с тем, что эти молекулы поляризуются внешним полем и создают свои микрополя, так что суммарное поле, действующее на данный электрон, отличается от поля падающей волны. С несколько других позиций проблема была рассмотрена Планком. Полученные Лоренцем и Планком ди-

дисперсионные формулы имеют более сложный вид по сравнению с формулами Друде—Фойгта и содержат их как частный случай.

Всякая теория нуждается в экспериментальной проверке. Между тем, несмотря на то что дисперсионная формула Зеллмейера (казалось бы, наиболее простая для проверки) появилась еще в 1871 г. и была подтверждена в электронных теориях дисперсии, детальное экспериментальное обоснование ее затянулось на многие годы. Экспериментальные исследования аномальной дисперсии носили в основном качественный характер лишь с отдельными количественными результатами.

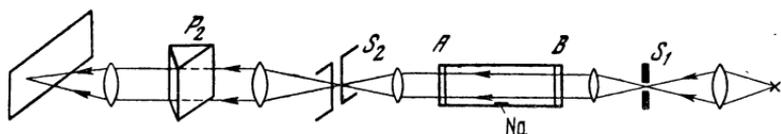


Рис. 5. Схема опыта Вуда

Первая серьезная попытка количественного подтверждения справедливости формулы Зеллмейера была предпринята блестящим экспериментатором — американским физиком Р. Вудом в 1902—1904 гг. Если многие другие исследователи изучали главным образом светящиеся пары в пламени горелки, в вольтовой дуге и т. п., то Вуд впервые исследовал темные пары натрия, что было важно в смысле большей определенности условий. Кусочек натрия помещался в стальной горизонтально расположенной трубке АВ, закрытой по торцам стеклянными пластинками и наполненной водородом (или эвакуированной) (рис. 5). Средняя часть трубки нагревалась снизу горелкой, натрий испарялся и диффундировал к более холодным частям трубки, образуя цилиндрический столб паров, плотность которого быстро убывала в вертикальном направлении и который действовал, как призма с преломляющим углом, расположенным сверху перпендикулярно оси сосуда. Образованная таким образом «призма» помещалась в обычную схему скрещенных призм Кундта, причем роль второй призмы играл спектроскоп (на рис. 5 призма P_2). Пока трубка не нагрета, свет от источника — щели, освещаемой дуговой лампой, — проходит через горизонтальную щель S_1 , затем в виде параллельного пучка через трубку АВ падает на вертикальную щель S_2 и разлагается

призмой P_2 в спектр. При нагревании трубки призма из паров натрия отклоняет лучи разной длины волны в вертикальном направлении на разную величину. При этом получается характерная для аномальной дисперсии картина — вблизи линий поглощения возникают изгибы в противоположные стороны.

Метод Вуда дал первые количественные результаты для коэффициентов преломления в парах натрия. В то же время метод страдал двумя существенными недостатками. Во-первых, оставался неизвестным угол призмы, эквивалентной данному столбу паров переменной плотности, поэтому невозможно было определить абсолютные значения коэффициентов преломления. Во-вторых, падение плотности в этом столбе в вертикальном направлении неравномерно, так что угол эквивалентной призмы для верхней части трубки был бы иной, чем для нижней.

Чтобы получить абсолютное значение коэффициента преломления хотя бы для одной длины волны, Вуд воспользовался интерференционным методом. На пути одного из лучей интерферометра вводилась равномерно нагретая спиралью с током трубка с парами натрия. Благодаря такой системе подогрева температуру паров можно было считать всюду одинаковой при достаточно длинной нагревающей спирали. Поэтому и пары имели вид цилиндра почти всюду одинаковой плотности. Введение паров в интерферометр вносило добавочную разность хода двух его лучей и вызывало сдвиг интерференционных полос. Зная длину цилиндра, можно вычислить коэффициент преломления паров данной плотности. Зная температуру паров (она измерялась с помощью термоэлемента), можно найти и их плотность — по таблицам. Коэффициенты преломления были определены для двух длин волн при различных температурах. Измерения призматическим методом были произведены также при определенной температуре, поэтому можно было связать абсолютное определение с относительными, так как коэффициент преломления всегда пропорционален плотности. Таким образом, Вуду удалось получить кривую дисперсии в парах натрия с одной стороны линии D_2 , очень близко подходящую к линии поглощения ($0, 4 \text{ \AA}$).

Результаты своих измерений Вуд сравнил с одночленной формулой Друде—Зеллмейера $n^2 - 1 = \frac{D\lambda^2}{\lambda - \lambda_0^2}$, где $D = 0,000055$ было вычислено из абсолютных измерений

коэффициентов преломления, определенных интерференционным методом. Сравнение дало удовлетворительные результаты, однако вблизи линий поглощения наблюдались некоторые отклонения. Они могли быть объяснены тем, что здесь для сравнения следовало пользоваться двучленной формулой Зеллмейера. Однако, как показали тщательные вычисления Натансона, результаты Вуда не соответствовали и двучленной формуле. Таким образом, задача точной экспериментальной проверки теории продолжала оставаться нерешенной. В то же время работы Вуда послужили основой для дальнейших исследований по изучению аномальной дисперсии и наметили программу последующих работ в этой области. В частности, важным шагом в развитии методики эксперимента явился предложенный Вудом метод получения однородного (по оси трубки) цилиндра паров с помощью нагревания трубки спиралью с током. Этот способ широко использовался в последующих исследованиях Д. С. Рождественского. «Кардинальное значение в короткой истории исследования аномальной дисперсии в газах и парах, — писал впоследствии Рождественский, — имеют, конечно, опыты Вуда, который главным образом стремился получить возможно точные количественные результаты»⁵. С помощью призматического метода Вуда Биван продолжил исследования над натрием и другими щелочными металлами (1910—1911 гг.). Он измерил и наблюдал дисперсию на трех членах главной серии натрия, трех членах калия и шести членах рубидия. Результаты измерений сравнивались с формулой Зеллмейера (для рубидия с восьмью членами, принимая во внимание четыре первых дублета главной серии, два последних дублета не учитывались, так как были измерены очень неточно) и показали удовлетворительное совпадение.

В 1909 г. была опубликована работа Ст. Лориа «Количественное определение аномальной дисперсии света в парах натрия». Этот польский исследователь получил кривую дисперсии для первого дублета паров натрия и сравнил ее с теоретической, даваемой двучленной формулой Зеллмейера. Измерения проводились методом Пуччианти. Измерения Лориа охватывали интервал длин волн от 6145 до 5963 Å, исключая, однако, наиболее интересную область около 40 Å вокруг линий поглощения *D*. Приблизиться

⁵ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 71.

к линиям поглощения ближе, чем на 16—20 Å, Лориа не смог.

Мы обрисовали историю проблемы аномальной дисперсии и состояние дел с экспериментальными и теоретическими исследованиями в этой области ко времени, когда Д. С. Рождественский приступил к осуществлению своей программы исследований.

С самого начала Рождественский ставил перед собой задачу, выходящую за рамки собственно оптической проблематики. Изучение аномальной дисперсии он рассматривал не как самоцель, а как средство, позволяющее делать заключения о строении вещества. Он писал: «Исследования дисперсии и поглощения света занимают обширное место в физической литературе последних десятилетий. За это время возникли и получили самостоятельное положение в физике целые новые области явлений; достаточно назвать радиоактивность. И все-таки наряду с ними оптические явления сохраняют свое крупное место в ней в качестве могучего орудия для исследования строения материи»⁶.

Мысли Рождественского о роли, которую оптические явления могут играть в учении о строении вещества, не были новыми для того времени. Еще в 1875 г. Г. А. Лоренц в своей докторской диссертации «К теории отражения и преломления света» писал: «Другие оптические явления, будучи рассматриваемы с точки зрения этой (электромагнитной. — *Авт.*) гипотезы, также обещают добавить великую долю в наши современные знания. Обратимся к явлениям дисперсии, вращения плоскости поляризации и подумаем, каким образом связаны эти явления с молекулярной структурой»⁷. В 1878 г. он возвращается к той же идее: «Задачей теории света является не только объяснение связи, существующей между состоянием тел и их оптическими свойствами, но и выявление причины этой связи; теория должна быть в состоянии делать выводы о молекулярной структуре материи по оптическим свойствам. Эта область исследований обещает, по-моему, дать богатые плоды, но в настоящее время она еще слабо распространена»⁸. Эти высказывания носили программный характер.

⁶ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 60.

⁷ Цит. по кн.: Дуков В. М. Электродинамика. М., Высшая школа, 1975, с. 218.

⁸ См.: Лоренц Г. А. Старые и новые проблемы физики, с. 313.

В русле этой программы, которая сохраняла свою актуальность в течение многих десятков лет, и развивались исследования Д. С. Рождественского по аномальной дисперсии света. Уже во «Введении» к его первой работе «Аномальная дисперсия в парах натрия» (магистерская диссертация), начало которого мы процитировали выше, главное внимание уделено обсуждению возможных толкований картины «вibrаторов» в поглощающей среде, дающей тот или иной спектр поглощения, их количества и разнообразия, возможных «изменений вибрирующих систем в теле» при изменении агрегатного состояния и др. По существу здесь обсуждаются вопросы, связанные со структурой вещества.

Но для того, чтобы сделать дисперсию света инструментом для исследования строения вещества, необходимо было тщательно изучить самое явление аномальной дисперсии, в частности проверить соответствие опытных данных и требований теории, согласие эксперимента с теоретическими формулами, в которые существенным образом входят величины, связанные с характеристикой «диспергирующей» среды, такие, как числа вибраторов, собственные частоты и др.

Этой задаче и была посвящена главным образом диссертация Рождественского. «Введение» к диссертации представляет интерес в том отношении, что оно в определенном смысле отражает те трудности, с которыми сталкивалось вообще объяснение оптических спектров в рамках классических представлений. В особенности отчетливо эти трудности выступают при сравнении спектров поглощения одного и того же вещества в различных агрегатных состояниях. Так, например, спектр поглощения жидкого бензола содержит 7—8 полос. Спектр паров бензола также включает 7—8 полос, но каждая полоса состоит из очень большого числа тонких линий поглощения (линейчато-полосчатый спектр).

Если полагать, что каждая полоса в спектре жидкого бензола обусловлена колебаниями вибраторов одного рода, то для объяснения происхождения спектра достаточно введения 7—8 родов вибраторов. Если теперь допустить, что каждой тонкой линии спектра поглощения паров бензола соответствует свой род вибраторов, то в парах должно быть очень большое число разновидностей вибраторов. Что происходит с этими вибраторами, когда пары сгущаются в жидкость? Исчезают ли эти роды вибраторов?

«Трудно себе представить, — замечает Рождественский, — каким образом самые сложные из известных нам спектров поглощения в парах превращаются в простые спектры поглощения, где каждой полосе соответствует один род вибраторов в тех случаях, когда газ делается жидкостью или твердым телом. Достаточно вспомнить о тысячах тонких линий, которые заполняют спектры поглощения паров брома»⁹. Одно из возможных объяснений заключается в том, что затухание каждого из вибраторов увеличилось, линии поглощения расширились в одну полосу поглощения. Но утверждать это пока нельзя. Рождественский полагает, что выяснить это было бы можно, исследуя дисперсию света и изменение хода дисперсионной кривой при переходе паров в жидкость. «Представим себе, — пишет ученый, — что . . . затухание каждого вибратора увеличивается, растет ширина линии и соответственно уменьшается расстояние между линиями. . . Области, где показатель преломления увеличивается (внутри линий), разрастаются за счет соседних областей между линиями, где он уменьшается. Наконец, линии сливаются, и показатель преломления во всем широком сплошном спектре будет плавно подниматься, как он плавно поднимается в полосах фуксина и цианина. Если бы удалось проследить подобную картину изменения кривой дисперсии от начала до конца, то не было бы сомнения, что в жидком бrome мы имеем дело с очень сложной системой вибраторов. Пока еще мне пришлось наблюдать только начало этой картины»¹⁰. (Рождественский наблюдал и фотографировал чрезвычайно сложную кривую дисперсии паров брома, полученную по методу Пуччианти.)

«Мне кажется, — продолжает Рождественский, — что эти соображения заставляют относиться осторожно к попыткам проверки теории дисперсии и поглощения на широких полосах в жидкостях и твердых телах. Во всяком случае, до изучения этих последних нужно изучить дисперсию в сложных спектрах поглощения тел газообразных, где внутренняя сложность явления не скрыта от нас внешней простотой»¹¹.

Между тем, как подчеркивал Р. Вуд, «в более ранних работах о дисперсии проверка дисперсионной формулы

⁹ *Рождественский Д. С.* Собрание трудов, с. 64.

¹⁰ Там же, с. 65.

¹¹ Там же.

производилась исключительно на твердых и жидких телах. В то время еще не было надежных измерений дисперсии газов в более или менее широкой спектральной области»¹².

Рождественский исходил из того, что изучение любого процесса следует начинать с явления в его наиболее простой форме. Дмитрий Сергеевич пришел к выводу, что попытки количественной проверки теории дисперсии на широких полосах спектров жидких и твердых тел не могут привести к ясному ответу. В качестве первого объекта исследования он выбрал пары натрия, имеющие в видимой части спектра две близко расположенные линии поглощения большой интенсивности (желтый дублет), получившие название D -линий ($D_1 < \lambda = 5890 \text{ \AA}$ и $D_2 < \lambda = 5896 \text{ \AA}$). Другие линии поглощения натрия расположены далеко от этих двух и значительно слабее, так что они не влияют на дисперсию вблизи желтого дублета. «Как бы ни была сложна вибрирующая система. . . представляется все-таки экспериментальная возможность изучить количественно дисперсию в сравнительно простом случае, около двух только линий поглощения. Я и поставил своей задачей попытаться проследить ход дисперсии как можно ближе к линиям D_1 и D_2 , определить возможную точность измерений и возможные погрешности»¹³, — писал Д. С. Рождественский.

Для рассматриваемого случая теоретическая зависимость коэффициента преломления от длины волны выражается (вне линий поглощения) двучленной формулой Зеллмейера:

$$n^2 - 1 = \frac{D_1 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{D_2 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_2^2}, \quad (14)$$

где λ_1, λ_2 — длины волн линий поглощения, D_1 и D_2 — величины, пропорциональные числам вибраторов (электронов) в единице объема и связанные с ними в соответствии с соотношением

$$D_i = \frac{N_i e^2 \lambda_i^2}{\pi m c^2}. \quad (15)$$

Точная количественная проверка формулы Зеллмейера в формуле (14) и явилась основной целью, поставленной Рождественским в его магистерской диссертации. Выпол-

¹² Вуд Р. Физическая оптика. Л.—М., ОНТИ, 1936, с. 552.

¹³ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 75.

нимость формулы Зеллмейера—Друде означала бы справедливость гипотезы Лоренца о «квазиупругом электроне», т. е. о квазиупругом характере внутриатомных сил, действующих на электрон и удерживающих его в положении равновесия, и тем самым о линейном характере уравнений, описывающих внутриатомные колебания электронов.

«Формула (14), — пишет Д. С. Рождественский, — собственно есть формула Зеллмейера, примененная к двум вибраторам. Она получается, если уравнение колебания вибратора написать в виде

$$m\ddot{\xi} + f\xi = e\chi.$$

Следовательно, целью проверки является член $f\xi$, т. е. предположение, что вибратор притягивается к положению равновесия пропорционально расстоянию»¹⁴.

Позднее, в 1936 г., Д. С. Рождественский писал, вспоминая о своей первой работе: «Во времена доисторические, до теории Бора, 25 лет назад, верили в следующее: как бы ни был устроен атом, он составлен из каких-то положительных твердых частей и легких отрицательных электронов; последние привязаны к атому как бы резинками, пружинками, как бы упругими силами, отсюда термин „квазиупругие электроны“. Если это так, то атом можно изучать, раскачивая электроны световыми волнами»¹⁵.

Представление о «квазиупругом электроне» было одним из центральных положений электронной теории и лежало в основе объяснения явлений взаимодействия световой волны с веществом, в том числе дисперсии. «Таким образом, — писал С. Э. Фриш, — изучение дисперсии приобрело существенный, принципиальный характер, так как оно могло более глубоко выяснить механизм взаимодействия света с веществом и послужить проверкой основных положений электронной теории»¹⁶.

Второй задачей, которую позволяло решить экспериментальное изучение аномальной дисперсии и которую преследовал в своем исследовании Д. С. Рождественский, было определение «чисел электронов», обладающих частотой собственных колебаний, соответствующих длинам волн составляющих D дублета натрия. В качестве метода исследования был избран метод Пуччианти. Сущность его

¹⁴ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 81.

¹⁵ Там же, с. 631.

¹⁶ Фриш С. Э. Дмитрий Сергеевич Рождественский. Л., Изд-во ЛГУ, 1954, с. 12.

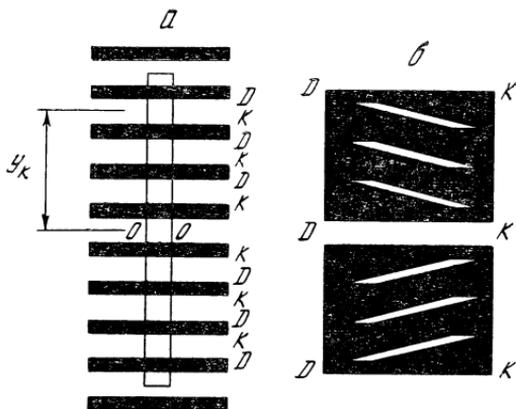


Рис. 6. К методу Пуччианти

заключается в следующем. Двухлучевой интерферометр, освещаемый источником белого света, дает систему интерференционных полос, которая проектируется на вертикальную щель спектроскопа (или спектрографа) так, что «нулевая» полоса приходится на середину щели (как показано на рис. 6, а). Каждой точке интерференционной картины, спроектированной на щели, соответствует определенная разность хода Δ обоих пришедших к ней лучей интерферометра. Обычно величина Δ растет линейно вдоль высоты щели. Это означает, что, направив ось y по вертикали вверх так, что начало отсчета совпадает с нулевой точкой, для которой $\Delta=0$, можно записать:

$$\Delta = by. \quad (16)$$

Светлые полосы интерференционной картины представляют собой места максимумов интенсивности света, для которых разность хода равна нулю или целому числу длин волн: для нулевой полосы $\Delta=0$, для первой $\Delta=\lambda$, для второй $\Delta=2\lambda$, для k -й

$$\Delta_k = k\lambda. \quad (17)$$

Обозначив ординату k -й полосы через y_k , получим, комбинируя равенства (16) и (17),

$$by_k = k\lambda. \quad (18)$$

В точках нулевой полосы, соответствующей значению $k=0$, выполняется условие максимумов (разность хода

равна нулю) для всех длин волн, поэтому происходит наложение всех цветов и полоса оказывается белой, ахроматической (OO на рис. 6). При $k \neq 0$ положения максимумов интенсивности (y_k) для различных λ не совпадают и соответствующие полосы оказываются окрашенными. Они представляют собой узкие спектры, обращенные фиолетовым, коротковолновым краем (k — на рис. 6) к нулевой полосе. Соседние светлые полосы разделяются темными полосами, соответствующими минимумам интенсивности света.

Спектроскоп отклоняет лучи, освещающие его щель, в направлении, перпендикулярном ей. При этом, если спектроскоп призмный, на больший угол отклоняются лучи с меньшей длиной волны, если вместо призмы используется дифракционная решетка, на больший угол отклоняются лучи с большей длиной волны. В результате освещающая середину щели «нулевая», ахроматическая полоса развертывается по горизонтали в спектральную полосу. Нетрудно видеть, что остальные интерференционные полосы разложатся в спектральные полосы уже не строго горизонтальные, но несколько отклоненные по отношению к центральной полосе, образуя как бы веер, развернутый по направлению к красной части спектра (если спектроскоп призмный) (рис. 6, б). Искривление полос связано с тем, что лучи от нижнего коротковолнового края каждой полосы (k — на рис. 6) отклоняются на больший угол, чем лучи от верхнего длинноволнового края (D — на рис. 6).

Для развернутой в спектр k -й интерференционной полосы будет справедливо уравнение (18).

Если на пути одного из лучей интерферометра ввести плоскопараллельный слой исследуемых паров, то между лучами интерферометра создается дополнительная разность хода, которая вызывает смещение всей системы интерференционных полос. При толщине слоя l и коэффициенте преломления вещества n эта разность хода, приведенная к воздуху (вакууму), равна

$$\Delta = nl - l = (n - 1)l, \quad (19)$$

так как в слое вещества на длине l уложится столько же длин волн, сколько на длине nl в воздухе.

Смещается и «нулевая» полоса, при этом она перестает быть ахроматической, так как n зависит от длины волны,

и в соответствии с (19) введенная разность хода и вызванное ею смещение

$$y_0 = \frac{1}{b}(n-1)l \quad (20)$$

будут неодинаковы для лучей различного цвета.

Спектроскоп развертывает эту интерференционную картину с вертикальным распределением цветов по горизонтали (подобно горизонтальной развертке в осциллографе), образуя спектральную полосу, форма которой воспроизводит кривую зависимости коэффициента преломления (точнее, величины $n-1$) от длины волны, иначе говоря, дает в определенном масштабе кривую дисперсии. Масштаб кривой, как следует из (20), зависит от величин b и l .

Аналогичные кривые образуют и остальные спектральные полосы. В соответствии с уравнением

$$by_k = k\lambda + (n-1)l. \quad (21)$$

Если область наблюдения содержит какую-либо линию поглощения, то интерференционные полосы около нее дают наглядную картину аномальной дисперсии — полосы круто изгибаются вверх по одну сторону линии и вниз — по другую.

Измерения дисперсии по методу Пуччианти сводятся к измерению длин волн на оси спектра и соответствующих вертикальных смещений точек центральной нулевой интерференционной полосы.

Внимательно изучив работы своих предшественников, в особенности работу Лориа, Д. С. Рождественский пришел к выводу, в частности, что главным недостатком в методике Лориа были визуальные измерения, без фотографирования кривых. Поэтому измерения ряда точек (при определенной температуре нагрева трубки с парами) требовали значительного времени, в течение которого трудно было поддерживать постоянную температуру. Между тем даже небольшие колебания температуры вызывают заметное изменение плотности насыщающих паров и связанное с ним изменение самой измеряемой величины n .

Чтобы избежать этих трудностей, Рождественский решил, что «несомненно более выгодно сфотографировать кривую дисперсии, как она получается в спектрографе по методу Пуччианти, и затем подвергнуть спектрограмму тщательному измерению». Время экспозиции может быть

достаточно малым (если применить мощные источники света и чувствительные фотоматериалы), а это позволит устранить отмеченный выше недостаток в опытах Лориа. Все измерения, проведенные Рождественским с использованием метода Пуччианти, впервые были выполнены на спектрограммах.

Стремясь к наибольшей точности измерений, Рождественский большое внимание уделил подбору используемого в схеме Пуччианти интерферометра. Он должен был давать устойчивую интерференционную картину, для чего прежде всего требовалась малая чувствительность его к температурным воздействиям, неизбежным в силу того, что в одно из плеч интерферометра вводилась электрическая печь, нагревавшая кювету с парами натрия. Были последовательно опробованы интерферометры Майкельсона (которым пользовался Лориа) и Жамена. Первый из них, по мнению Дмитрия Сергеевича, был слишком подвержен температурным влияниям. Интерференционная картина получалась неустойчивой: полосы непрерывно перемещались уже вследствие того, что в комнате горела вольтова дуга. Интерферометр Жамена давал лучшие результаты, однако и он не оправдал возлагавшихся на него надежд: полосы заметно передвигались. Вредным было неравномерное нагревание стеклянных пластин интерферометра. Поскольку время экспозиции по необходимости должно быть коротким (так как даже при безупречных температурных условиях перемещение полос могло вызываться механическими причинами, например тряской здания), приходилось пользоваться достаточно сильным источником света (дуга в 25—30 Å). Луч от дуги (хотя и пропущенный через водяной фильтр), сконцентрированной линзой, заметно нагревал стекла — массивные, толстые для достаточного разделения пучков света, отчего конца прогревания и связанного с ним перемещения полос дожидаться практически было невозможно.

Убедившись в том, что для точных измерений интерферометр Жамена также мало пригоден, Рождественский сконструировал свой интерферометр, который и получил наименование «интерферометр Рождественского». Дмитрий Сергеевич решил устранить основной недостаток интерферометра Жамена простым и оригинальным путем: отделив переднюю поверхность пластинки стекла от задней, т. е. взяв вместо одной толстой стеклянной пластинки две тонкие.

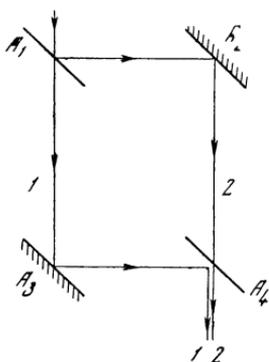


Рис. 7. Схема интерферометра Рождественского

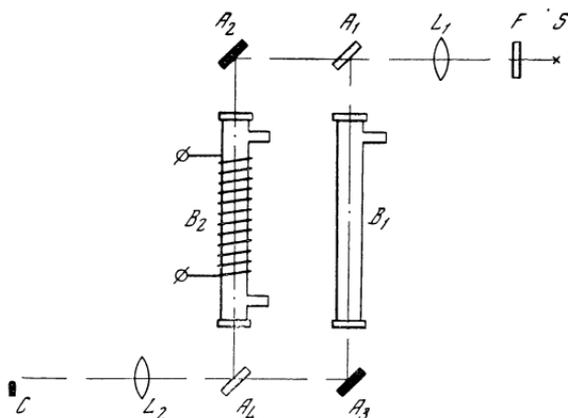


Рис. 8. Упрощенная схема установки Рождественского

Интерферометр Рождественского состоит из двух пар тонких пластинок: A_1 , A_3 и A_2 , A_4 (рис. 7). Каждая пара располагается на местах передней и задней поверхностей толстых стекол Жамена и монтируется на одной подставке¹⁷. Пластины A_1 и A_4 , играющие роль передней поверхности, покрыты полупрозрачным слоем серебра, а A_2 и A_3 , играющие роль задней поверхности, — сплошным слоем серебра.

Луч света от источника падает на полупрозрачное зеркало A_1 , частично проходит сквозь него, частично отражается от него, а затем отражается от сплошного зеркала A_2 . Возникают два сильно разведенных луча 1 и 2, которые с помощью зеркал A_3 и A_4 снова собираются вместе и интерферируют. Полупрозрачное зеркало можно сколь угодно отодвинуть от сплошного, и, таким образом, лучи могут быть произвольно раздвинуты. Это позволяет ввести в схему крупногабаритные объекты. Тонкие пластинки при прохождении интенсивного света быстро прогреваются и в дальнейшем не меняют температуру, поэтому интерферометр Рождественского дает полосы, практически неподвижные в течение многих часов.

¹⁷ Идея использования четырех зеркал была реализована до Рождественского в так называемом интерферометре Маха—Цендера, что, по-видимому, не было ему известно, но у Маха—Цендера все четыре зеркала монтировались на отдельных подставках, а это затрудняло настройку прибора, делало его чувствительным к механическим сотрясениям.

Интерферометр является главной частью экспериментальной установки Рождественского, упрощенная схема которой представлена на рис. 8. В ветви интерферометра введены кюветы B_1 и B_2 — трубки одинаковой длины, к концам которых прикреплены плоские стеклянные окошки равной толщины. Трубки соединены между собой и откачиваются ртутным насосом. В B_2 помещается исследуемый металл (кусочки натрия). С помощью электрической печки трубка может нагреваться до температуры, достаточной для получения паров металла при необходимом давлении. Трубка B_1 вводится для компенсации разности хода лучей, вносимой трубкой B_2 (без паров). Интерферометр освещается светом от вольтовой дуги S , пропущенным через водяной фильтр F и линзу L_1 . Возникающая интерференционная картина с помощью линзы проецируется на щель спектрографа C .

Чтобы точно измерить длины волн в спектрограмме, на исследуемый спектр накладывается спектр дуги с электродами из железа, длины волн которого хорошо известны. В качестве спектрального прибора Рождественский использовал спектрограф автоколлимационного типа с плоской дифракционной решеткой.

Рождественский проявил большую изобретательность, добываясь наиболее четкой картины спектрально-интерференционных полос, высокого качества фотоснимков этой картины и максимальной точности измерений на полученных спектрограммах. «Измерение спектрограмм почти так же трудно, как и получение их», — замечает Д. С. Рождественский.

«Чрезвычайно поучительны, — пишет один из многолетних сотрудников Рождественского, В. К. Прокофьев, — весьма тонкие его эксперименты по достижению максимальной точности измерения хода интерференционных полос около линий D_1 и D_2 . Для получения горизонтальных линий в спектре перед щелью натянута тонкие проволочки. Для повышения точности измерения расплывчатых интерференционных полос — повышение контраста снимков последовательным перепечатыванием их; измерение в проекции с большим увеличением; измерение на винтовом компараторе, причем вместо штриха в поле зрения микроскопа нанесена небольшая кругленькая точка из черной туши, полученная путем специального разбрызгивания. Ввиду сильной чувствительности интерференционной картины к тряске и движению воздуха Д. С. Рож-

дественский максимально использует оптику приборов и свойства сенсбилизаторов и добивается весьма кратковременных экспозиций»¹⁸.

Этот перечень можно было бы продолжить. Укажем, например, что для более точного определения сдвига интерференционных полос для паров определенной плотности снимались две спектрограммы: без дисперсии и с дисперсионной картиной, которые затем могли быть сопоставлены.

Виртуозное экспериментальное мастерство, которое Рождественский обнаружил уже в этой первой своей большой работе, глубокое понимание и учет причин, способных исказить картину исследуемого явления, величайшая тщательность и обстоятельность, с которой отработывалась методика эксперимента, были вознаграждены — Дмитрий Сергеевич получил уникальные спектрограммы для паров натрия трех плотностей с интерференционными полосами, дающими ход дисперсии вблизи D -линий и между ними. Спектрограммы были подвергнуты количественной обработке, имеющей целью определение величин $n-1$ для различных λ .

Всего было проведено три серии измерений, соответствующих спектрограммам, полученным для паров натрия трех различных плотностей. Каждая серия включала данные для 200—300 точек (на оси длин волн). Особое внимание было обращено и соответственно большая часть точек приходилась на область вблизи линий поглощения и между ними. В отдельных случаях измеренные точки находились от линий поглощения на расстояниях до $0,4 \text{ \AA}$. Вся же область длин волн, в которой был детально измерен ход дисперсии, охватывала интервал от 5700 до 6080 \AA (т. е. в 380 \AA).

Напомним, что основной целью исследования являлась проверка теоретической формулы дисперсии Зеллмейера (14)

$$n^2 - 1 = \frac{D_1 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{D_2 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_2^2}.$$

Следовательно, дальнейшим шагом исследования было сопоставление обширного экспериментального материала с написанной выше формулой.

¹⁸ Прокофьев В. К. Работы Д. С. Рождественского по аномальной дисперсии. — В кн.: Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 316.

Если учесть, что для разреженных газов и паров коэффициент преломления n близок к единице, можно положить $n^2 - 1 = (n+1)(n-1) = 2(n-1)$, и дисперсионная формула принимает вид

$$n - 1 = \frac{a_1 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{a_2 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_2^2} \left(a_i = \frac{D_i}{2} = \frac{N_i e^2 \lambda_i^2}{2mc^2} \right). \quad (22)$$

Как видно, формула содержит четыре константы: a_1 , a_2 , λ_1 , λ_2 . Из них λ_1 и λ_2 можно считать известными — они суть длины волн, соответствующие линиям поглощения. Что касается величин a_1 и a_2 , то Рождественский разработал изящный и остроумный метод, позволяющий легко и быстро определять отношение этих величин a_1/a_2 .

Формула (21) может быть переписана в виде

$$n - 1 = a_2 \left(\frac{\frac{a_1}{a_2} \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2} + \frac{\lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_2^2} \right). \quad (23)$$

Таким образом, в формуле Зеллмейера остается одна константа (например, a_2). Если эта величина, вычисленная из большого числа измеренных значений $n-1$ для различных λ , остается в пределах точности измерений постоянной, то это позволяет заключить о справедливости формулы Зеллмейера.

Как уже говорилось, метод Пуччианти дает картину аномальной дисперсии в виде полос с характерными изгибами вблизи линий поглощения (рис. 9, а). Эти изгибы и связанный с ними наклон интерференционных полос обусловлены действием введенного на пути одного из лучей интерферометра слоя вещества, обладающего аномальной дисперсией (например, паров натрия).

Допустим теперь, что трубка с парами натрия удалена, и на пути другого луча интерферометра поставлена стеклянная плоскопараллельная пластинка. При этом полосы также испытывают смещение, различное для разных λ , но их наклон будет обратным по знаку наклону кривых аномальной дисперсии (рис. 9, б). Если одновременно на пути первого луча введены пары натрия, а на пути второго — стеклянная пластинка, то противоположные по знаку наклоны полос будут в какой-то мере компенсировать друг друга, при этом полосы примут вид, показанный на рис. 9, в. Там, где наклон от пластинки больше наклона от паров, преобладает первый, там, где наклоны равны, результирующий наклон обращается в нуль (касательная

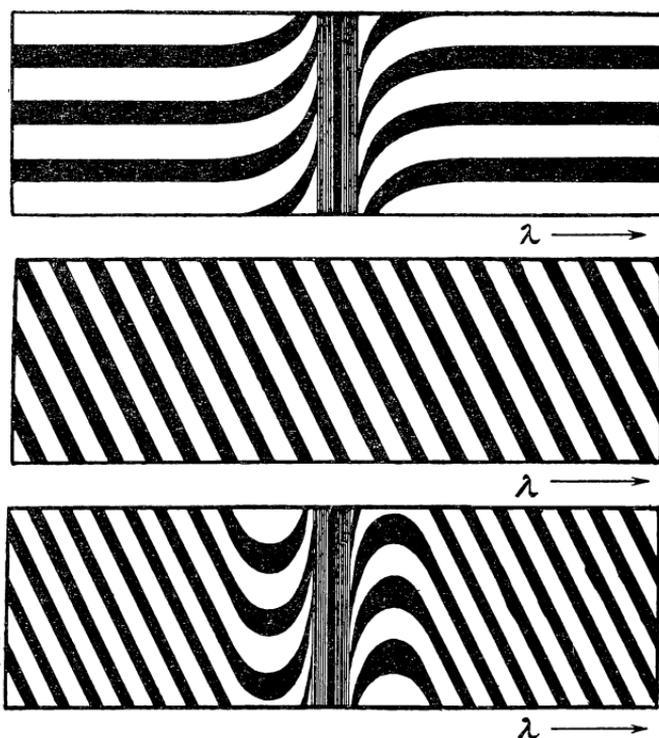


Рис. 9. Образование «крюков»

к кривой горизонтальна) и образуются минимумы (на снимке слева от полосы поглощения) и максимумы (справа). Там, где наклон от пластинки меньше, чем от паров, преобладает последний.

Максимумы и минимумы были названы Дмитрием Сергеевичем «крюками» (по внешнему сходству). Чем толще пластинка и меньше плотность паров, тем «крюки» резче и ближе к линиям.

Теория «метода крюков», развитая Рождественским, позволила связать положение «крюков» с дисперсионными константами a_1 и a_2 .

Если обозначить толщину компенсирующей пластинки через l' и коэффициент преломления через n' , то уравнение (21) с учетом действия пластинки преобразуется в следующее:

$$by_k - (n - 1)l + (n' - 1)l' = k\lambda. \quad (24)$$

Уравнение (24) дает ход кривой k -го порядка, образующей «крюк».

Положение максимумов и минимумов кривой (вершин «крюков») находится, как обычно, из условия, что в точках, где они образуются, первая производная от y_k по длине волны λ обращается в нуль

$$\frac{\partial y_k}{\partial \lambda} = 0.$$

Вблизи линии поглощения коэффициент преломления паров n меняется быстро с λ , тогда как коэффициент преломления стекла n' во всей области прозрачности меняется медленно и монотонно. Это значит, что

$$\frac{\partial (n - 1)}{\partial \lambda} \gg \frac{\partial (n' - 1)}{\partial \lambda},$$

и, следовательно, при дифференцировании членом, содержащим $d(n-1)/d\lambda$, можно пренебречь. Тогда условие, определяющее положение «крюков», будет

$$\frac{\partial (n - 1)}{\partial \lambda} = -\frac{k}{l}. \quad (25)$$

Величина k — порядок интерференции, как показал Рождественский, может быть найдена по числу наклонных полос p , приходящихся на заданный интервал длин волн $\Delta\lambda$ вблизи длины волны λ , в соответствии с формулой

$$k = \frac{p\lambda}{\Delta\lambda}. \quad (26)$$

Уравнение (25) представляет интерес в двух отношениях. Во-первых, оно показывает, что «метод крюков» позволяет легко и просто находить дисперсию паров в месте нахождения «крюка». (Производная $\frac{\partial n}{\partial \lambda}$ характеризует дисперсию вещества. Она показывает быстроту изменения n с длиной волны.) Для этого достаточно знать толщину слоя паров l и величину k , которая может быть найдена по формуле (26). Меняя толщину компенсирующей пластинки, можно смещать крюки вдоль шкалы длин волн и исследовать таким образом дисперсию в нужном интервале спектра. Во-вторых, уравнение (25), если воспользоваться для n формулой Зеллмейера, позволяет находить длины волн, определяющие положение «крюков» и связать их с постоянными a_1 и a_2 . Тем самым неожиданно

открывается простая возможность определения констант Зеллмейера.

В простом случае одиночной линии поглощения формула Зеллмейера может быть записана в виде

$$n - 1 = \frac{a_1 \lambda^2}{\lambda^2 - \lambda_1^2},$$

где

$$a_1 = \frac{Ne^2 \lambda_1^2}{2\pi m c^2}. \quad (27)$$

Поскольку подразумевается, что измерения по «методу крюков» проводятся в непосредственной близости к линиям поглощения, формула (27) может быть упрощена. В самом деле, перепишем ее в виде

$$n - 1 = \frac{a_1 \lambda^2}{(\lambda - \lambda_1)(\lambda + \lambda_1)}.$$

Полагая λ в числителе равным λ_1 и $\lambda + \lambda_1 = 2\lambda_1$, получим

$$n - 1 = \frac{1}{2} \frac{a_1 \lambda_1}{\lambda - \lambda_1}. \quad (28)$$

Проведя дифференцирование и подставляя значение $\frac{\partial(n-1)}{\partial n}$ в формулу (25), имеем

$$\frac{1}{2} \frac{a_1 \lambda_1}{(\lambda - \lambda_1)^2} = \frac{k}{l} \quad \text{или} \quad \frac{\beta_1}{(\lambda - \lambda_1)^2} = 1, \quad (29)$$

где $\beta_1 = a_1 \lambda_1 \frac{l}{2k}$.

Решая полученное уравнение, найдем значения для длин волн λ , определяющих положение «крюков»:

$$\lambda' = \lambda_1 - \sqrt{\beta_1}; \quad \lambda'' = \lambda_1 + \sqrt{\beta_1}.$$

Оба «крюка» располагаются симметрично относительно линии поглощения (см. рис. 11) на расстояниях $\delta = \lambda'' - \lambda_1 = \lambda_1 - \lambda' = \sqrt{\beta_1}$. Практически удобно определять не расстояния «крюков» от линии поглощения, а расстояние между «крюками», равное

$$\Delta = 2\sqrt{\beta_1}. \quad (30)$$

Таким образом, «метод крюков» позволяет непосредственно определить величину β по измеренному на интерференционной спектрограмме расстоянию между верши-

нами «крюков». От значений β можно перейти к величинам a по (29):

$$a_1 = \frac{1}{2\lambda_1} \frac{k}{l} \Delta^2. \quad (31)$$

Следовательно, по положению «крюков» можно находить величину константы a_1 , определяющей величину дисперсии вблизи данной спектральной линии. Такое определение предполагает, однако, как видно из (31), знание величины l — толщины слоя паров, которая в опытах Рождественского не могла быть точно определена из-за невозможности получения строго однородного столба паров. Эта трудность обходится, если ставится задача нахождения отношения дисперсионных констант для случая двух близких линий поглощения — дублета. Наиболее просто задача решается для дублета достаточно широкого, чтобы можно было не учитывать влияния одной линии на другую. В этом случае для каждой линии будет иметь силу рассуждение, которое было приведено выше для одиночной линии, и отношение констант a_1 и a_2 , как показывает несложный расчет, оказывается равным

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{\Delta_1^2}{\Delta_2^2} \frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2}.$$

Несколько сложнее решается вопрос, когда исследуется очень узкий дублет, так как дисперсия вблизи одной линии оказывает влияние на дисперсию вблизи другой. В этом случае величины $n-1$ определяются двучленной формулой Зеллмейера и уравнение (29), определяющее положение «крюков», в свою очередь приводится к виду

$$\frac{\beta_1}{(\lambda - \lambda_1)^2} + \frac{\beta_2}{(\lambda - \lambda_2)^2} = 1.$$

Для величин β_1 и β_2 теория «крюков» дает выражения, отличающиеся от (30) поправочными членами, учитывающими взаимное влияние линий и несимметричность расположения крюков около каждой линии поглощения.

Во всех случаях от отношений дисперсионных констант можно перейти к отношениям чисел вибраторов (электронов) N_1/N_2 , поскольку, согласно (32), константы пропорциональны этим числам.

Пользуясь «методом крюков», Рождественский нашел величину отношения a_1/a_2 для желтого дублета натрия из многократных измерений при различных толщинах стек-

лянных пластин и различных плотностях паров. Эта величина оказалась равной 1,98, всего лишь на 1% отличающаяся от целого числа 2. Точность измерений — 2,5%.

Учитывая полученный результат и известные значения для λ_1 и λ_2 , формула Зеллмейера может быть записана в форме

$$n - 1 = a_2 \left(\frac{1,98\lambda^2}{\lambda^2 - 5889,95^2} + \frac{\lambda^2}{\lambda^2 - 5895,93^2} \right).$$

При помощи этой формулы могут быть вычислены значения a для различных пар величин $n-1$ и λ . Если формула верна, то для a_2 должны получаться приблизительно одинаковые числа со случайными отклонениями в ту и другую сторону. Вычисления a_2 были проведены Рождественским для всех трех серий измерений величин $n-1$. Оказалось, что эта величина действительно почти не меняется (в пределах 1,3%). Тем самым Д. С. Рождественский доказал справедливость формулы Зеллмейера вплоть до длин волн, очень близких длинам волн линий поглощения.

Таким образом, поставленная в исследовании основная задача была блестяще выполнена. Результаты, полученные Дмитрием Сергеевичем, значительно превосходили все, что было достигнуто его предшественниками при изучении аномальной дисперсии. Так, Лориа, добившийся наиболее содержательных результатов в отношении количественных измерений, получил значения коэффициентов преломления лишь для 20 точек кривой дисперсии в области главного дублета паров натрия и вычислил величину отношения a_1/a_2 для нескольких пар точек, причем эта величина оказалась равной 1,3. Анализируя его результаты, Рождественский отмечал, что они не могут быть «даже приблизительно точными, так как точки, взятые Лориа, были далеки от линий поглощения (ближайшие к ним точки находились на расстоянии 16 Å от D_1 и на 20 Å от D_2). На таких расстояниях получается небольшая разница в кривых дисперсии, рассчитанных по формулам Зеллмейера с двумя членами и с одним членом с гипотетической линией между D_1 и D_2 »¹⁹.

Найденное Рождественским с помощью «метода крюков» отношение дисперсионных констант a_1/a_2 , учитывая их пропорциональность числам диспергирующих центров

¹⁹ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 318.

(электронов) N_1 и N_2 , одновременно представляло собой отношение N_1/N_2 — результат, непосредственно вторгающийся в область строения диспергирующего вещества. Об этих результатах Д. С. Рождественского и их обсуждении подробнее речь пойдет в следующей главе.

Как уже говорилось, Рождественский нашел величину отношения для главного дублета натрия, равную 1,98 с погрешностью 2,5%. Со свойственной большому ученому прозорливостью Дмитрий Сергеевич обратил внимание на два экспериментально установленных обстоятельства. Во-первых, он отметил близость величины 1,98 к целому числу 2: «интересно, что числа так близки к простому числу 2»²⁰. Во-вторых, он указал на важность следующего из измерений вывода о независимости отношения N_1/N_2 от плотности и температуры пара. Впрочем, здесь же со свойственным ему научным скептицизмом он отметил, что этот последний вывод, в особенности по отношению к изменениям температуры, нуждается в более детальном экспериментальном обосновании.

Подведем итоги. В исследовании аномальной дисперсии света в парах металлов, что явилось его магистерской диссертацией, Рождественский достиг следующего.

1) Довел до высокой степени совершенства методику изучения аномальной дисперсии в парах металла методом Пуччианти и получил непревзойденные снимки интерференционных спектрограмм, воспроизводящих картину аномальной дисперсии.

2) Определил ход дисперсии в области желтого дублета и получил обширные количественные результаты, с высокой степенью точности подтвердившие справедливость теоретической формулы Зеллмейера—Друде. Трудно переоценить значение этого результата. Член-корреспондент АН СССР С. Э. Фриш говорит о нем: «Как известно, теория квазиупругого электрона не долго продержалась в науке. Ее сменила сначала теория Бора, а затем квантовая механика. Но значение измерений Рождественского сохранилось: всякая теория, какова бы она ни была, обязана считаться с точной выполнимостью формулы Зеллмейера»²¹.

²⁰ Д. С. Рождественский видел в этом совпадении проявление «простых соотношений в атомах щелочных металлов», изучению которых он посвятил свое следующее большое исследование.

²¹ Фриш С. Э. Научное наследие Д. С. Рождественского. — Успехи физических наук, 1976, т. 118, вып. 4, с. 565.

3) Создал новый оригинальный метод изучения аномальной дисперсии — «метод крюков», который оказался особенно ценным для количественного исследования дисперсии в области ее аномального хода, вблизи от линий поглощения, там, где интерференционные кривые, полученные по методу Пуччианти, идут круто вверх и вниз по обе стороны от линии поглощения, почти сливаясь, так что точные промеры вертикальных смещений полос становятся невозможными. Метод позволяет по положению «крюков» находить константу a_i , определяющую дисперсию в парах вблизи линии поглощения λ_i . Меняя толщину компенсирующей стеклянной пластинки, можно смещать «крюки» по отношению к линии, добиваясь удобного для измерений положения.

«Метод крюков» позволял также по их положению находить числа осцилляторов — электронов N_i с частотой собственных колебаний, соответствующих частоте линий поглощения.

Самым замечательным в «методе крюков» было то, что он давал возможность свести эти измерения к простейшему измерению длины (определению на спектрограмме расстояния в длинах волн между «крюками» справа и слева от линии) — обстоятельство удивительное, поражавшее воображение современников.

4) С помощью «метода крюков» нашел отношение чисел электронов N_1/N_2 для желтого дублета натрия, оказавшееся близким к целому числу 2. Показал, что это отношение в широких пределах не зависит от условий опыта, температуры и плотности исследуемых паров.

5) Создал новый тип интерферометра, максимально приспособленного для изучения аномальной дисперсии. Впоследствии интерферометр Рождественского нашел широкое применение у русских и зарубежных исследователей.

Диссертационная работа молодого ученого, содержащая столько важных и выдающихся результатов, привлекла внимание и получила высокую оценку многих крупнейших физиков как в России, так и за границей. Полученные им фотографии с картиной аномальной дисперсии и «крюками» приобрели небывалую в науке популярность и до настоящего времени воспроизводятся во всех солидных курсах общей физики и оптики.

Работы по определению «чисел электронов» и сил осцилляторов

Как уже отмечалось, центральной идеей, которой руководствовался Д. С. Рождественский, приступая к исследованиям по аномальной дисперсии, было включение этого явления в арсенал средств, направленных на решение кардинальной проблемы физики — строения вещества. Через оптику — к строению атома, так коротко можно сформулировать девиз, под которым развивались его исследования.

Во «Введении» к работе «Простые соотношения в парах щелочных металлов» Дмитрий Сергеевич писал: «Настоящая работа представляет естественное продолжение вышедшего в 1912 г. труда под заглавием „Аномальная дисперсия в парах натрия“. Цель этих работ двоякая. Во-первых, исследовать самое явление дисперсии; во-вторых, приблизиться с его помощью к вопросу о строении атома. Очевидно, что приступить ко второй из этих задач невозможно, не разрешив первой в существенных ее чертах. Этому и посвящена была предыдущая работа, которая касалась почти исключительно проверки основного закона дисперсии, а именно формулы Зеллмейера»¹.

Значение точного экспериментального подтверждения дисперсионной формулы Зеллмейера состояло не просто в фиксации того факта, что эта формула правильно описывает явление, но и в том, что, во-первых, оно подтвердило основные посылки, на которых строилась теория: а) наличие в веществе (атомах, молекулах) колеблющихся частиц, б) квазиупругий характер действующих на эти частицы внутриатомных сил, в) роль затухания и связь дисперсии с поглощением; во-вторых, справедливость формулы Зеллмейера означала возможность применения метода аномальной дисперсии («крюков») для нахождения чисел дисперсионных центров — электронов

¹ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 141.

с собственными частотами, соответствующими частотам линий поглощения. Использование для этих целей «метода крюков» могло быть правомерным только при условии, что формула Зеллмейера правильно описывает ход дисперсии.

Блестяще выполнив первую часть задуманных исследований по экспериментальному обоснованию теоретической формулы Зеллмейера—Друде, Рождественский мог опираться на нее в последующих работах по определению чисел и сил осцилляторов, непосредственно связанных со строением атомов.

Знание числа осцилляторов — электронов определенной частоты, соответствующей данной спектральной линии λ_i в единице объема вещества, — представляло большой теоретический интерес, поскольку позволяло судить о числе таких электронов в атоме, равном N_i/N_0 , если N_0 — число атомов в том же объеме. Но это было возможным при условии, что известна величина N_0 . Между тем во время первых работ Рождественского оценка величины N_0 затруднялась, поскольку упругость насыщающих паров натрия была известна плохо. Эту трудность можно обойти, если решить определить относительное число электронов в атоме, соответствующих, например, двум составляющим дублета спектральных линий. В своей первой работе Дмитрий Сергеевич нашел величину такого отношения для главного дублета натрия. Она оказалась близкой к целому числу 2. При этом было установлено, что эта величина в широких пределах (особенно когда речь идет о плотности паров) не зависит от температуры и плотности исследуемых паров.

В работе «Простые соотношения в парах щелочных металлов» Рождественский снова сосредоточился на исследовании щелочных металлов — калия, рубидия, цезия. Натрий был уже достаточно изучен и самим Рождественским, и в работах некоторых зарубежных исследователей. Последний из щелочных металлов — литий не включался в число изучаемых объектов, так как он испаряется при очень высокой температуре, что требовало специальной аппаратуры, которой ученый в то время не располагал. Кроме того, первый дублет первой серии лития очень узок, разность длин волн составляет всего $0,15 \text{ \AA}$, и его исследование требовало дифракционных решеток весьма высокой разрешающей силы, которые тогда отсутство-

вали. Наконец, работы с парами лития были связаны с большими трудностями из-за их большой химической активности.

Учитывая однотипность главных серий, представляющих собой совокупность дублетов, можно было предположить наличие какого-то единого принципа строения атомов щелочных металлов, а также рассчитывать на то, что измерения отношений «чисел электронов» для составляющих дублетов дадут возможность сделать некоторые общие выводы о строении атомов и поведении их внешних электронов.

Экспериментальная установка в ее существенных чертах сохранилась той же, что и в первой работе. Некоторые изменения в ее конструкции были связаны в основном с тем, что исследования распространялись на ультрафиолетовую и инфракрасную области спектров, где либо мала интенсивность света (благодаря поглощению), либо мала чувствительность фотопластинок. В связи с этим всюду, где это было возможно, стекло заменялось кварцем и принимались меры по возможному увеличению интенсивности света прежде всего за счет повышения качества зеркальных стекол интерферометра. Влияние сотрясений здания было сведено к минимуму прикреплением интерферометра к семипудовой каменной плите, покоящейся на каучуковых пробках.

Результаты исследования подтвердили предварительные выводы, полученные еще в первой работе: отношение «чисел электронов» N_1/N_2 для первых дублетов всех трех металлов с точностью до ошибок измерения оказалось равным 1,98, т. е. близким целому числу 2. Для следующих дублетов отношения оказались различными для разных металлов. Так, для вторых дублетов отношения оказались равными: у калия — 2,05, у рубидия — 2,58, у цезия — 4,7; для третьего дублета: у рубидия — 2,9, у цезия — 7,4; для четвертого дублета цезия — 9,1. Рождественский смог также оценить отношение «чисел электронов» для двух последующих дублетов главной серии. Эти отношения оказались равными примерно 100 для калия и 60 для рубидия и цезия.

Благодаря высокой точности измерения, которую давал «метод крюков», результаты Рождественского оказались более надежными, чем у ряда зарубежных исследователей (Фюхтбауер и Гофман, Фюхтбауер и Шелль, Гуи и др.), также занимавшихся проблемой определения отношений

для щелочных металлов, которые носили противоречивый характер.

Фюхтбауер и Гофман, принимая во внимание, что для первого дублета натрия отношение равно 2, и получив для второго и третьего дублетов цезия соответственно значения 3 и 4, высказали догадку о существовании простого закона целых чисел для главной серии спектров щелочных металлов; отношение «чисел электронов» N_1/N_2 для составляющих первых дублетов равно 2 и увеличивается на 1 для всякого следующего дублета. Как показали измерения Рождественского, этот «закон» не соответствует действительности. «Закон на самом деле гораздо сложнее»², — отметил Рождественский. Так, по его данным:

1) для первого дублета главной серии всех щелочных металлов отношение «чисел электронов» равно 2;

2) при переходе от первого дублета к высшим отношения возрастают. Это увеличение идет по-разному у различных металлов: менее всего оно выражено у калия, сильнее всего — у цезия. Другими словами, отношения растут с увеличением атомного номера;

3) не все отношения N_1/N_2 являются целочисленными.

Это последнее обстоятельство было весьма знаменательным. Если целочисленное отношение «чисел электронов» для головных дублетов спектров щелочных металлов, открытое Рождественским, получило объяснение уже в самом первом варианте квантовой теории атомов, то приведенные выше нецелочисленные величины не укладывались в теорию Бора—Зоммерфельда, требовавшую целочисленности всех, а не только головных дублетов.

В. К. Прокофьев отмечает в связи со сказанным: «Уверенность Д. С. в большой точности его измерений была настолько велика, что он нисколько не сомневался в наличии столь больших отступлений от значения 2 даже тогда, когда Зоммерфельд, развивая теорию интенсивности линий мультиплетов, подверг сомнению практический результат Д. С. Рождественского. . . как неудовлетворяющий теоретическим выводам. Отметим, что, по теории Зоммерфельда, все дублеты щелочных металлов должны давать отношение интенсивностей и чисел дисперсионных центров, равное 2. Только значительно позднее Ферми показал неправильность такого теоретического вывода

² Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 205.

Зоммерфельда и теоретически подтвердил результат Д. С. Рождественского»³.

Таким образом, противоречие было разрешено лишь с позиций квантовой механики.

В классической теории с каждой спектральной линией сопоставляется электронный осциллятор с соответствующей частотой собственных колебаний. Поглощение и дисперсия определяются числом поглощающих осцилляторов данного сорта в единице объема вещества. В простом варианте теории принимается, что в диспергирующей среде имеется лишь один сорт атомов и в каждом из них содержится один колеблющийся электрон. В этом случае число электронов совпадает с числом атомов в единице объема N и дисперсия определяется формулой

$$n^2 - 1 = 4\pi N\alpha. \quad (1)$$

Здесь α — поляризуемость атома, оказавшаяся величиной непостоянной и зависящей от частоты световой волны ω .

В общем случае при наличии в среде нескольких групп осцилляторов с различными частотами собственных колебаний каждая группа из N_i осцилляторов вносит свой вклад, равный $N_i\alpha_i$, в поляризуемость среды (величину P/E).

Эффективная средняя поляризуемость одного атома будет равна

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{1}{N} \sum_i N_i\alpha_i = \sum_i f_i\alpha_i. \quad (2)$$

Величина $f_i = N_i/N$, равная числу осцилляторов данного сорта, приходящемуся на один атом, и выражающая эффективность вклада этих осцилляторов в поляризуемость и тем самым в дисперсию, получила не совсем удачное название — силы осциллятора, подчеркивающее вклад осцилляторов данной частоты, или их эффективность в явлениях дисперсии и поглощения. Таким образом, числа осцилляторов N_i , входящие как один из множителей в константы дисперсионной формулы Зеллмейера—Друде, всюду могут быть заменены на произведения $N_i = f_i N_0$ (N_0 — число атомов в единице объема).

³ Прокофьев В. К. Работы Д. С. Рождественского по аномальной дисперсии, с. 317.

Отношения чисел осцилляторов N_1/N_2 , соответствующих компонентам дублетов щелочных металлов, определением которых занимался Рождественский в своей магистерской и докторской диссертациях, в то же время представляют собой отношение сил осцилляторов f_1/f_2 — величин, которые приобрели важное значение в классических, а затем и квантовых теориях излучения и дисперсии. В квантовых (т. е. основанных на первоначальной квантовой и квантово-механических теориях) излучение (поглощение) спектральных линий не связывается с какими-либо модельными представлениями о механизме излучения, подобными представлениями о квазиупругих осцилляторах, которыми оперирует классическая теория. Излучение является результатом перехода атома из одного стационарного состояния с энергией E_k в другое с меньшей энергией E_i . Вместо частоты колебаний классического осциллятора, определяющей частоту испускаемого света, квантовая теория вводит частоту кванта излучения, связанную с энергией, освобождающейся при переходе атома, соотношением

$$h\nu = E_k - E_i. \quad (3)$$

Атом, находящийся в некотором энергетическом состоянии k , может совершать бесчисленное множество переходов в другие состояния, каждому из которых соответствует своя частота излучения ν_{ki} . Поэтому даже один такой атом эквивалентен и реагирует на внешнее излучение, как целый набор (бесконечный) классических осцилляторов. Однако числа различных переходов в единицу времени не одинаковы и подчиняются, как было установлено в 1917 г. Эйнштейном, статистическим, или вероятностным, законам.

Таким образом, если при классическом рассмотрении интенсивность спектральных линий поглощения определяется числом осцилляторов соответствующей частоты в единице объема поглощающей среды, или числом атомов в единице объема, и силой осциллятора (поскольку $N_i = Nf_i$), то с позиций квантовой теории она зависит от числа поглощающих атомов и специфической атомной величины — вероятности перехода атома из одного энергетического состояния в другое.

Другими словами, сила осциллятора, определяющей, как уже говорилось, вклад осцилляторов данной частоты в явления дисперсии и поглощения, в квантовой теории

соответствует вероятность перехода атома между двумя стационарными состояниями. Чем больше вероятность перехода, тем большая часть из N_i атомов, первоначально находившихся в i -м состоянии, переходит в единицу времени в k -е состояние и, следовательно, тем эффективнее роль перехода к общей картине явления.

Теоретически связь между вероятностью перехода и силой соответствующего этому переходу осциллятора была установлена в 1921 г. Ладенбургом. Понятие вероятностей перехода было введено Эйнштейном при выводе планковского закона черного излучения. Эйнштейн рассматривает три типа переходов, каждому из которых соответствует своя вероятность: 1) поглощающие переходы с более глубокого на более высокий уровень $i \rightarrow k$ под действием внешнего потока излучения частоты ν_{ki} ; 2) индуцированные переходы с более высокого на более низкий уровень $k \rightarrow i$ под влиянием внешнего потока излучения частоты ν_{ki} ; 3) спонтанные (самопроизвольные) переходы с более высокого на более низкий уровень $k \rightarrow i$, происходящие без всякого воздействия извне.

Число поглощающих, индуцированных и спонтанных переходов в единице объема в единицу времени равно:

$$\begin{aligned} n_{\text{спонт}} &= N_k A_{ki}, \\ n_{\text{инд}} &= N_k B_{ki} \rho(\nu_{ki}), \\ n_{\text{погл}} &= N_i B_{ik} \rho(\nu_{ki}). \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь N_k и N_i — числа атомов в единице объема в состояниях k и i , $\rho(\nu_{ki})$ — объемная плотность внешнего излучения; A_{ki} , B_{ki} , B_{ik} — коэффициенты Эйнштейна. Величины B_{ik} , B_{ki} , A_{ki} связаны между собой соотношениями

$$g_i B_{ik} = g_k B_{ki}; \quad A_{ki} = B_{ik} \frac{g_i}{g_k} \frac{8\pi\nu^3 h}{c^3}. \quad (5)$$

Здесь g_i и g_k — статистические веса, i и k — состояния атома.

Таким образом, для описания всех трех процессов: поглощения, спонтанного и индуцированного излучения — достаточно знать один из коэффициентов, два других могут быть вычислены. Обычно в качестве атомной константы принимается вероятность перехода A_{ki} .

Для того чтобы перевести классическую формулу дисперсии на «квантовый» язык, следовало установить связь между классическими и квантовыми величинами, характеризующими процессы излучения и поглощения света. Это не составляло труда для частот излучения — классической и квантовой. Сложнее было выразить силы осцилляторов через вероятности переходов.

С этой целью Ладенбург рассматривает для простоты газ, атомы которого находятся в определенном квантовом состоянии i и осуществляют один переход из этого состояния на более высокий уровень k , связанный с поглощением света частоты ν . Исходным для дальнейшего вывода является требование: N_i «квантовых» атомов поглощают в среднем ту же энергию, как $N'(\nu) = f_{ik} N_i$ классических осцилляторов. (Сила осциллятора f_{ik} , которая в классической теории представляла число осцилляторов, приходящихся на один поглощающий атом, выступает здесь как величина, равная числу классических осцилляторов, эквивалентных по поглощаемой мощности одному «квантовому» атому, совершающему переход $i \rightarrow k$). При классическом рассмотрении расчет дает для энергии, поглощаемой в единицу времени $N'(\nu)$ осцилляторами, находящимися в единице объема вещества, пронизываемого потоком излучения частоты ν с объемной плотностью энергии $\rho(\nu)$, выражение

$$y_{\text{погл}}^{\text{кл}} = \frac{\pi e^2}{mc} N'(\nu) \rho(\nu). \quad (6)$$

Второе, квантовое выражение для энергии, поглощаемой в единицу времени в единице объема, учитывая (4), может быть записано в очевидной форме

$$y_{\text{погл}}^{\text{кв}} = N_i B_{ik} \rho(\nu_{ki}) h \nu_{ki}. \quad (7)$$

Сравнение выражений (6) и (7) с учетом (5) дает

$$N'_{(\nu)} = N_i \frac{g_k}{g_i} A_{ki} \frac{mc^3}{8\pi^2 e^2 \nu_{ki}^2}. \quad (8)$$

Так как число поглощающих атомов, осуществляющих переходы $i \rightarrow k$, равно N_i , можно положить

$$N'(\nu) = N_i f_{ik}, \quad (9)$$

где

$$f_{ik} = \frac{g_k}{g_i} A_{ki} \frac{mc^3}{8\pi^2 e^2 \nu_{ki}^2} \quad (10)$$

— сила осциллятора, равная числу классических электронных осцилляторов, столь же эффективных по поглощаемой мощности, как один атом, совершающий переход $i \rightarrow k$.

Таким образом, в квантовой интерпретации величина f_{ik} — сила осциллятора — приобрела отчетливый физический смысл — она оказалась однозначно связанной с атомной константой — вероятностью перехода A_{ki} . Каждому переходу в данном атоме $i \rightarrow k$ соответствует определенная сила осциллятора f_{ik} .

Подстановка полученного для N' (ν) выражения (8) в дисперсионную формулу с заменой частоты осциллятора на частоту квантового перехода ν_{ki} приводит к формуле дисперсии Ладенбурга

$$n^2 - 1 = \frac{e^2}{\pi m} \frac{N_i f_{ik}}{\nu_{ki}^2 - \nu^2}, \quad (11)$$

где f_{ik} определяется формулой (10).

В этой записи формула справедлива для случая отдельной линии поглощения, характеризуемой частотой ν_{ki} . Учитывая возможность различных поглощающих переходов и начальных состояний (случай многих линий поглощения), формула может быть преобразована в следующую:

$$n^2 - 1 = \frac{e^2}{m} \sum_i N_i \sum_{\substack{k \\ (E_k > E_i)}} \frac{f_{ik}}{\nu_{ki}^2 - \nu^2}. \quad (12)$$

Квантовая теория дисперсии была дополнена в 1924 г. Г. А. Крамерсом⁴, который допустил, что в случае, когда в поле излучения находятся возбужденные атомы, следует, кроме поглощающих переходов $i \rightarrow k$ с исходного возбужденного уровня i на еще более высокие уровни энергии k , учитывать также возможность переходов с этого же уровня на более низкие уровни энергии j ($i \rightarrow j$) (индуцированные переходы по Эйнштейну, или отрицательное поглощение). Это предположение приводит к появлению в формуле дисперсии отрицательных дисперсионных членов (отрицательная дисперсия):

$$n^2 - 1 = \frac{e^2}{m} \sum_i N_i \left\{ \sum_{\substack{k \\ (E_k > E_i)}} \frac{f_{ik}}{\nu_{ki}^2 - \nu^2} - \sum_{\substack{j \\ (E_j < E_i)}} \frac{f_{ij}}{\nu_{ij}^2 - \nu^2} \right\}. \quad (13)$$

⁴ Nature, 1925, v. 113, p. 627.

Формула Крамерса позднее была подтверждена выводами квантовой механики. Для случая дисперсии около одиночной линии с частотой ν_{ki} формула Крамерса может быть приведена к виду

$$n^2 - 1 = \frac{e^2}{\pi m} \frac{N_i f_{ik}}{\nu_{ki}^2 - \nu^2} \left(1 - \frac{g_i}{g_k} \frac{N_k}{N_i} \right). \quad (14)$$

Если ввести обозначение

$$N' = N_i f_{ik} \left(1 - \frac{g_i}{g_k} \frac{N_k}{N_i} \right), \quad (15)$$

формула (14) переписется в виде

$$n^2 - 1 = \frac{e^2}{\pi m} \frac{N'}{\nu_{ki}^2 - \nu^2}. \quad (16)$$

Таким образом, величину N' , определяемую, согласно (15), можно формально отождествить с числом дисперсионных центров N' классической теории, которое может быть найдено по измерению дисперсии.

Влияние отрицательных дисперсионных членов обычно пренебрежимо мало (поскольку $N_k \ll N_i$), поэтому в большинстве случаев (если только исследуется не слишком сильно возбужденный газ) для обсуждения экспериментальных результатов достаточно исходить из формулы Ладенбурга, которая, в свою очередь, как, впрочем, и формула Крамерса, согласно (16), по своей форме совпадает с классической формулой Зеллмейера, константы которой лишь получили иное физическое толкование. Поистине удивительна судьба этой замечательной формулы. Впервые появившись в 1871 г. на основе упругой теории света, она сумела пережить революционные изменения в представлениях о природе света и строении материи, сохранив свой облик до наших дней; она получила обоснование с позиций электромагнитной теории света и электронной теории вещества на основе гипотезы «о квазиупругом электроне», затем, когда наступила «квантовая эра» и «квазиупругий электрон», по образному выражению Д. С. Рождественского, «хотя и со славою, хотя и после жестокого боя, но погиб», формула Зеллмейера была подтверждена в квантовых теориях дисперсии. Наконец, ее не поколебала и смена первоначальной квантовой теории квантовой механикой, поскольку, как оказалось, точная теория атома, основанная на кван-

товой механике, утверждает, что в процессах с участием света электроны ведут себя так, как будто они закреплены на пружинах.

Первое исследование по аномальной дисперсии Рождественского, в котором формула Зеллмейера нашла блестящее подтверждение, пришлось на эпоху расцвета теорий, базирующихся на «квазиупругом» электроне и, казалось, неопровержимо свидетельствовавших в пользу непогрешимости этих представлений. Однако небезынтересно отметить, что Рождественский уже в ту пору не настаивал категорически на этих выводах. Проявляя удивительную научную осторожность и проницательность, он допускал и возможность иного толкования явлений аномальной дисперсии, не обязательно связанного с модельным представлением о квазиупругом электроне. Впоследствии он писал: «Вряд ли кто-нибудь тщательнее меня вдоль и поперек исследовал эти кривые (кривые дисперсии, полученные им на спектрограммах. — *Авт.*), и мой ответ: да, эти кривые — гиперболы и, следовательно, электрон имеет квазиупругую связь. К счастью, присущий мне скепсис заставил меня прибавить: впрочем, достаточно линейности уравнений, заведующих колебаниями электрона, чтобы обусловить гиперболу, не входя в рассмотрение вопроса о существовании связи». И несколько дальше: «Крамерс показал, что линейность уравнений не противоречит квантовому атому, а, следовательно, гиперболичность кривых интерференции, о которой была речь выше, не может служить чистым критерием квазиупругости атома: мой скепсис оправдался самым неожиданным образом»⁵.

С появлением квантовой теории дисперсии «метод крюков» Рождественского, позволяющий находить числа и силы осцилляторов (или их отношения для составляющих мультиплетов), приобрел новую чрезвычайно важную «квантовую» область применения: он стал одним из основных методов определения вероятностей переходов — важнейших атомных констант, регулирующих процессы испускания и поглощения света атомом. По словам С. Э. Фриш, измерение «методом крюков» вероятностей переходов в атомах превратилось в одну из важнейших задач экспериментальной атомной физики.

⁵ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 632.

Метод дает величины $N_i f_{ik}$ (произведение числа поглощающих атомов на силу осциллятора). В случае, когда число поглощающих атомов известно (например, для линий поглощения главной серии, обязанной переходом с основного, наиболее глубокого уровня на более высокие, можно считать число N_i равным числу атомов в единице объема N_0 , которое может быть определено по давлению и температуре поглощающего пара), «метод крюков» позволяет находить абсолютные значения f_{ik} и, тем самым, вероятностей переходов A_{ki} . В менее благоприятных случаях определяются отношения вероятностей переходов, что также представляет значительный интерес.

Метод Рождественского, «остроумный, ценный и прекрасный» (Р. Вуд) получил самое широкое применение для определения сил осцилляторов и вероятностей переходов в работах отечественных и зарубежных физиков. Значительная часть этих исследований была выполнена еще при жизни Рождественского его учениками и сотрудниками. Работа развивалась по программе, намеченной в докторской диссертации Дмитрия Сергеевича. Она предусматривала изучение «методом крюков» возможно большего числа элементов периодической системы Менделеева. В качестве первоочередной задачи намечалось распространить область исследований на ультрафиолетовую часть спектра. С этой целью, по идее Рождественского, был создан специальный интерферометр с флюоритовой оптикой, прозрачной для ультрафиолетовых лучей, который был собран А. И. Филипповым. На этом интерферометре А. Н. Филиппов и В. К. Прокофьев провели большое исследование аномальной дисперсии у 25 последующих дублетов главной серии натрия и у 16 из них определили вероятности переходов.

Работа Филиппова и Прокофьева получила высокую оценку Рождественского, который ставил ее наравне с классической работой Р. Вуда по исследованию поглощения в главной серии натрия. «Это уже не исследование одной, двух линий в спектре, — писал он, — вопрос касается исследования всего атома целиком, т. е. всех линий главной серии до самого ее хвоста. Это то, о чем я мечтал почти 30 лет тому назад, и я счастлив, что моим ученикам удалось сделать эту работу, и притом в столь совершенной форме. Все полученные числа дисперсионных центров для каждой линии дают стройную систему атомной закономерности и трудно

отделаться от впечатления, что этими числами можно держать атом в руках, знать его тайны»⁶.

Согласно квантовомеханическим расчетам, для простейшего из атомов — атома водорода, вероятности переходов для линий одной серии должны подчиняться так называемому «закону кубов» — меняться обратно пропорционально кубу главных квантовых чисел. Для более сложных атомов расчет приводил к более сложным закономерностям, к отступлениям от закона кубов. Знание этих отступлений позволяло делать выводы о характере взаимодействий между электронами в оболочках атомов.

Измерения Филиппова и Прокофьева показали, что закон кубов выполняется для линий главной серии натрия, начиная с одиннадцатого члена. Для первых же членов спад интенсивности происходит гораздо быстрее: на головной дублет натрия приходится 98,2% от общей интенсивности, на все остальные линии приходится менее 2%. Прокофьев провел методами квантовой механики расчет для первых четырех членов главной серии натрия, который дал результаты, подтверждающие справедливость экспериментальных данных.

Позднее Прокофьев вспоминал: «Проводя экспериментальные измерения сил осцилляторов, мы искали возможности теоретических вычислений этих важнейших атомных констант. В 1927 г. появилась работа японского ученого Суджиура, где была сделана успешная попытка расчета этих констант для главной серии натрия; результаты вычислений находились в хорошем согласии с имевшимися у нас измерениями главной серии натрия. Однако примененный в этой работе метод решения уравнения Шредингера в виде медленно сходящихся комплексных гипергеометрических рядов оказался весьма сложным. . .

Я помню, как во время разбора вычислений Суджиура ко мне в комнату вошел В. А. Фок и поинтересовался, чем я занят. Я подробно рассказал ему об открытой возможности вычисления сил осцилляторов для натрия и о работе Суджиура, указав, что путь решения через гипергеометрические ряды является неприемлемым. В. А. Фок посоветовал использовать метод численного интегрирования уравнения. . . Совет В. А. Фока оказался

⁶ См. Прокофьев В. К. От явления аномальной дисперсии к методу определения сил осцилляторов. — В сборнике: Воспоминания об академике Д. С. Рождественском. Л., Наука, 1976, с. 114.

весьма эффективным, уравнение Шредингера интегрировалось за несколько часов, и за три месяца работы мне удалось провести вычисление сил осцилляторов для 4-х первых дублетов главной серии натрия и ряда более высоких переходов. Научные результаты вычислений с большой точностью совпадали с проведенными В. К. Прокофьевым и А. Н. Филипповым измерениями в главной серии натрия.

Об этом было сообщено Д. С. Рождественскому. Он сразу оценил большую важность полученного результата, и у меня появилась помощница для этих расчетов — М. И. Петрашень. Вскоре весь вопрос о расчетах атомов был передан в ведение В. А. Фока, где создавалась группа специально для развития техники таких расчетов⁷. Уточним, — в ее состав вошли М. Г. Веселов, М. И. Петрашень, А. Р. Кричагина.

К тому времени стало известно о расчетах поля электронов в атомах группой Хартри в Кембридже (1928). В. А. Фоку удалось существенно развить метод, предложенный Хартри, введя в него учет обменной энергии и спиновых взаимодействий. Видоизмененный метод вошел в науку под названием «метод самосогласованного поля Хартри—Фока». Он позволял успешно рассчитывать атомные термы и силы осцилляторов и получил широкое применение в работах группы Фока в ГОИ, а затем на кафедре Фока в ЛГУ.

Позднее А. Н. Филиппов, исследуя аномальную дисперсию в парах лития (напомним, что по ряду обстоятельств Рождественский не мог в своей работе «Простые соотношения в парах щелочных металлов» включить литий в число исследуемых металлов), измерил вероятность перехода для 12 последующих членов главной серии спектра лития⁸. При этом был получен результат, который поначалу казался неожиданным: изменение вероятностей переходов не было монотонным, в частности, вероятность перехода для третьего члена серии оказалась больше, чем для второго. Однако квантовомеханические расчеты, выполненные В. А. Фоком и М. И. Петрашень, подтвердили этот экспериментальный результат. Результаты измерений Филиппова и Прокофьева, проведенных

⁷ Прокофьев В. К. Атомная спектроскопия и спектральный анализ. — В кн.: 50 лет ГОИ, с. 91.

⁸ Труды ГОИ, 1932, т. 8, вып. 85.

с парами натрия, а затем таллия, позволили сравнить выводы теории и опыта и в другом отношении. Согласно так называемому «правилу сумм» Томаса—Куна, алгебраическая сумма сил осцилляторов для переходов с данного энергетического уровня i на все более высокие уровни k в случае одного валентного электрона равна единице

$$\sum_k f_{ik} = 1.$$

Оказалось, что для натрия и, в еще большей степени для таллия, это соотношение не выполняется (сумма оказывается больше 1). Впоследствии В. А. Фоком было теоретически показано, что такое расхождение между результатами эксперимента и «правилом» Томаса—Куна вполне объяснимо и что правило сумм нуждается в существенных исправлениях.

Одной из важных задач Рождественский считал выяснение вопроса о том, зависит или не зависит отношение чисел диспергирующих электронов для составляющих дублетов от температуры и плотности паров металлов. Предварительные результаты, полученные самим Рождественским в его магистерской и докторской диссертациях, говорили в пользу независимости, однако пределы изменений температуры были недостаточно широкими, чтобы можно было с уверенностью делать определенные выводы. Это в особенности относилось к влиянию температуры. Все предыдущие исследования проводились с насыщенными парами, плотность которых весьма быстро растет с увеличением температуры. Таким образом, оба фактора действовали одновременно, при этом плотность в ряде случаев изменялась в 60—80 раз, тогда как температура вряд ли изменялась многим более 100° С. Изучение зависимости отношений N_1/N_2 от температуры требовало изменения методики эксперимента. По мысли Рождественского, этой цели наилучшим образом отвечало исследование паров, полученных в вольтовой дуге.

В докторской диссертации Д. С. Рождественский в следующих словах сформулировал задачу: «Необходимо проверить независимость величин ρ_1/ρ_2 (ρ_i — величины пропорциональные N_i —*Abin.*) от температуры. Это можно сделать только изучая дисперсию по методу крюков с раскаленными парами. . . Еще больший интерес представляет пламя вольтовой дуги. С одной стороны, здесь

температура выше, с другой — в пламени дуги дают линии поглощения многие металлы, так что предмет исследования расширяется, и, например, от щелочных металлов можно перейти к другим металлам 1-й группы: Cu, Ag, Au и т. д.»⁹.

Для качественных наблюдений аномальной дисперсии вольтовой дугой пользовались и другие исследователи (Л. Пуччианти и др.). Работа Д. С. Рождественского и В. Н. Туроверова¹⁰ была первым исследованием, в котором пары в вольтовой дуге использовались не просто как объект для наблюдения аномальной дисперсии, но и для получения количественных результатов, именно для измерения величин N_i/N_2 . Натрий вводился в нижний электрод-уголь. Для устранения искажений интерференционной картины, вызываемых потоками нагретого воздуха, дуга помещалась в замкнутый сосуд, воздух из которого был откачан. Вольтова дуга вводилась на пути одного из плеч интерферометра. Измерения проводились по «методу крюков» и привели к тому же результату, который был получен для желтого дублета натрия в магистерской диссертации при температуре паров в 300—400° С. Именно отношение N_1/N_2 с точностью до ошибок измерений оказалось равным 2. «Таким образом, — резюмирует Дмитрий Сергеевич, — можно считать доказанным, что величина отношения ρ_1/ρ_2 не зависит от температуры»¹¹.

В этом же направлении учениками Рождественского был выполнен еще ряд работ. Так, в работе В. К. Прокофьева «Аномальная дисперсия, соотношение дисперсионных постоянных в главной серии калия» (1924)¹² была проверена «методом крюков» зависимость отношения дисперсионных констант для первых двух дублетов калия от температуры и плотности. При этом была обнаружена некоторая зависимость от плотности измерений вблизи линий поглощения (изменение плотности в 25 раз изменяло отношение на 10—11%). Позднее этот вопрос обсуждался в статье Г. С. Кватера «О правильности формулы Зеллмейера вблизи линий поглощения»¹³. Автор показал, что

⁹ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 182.

¹⁰ Там же, с. 214.

¹¹ Там же, с. 221.

¹² Труды ГОИ, 1924, т. 3, вып. 25.

¹³ Журнал экспериментальной и теоретической физики (в дальнейшем ЖЭТФ), 1924, т. 12, вып. 9.

суть дела заключается не в возможной неправильности формулы Зеллмейера, как полагал В. К. Прокофьев, а в систематических ошибках при измерении расстояний от вершины «крюка» до линии поглощения вследствие трудностей при определении положения вершины «крюка», из-за его пологости и несимметричности. Кватер указал пути преодоления этих погрешностей. Он же выполнил весьма интересное исследование аномальной дисперсии в парах таллия¹⁴. «Метод крюков» — и в этом состоит одно из важнейших применений метода, помимо указанных ранее, — позволяет определять число поглощающих атомов N_i в тех случаях, когда известны силы осцилляторов f_{ik} . Атом таллия характеризуется тем, что у него на небольшом расстоянии от нормального уровня находится метастабильный уровень. При достаточно высокой температуре заметная часть атомов переходит в метастабильное состояние, что приводит к появлению в спектре поглощения двух серий (одна из них обязана поглощающим переходам с метастабильного уровня). Число атомов в метастабильном состоянии тем больше, чем выше температура. Согласно теории концентрации атомов в том и другом состоянии должны подчиняться закону Больцмана:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{g_1}{g_2} e^{\frac{-E_1 - E_2}{kT}}, \quad (17)$$

где E_1 и E_2 — энергии атома, g_1 и g_2 — статистические веса стационарных состояний.

Измерения «методом крюков» позволяют найти отношения N_1/N_2 . Результаты измерений Кватера оказались в превосходном согласии с законом Больцмана. Как подчеркивает С. Э. Фриш, «результат этих измерений имеет большое принципиальное значение: до сих пор было известно несколько более или менее косвенных способов проверки формулы Больцмана, метод же „крюков“ Рождественского дал наиболее прямой и точный способ проверки этого основного закона статистической физики»¹⁵.

Заметим, что необходимость и возможность использования метода с целью проверки закона Больцмана, Рож-

¹⁴ ЖЭТФ, 1941, т. 11, с. 421.

¹⁵ Фриш С. Э. Дмитрий Сергеевич Рождественский. Л., Изд-во ЛГУ, 1954, с. 48.

дественский неоднократно подчеркивал в докторской диссертации.

Основные работы по определению сил осцилляторов «методом крюков» с 1939 г. были перенесены из ГОИ в Физический институт ЛГУ, где они получили широкое развитие под руководством ученика Дмитрия Сергеевича — Н. П. Пенкина. Совместно с ним в ЛГУ Рождественский выполнил свою последнюю работу по аномальной дисперсии — «Определение сил вибраторов в спектрах атомов». Во введении к ней указывается, что задача атомной спектроскопии содержит два аспекта: определение частот колебаний, соответствующих спектральным линиям и определение интенсивностей линий. Значительная часть более простых определений, относящихся к частотам колебаний, к тому времени уже была выполнена, исследовано около 2/3 всех атомов. «Вопрос об исследовании интенсивностей колебаний, как более трудный, находился в стадии гораздо более примитивной. . . количество экспериментальных данных пока еще очень мало.

Настоящая работа имеет целью устранить ряд трудностей, которые до сих пор на пути применения метода дисперсии для измерения интенсивностей, и поставить вопрос о систематическом измерении интенсивностей у возможно большого числа атомов, может быть, даже у всех»¹⁶.

Основной трудностью, о которой шла речь, являлось то, что значительная часть элементов тугоплавкие и получение их паров, необходимых для использования метода, требует температур в 2500—3000° С. «До сих пор, — указывали авторы, — возможно было применять этот метод к изучению сил вибраторов в парах только при высокой температуре, не превышающей 1200° С. Этим исключается возможность изучения больше половины всех элементов. Поставленная в настоящей работе задача заключается в том, чтобы ввести в круг исследования также все тугоплавкие, трудно испаряющиеся элементы, а легко испаряющиеся исследовать при высокой температуре, которая ближе подходит к температуре звездных атмосфер»¹⁷.

Для получения высоких температур решено было использовать вакуумную печь Кинга, получившую свое

¹⁶ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 278.

¹⁷ Там же, с. 281.

название по имени ученого, сконструировавшего ее и применившего для качественных наблюдений над аномальной дисперсией некоторых металлов группы железа по методу скрещенных призм Кундта. Высокотемпературная печь представляла цилиндр диаметром 40 см и длиной 75 см, с двойными стенками, охлаждаемыми водой. Телом накала служила графитовая трубка. Ток к ней подавался по медным трубкам — электродам, охлаждаемым водой. Печь позволяла получить температуры до 2600—2700° С. Однако включение такой громоздкой печи с раскаленным телом нагрева в одну из ветвей интерферометра было связано с солидными техническими трудностями. Требовалось сконструировать и изготовить специальный интерферометр большого размера, разработать методику и выяснить наилучшие условия работы установки, включающей интерферометр, спектрограф и высокотемпературную печь.

В плане работы было записано:

«1. Выяснить условия получения паров при очень высоких температурах. 2. Проверить возможность первоклассных измерений в спектрах в местах скоплений линий. 3. Связать первоклассными измерениями в виде пробы два мультиплета с двух уровней. 4. Выяснить условия исследования атомов с электронами на высоких орбитах, в частности, ионизованных атомов.

Все эти вопросы должны быть решены непременно на линиях в видимой части спектра, чтобы можно было непрерывно наблюдать за явлением»¹⁸.

Предполагалось изучить возможность систематического исследования металлов длинного периода железа, включающего такие металлы, как стронций, ванадий, хром, магний, кобальт и др. Первым для исследования было выбрано железо, представляющее особый интерес для астрономии и спектр которого лучше всего изучен. Как уже говорилось, до работы Рождественского качественными наблюдениями над аномальной дисперсией трех металлов группы железа (железо, хром и титан) занимался Кинг (1917)¹⁹. Дмитрий Сергеевич высоко ценил результаты его исследований и опирался на них.

В ходе предварительных наблюдений Рождественский и Пенкин констатировали аномальную дисперсию у 18

¹⁸ Там же, с. 291.

¹⁹ «Astrophys. J.», 1917, v. 45, p. 254.

линий видимой части спектра (лишь у 5 из них слабая аномальная дисперсия была зафиксирована Кингом). «Несомненно, — отметили авторы, — что интерферометрический метод гораздо чувствительнее призматического. В наших условиях дисперсия хорошо измерима у многих слабых линий, где у Кинга с призмой едва видна»²⁰.

Однако в процессе наблюдений выяснились неподвижные осложнения. Оказалось, что при высоких температурах железо энергично реагирует с графитом трубки, — при 2500° С. Последняя проплавляется железом менее, чем за час, после чего она лопается и загорается дуга в 1550 А, которая и довершает разрушение. Было установлено также, что наиболее сильная дисперсия наблюдается у линий железа, лежащих в ультрафиолетовой области спектра, а это исключало возможность визуального наблюдения за ходом явления. По этой причине исследователи решили отказаться от железа и избрать в качестве объекта точных измерений хром — единственный элемент группы железа, у которого главные мультиплеты лежат в видимой области спектра. Хром также интенсивно вступает в реакцию с графитом при высоких температурах, но его важным преимуществом являлось то, что давление его паров при равных температурах больше, чем у железа.

Наблюдения велись у наиболее интенсивных линий спектра хрома — зеленого триплета, поэтому уже при не слишком высоких температурах (около 2400° С) можно было наблюдать хорошо выраженную аномальную дисперсию. И при этом получение количественных результатов было связано с весьма значительными трудностями. Исследуемый триплет очень тесен. Расстояние между ближайшими линиями всего 1,5 Å, а между крайними не превышает 4 Å; таким образом, все три линии заключены в промежутке, равном 2/3 ширины желтого дублета натрия. Использование «метода крюков» предполагало получение четких «крюков» между этими столь близкими линиями, при этом расстояния между «крюками» должны быть достаточно большими, чтобы можно было проводить измерения этих расстояний с большой точностью.

«Редко бывают более тесные триплеты и более трудные объекты для фотографирования и измерения», — гово-

²⁰ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 291.

рится в статье Рождественского и Пенкина. И далее: «... исследование этого триплета даст меру возможностей метода „крюков“ и укажет, в каком направлении следует искать усовершенствования»²¹.

Усилия экспериментаторов были направлены на получение резких и острых «крюков» — главного условия для точных измерений сил вибраторов методом дисперсии. Эта задача была успешно решена. Промеры полученных спектрограмм и соответствующие расчеты (методы расчетов были обобщены на случай тесно расположенных триплетов) позволили получить отношения сил вибраторов, соответствующих трем линиям триплета, оказавшиеся целочисленными и равными:

$$f_1 : f_2 : f_3 = 3,004 : 4,997 : 7,000$$

в превосходном согласии с теоретическими вычислениями

$$f_1 : f_2 : f_3 = 3 : 5 : 7.$$

Точность измерений была невиданной по тому времени и достигала 1%. Полученные результаты имели принципиальное значение и позволили сформулировать вывод: «Опыт изучения аномальной дисперсии в парах хрома показал, что в очень тесных мультиплетах можно измерить отношения сил вибраторов с точностью 1—1,5%. . . Таким образом, показано, что в громадном большинстве случаев многолинейчатых спектров типа железа можно измерить силы вибраторов „методом крюков“ в самых тесных скоплениях линий»²².

В работе Рождественского и Пенкина подчеркивается возможность использования метода «крюков» для целей астрофизики, в частности, для определения температур в звездных атмосферах. Так, если известны силы вибраторов f_{im} и f_{kn} для двух линий поглощения λ_{im} и λ_{kn} и с помощью «метода крюков» найдено отношение $N_k f_{kn} / N_i f_{im}$, то на основе формулы Больцмана (6) можно вычислить температуру звездного газа.

Н. П. Пенкин после смерти Д. С. Рождественского продолжил исследования на установке с печью Кинга над парами хрома²³. Им были измерены отношения сил

²¹ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 303.

²² Там же, с. 313.

²³ ЖЭТФ, 1947, т. 17, вып. 14, с. 114, 355.

осцилляторов для составляющих еще шести мультиплетов, которые оказались целочисленными и равными 5 : 7 : 9. Пенкин измерил также концентрацию ионов в парах бария при высокой температуре²⁴. Результаты этих измерений были сопоставлены и оказались в хорошем согласии с теоретической формулой, определяющей отношение числа ионов N_{j_0} к числу нейтральных атомов N_0 в том же объеме (формулой Саха, по своей форме несколько напоминающей формулу Больцмана):

$$\frac{N_{j_0}}{N_0} = p_e = 2 \frac{g_{j_0}}{g_0} \frac{2\pi m^{3/2} (kT)^{3/2}}{h^3} e^{-\frac{E_{j_0} - E_0}{kT}},$$

где $p_e = N_e kT$ — парциальное давление электронного газа (N_e — концентрация свободных электронов). Таким образом метод аномальной дисперсии Рождественского позволил экспериментально подтвердить и эту важную формулу статистической физики.

Изучению высокотемпературной печи и условий возбуждения атомов в ней была посвящена работа С. Э. Фриша, Н. П. Пенкина и А. М. Шухтина «Механизм возбуждения спектральных линий в высокотемпературной вакуумной печи»²⁵.

В дальнейшем Н. П. Пенкин со своими сотрудниками Ю. И. Островским, Г. Ф. Парчевским, Л. И. Шабановой, Г. П. Редько приступили к систематическим исследованиям по нахождению сил осцилляторов для большого числа линий поглощения в парах многих металлов.

Значения отношений сил осцилляторов и вероятностей переходов, полученные Д. С. Рождественским и его учениками и сотрудниками для большой группы элементов таблицы Менделеева, прочно вошли в капитальные сборники атомных констант. Результаты их исследований приводятся и обсуждаются во всех солидных руководствах по спектроскопии атомов.

Метод Рождественского нашел интересное применение в изучении явлений газового разряда. В разряде в газах и парах при низких давлениях концентрация возбужденных атомов достаточно велика, чтобы вызвать в спектре

²⁴ Известия Академии наук СССР, серия физическая, 1947, т. 9, № 3, с. 217.

²⁵ ЖЭТФ, 1948, т. 18, вып. 8.

поглощения появление линий побочных серий (следствие переходов с возбужденных уровней), около которых можно наблюдать аномальную дисперсию и получать «крюки». При исследовании дисперсии «методом крюков» оказывается возможным с большой степенью точности определять концентрации возбужденных атомов, знание которых представляет большой интерес для теории и практики газового разряда. «В последние годы (1948—1950 гг.), — отмечает С. Э. Фриш, — комплексное исследование газового разряда было предпринято в оптической лаборатории Ленинградского университета. Применение метода Рождественского полностью оправдало себя»²⁶. В частности, следует отметить исследование Ю. М. Кагана и Н. П. Пенкина²⁷, которые, наблюдая аномальную дисперсию в возбужденных парах ртути, сумели проследить заселенность электронами отдельных энергетических уровней. При этом было обнаружено, что при малых плотностях тока и низких давлениях распределение атомов по энергетическим состояниям значительно отличается от равновесного. По мере увеличения плотности тока и давления паров заселенность уровней начинает приближаться к равновесной. Эти результаты весьма существенны для понимания механизма свечения паров и газов при электрическом разряде.

В обзорной статье «Развитие советской оптики и спектроскопии за 50 лет» (1967) отмечается: «Для изучения свойств газоразрядной плазмы стал широко применяться метод аномальной дисперсии Рождественского. Н. П. Пенкин и его сотрудники измерили этим методом концентрацию нормальных и возбужденных атомов в положительном столбе разряда в чистых парах металлов и в их смесях с инертными газами. На основании этих измерений были определены эффективные сечения возбуждающих и тушащих соударений. . .»²⁸.

«Метод „крюков“ дает возможность измерять концентрацию частиц в газоразрядной плазме и судить о том, достигается ли в плазме термодинамическое равновесие или нет, — читаем мы в статье С. Э. Фриша «Научное

²⁶ Фриш С. Э. Современное развитие работ Д. С. Рождественского по аномальной дисперсии. — В кн.: Труды ГОИ, т. 23, вып. 136, с. 19.

²⁷ Оптика и спектроскопия, 1957, т. 2, вып. 5.

²⁸ Оптика и спектроскопия, 1967, т. 23, вып. 5, с. 662.

наследство Д. С. Рождественского». — Наблюдения такого типа получили особый интерес с появлением лазеров, когда на очередь стал вопрос изучения механизма возникновения инверсии заселенностей»²⁹. Интересно отметить, говорится далее в этой статье, что первые предложения использовать метод «крюков» для экспериментального изучения индуцированных переходов были сделаны еще в 1924 г. Тогда, во время 4-го съезда русских физиков, проходившего в Ленинграде, Эренфест обсуждал с Рождественским возможность прямого экспериментального подтверждения существования индуцированных переходов, введенных в рассмотрение Эйнштейном. Учет их ведет к появлению дополнительного члена в формуле Зеллмейера, которая приобретает вид (см. формулу (14) на стр. 186).

$$n^2 - 1 = \frac{e^2}{\pi m} \sum_k \frac{f_{ik} N_i}{v_{ik}^2 - v^2} \left(1 - \frac{g_i}{g_k} \frac{N_k}{N_i} \right).$$

Присутствие этого добавочного члена снижает дисперсию, что можно рассматривать как проявление «отрицательной дисперсии». Ее обнаружение являлось очень сложной задачей, поскольку обычно концентрация атомов в верхнем возбужденном состоянии значительно меньше концентрации в нижнем состоянии, так что $N_k/N_i \ll 1$, и отступление от обычного вида формулы Зеллмейера весьма мало.

«Было решено, — пишет С. Э. Фриш, — что Рождественский в ближайшее время займется постановкой соответственной работы. Но вышло так, что Дмитрий Сергеевич, слишком занятый другими делами, к этой теме не приступил. Несколькими годами позже, в результате переписки с Дмитрием Сергеевичем, изучением отрицательной дисперсии занялся известный немецкий физик Ладенбург. Рождественский оказал непосредственную помощь в проведении этой работы, которая выполнялась по методу „крюков“. Он переслал Ладенбургу чертежи своего интерферометра, а затем давал ему ряд консультаций во время личных встреч в Берлине»³⁰.

²⁹ Фриш С. Э. Научное наследство Д. С. Рождественского. «Успехи физических наук», 1976, т. 118, вып. 4, с. 578.

³⁰ Фриш С. Э. Научное наследство Д. С. Рождественского. «Успехи физических наук», 1976, т. 118, вып. 4, с. 578.

Все сказанное выше показывает, насколько широко и разнообразно использование метода Рождественского в современной науке. Предоставим еще раз слово члену-корреспонденту АН СССР С. Э. Фришу. В биографическом очерке Дмитрия Сергеевича (1954) он дает выразительную оценку его работам и их роли в развитии физики. «Работы, выполненные по методу Рождественского, — писал он, — все время находились в центре научных событий, связанных с развитием теории спектров на протяжении почти сорока лет. Первые работы указывали область применения классических представлений о квазиупругом электроде. Последующие работы, приведшие к открытию отношений интенсивностей спектральных линий, дали одну из поразительнейших проверок квантовой теории атомов. Но их же развитие указало на ограниченность первоначальной квантовой теории. Наконец, целый ряд тончайших измерений, выполненных методом „крюков“ Рождественского, подтверждает применимость современной квантовой механики к расчету процессов, происходящих в электронной оболочке любых атомов, позволил проверить основные выводы статистической физики и проследить за самыми тонкими деталями явлений, разыгрывающихся в газах при прохождении через них электрического тока. Использование метода «крюков», созданного Рождественским, для решения многочисленных важнейших вопросов строения атомов и процессов, происходящих в светящихся газах, стало монополией советских физиков»³¹.

За три года до этого, в 1951 г. Фриш писал: «В течение почти сорока лет, прошедших с момента появления первой работы Д. С. Рождественского, открытый им метод не потерял своей актуальности — случай редкий при современных бурных темпах развития физики»³². Прошло 25 лет, и мы прочитали в статье другого ученика и сотрудника Д. С. Рождественского — профессора Н. П. Пенкина: «В самом начале XX в., будучи еще совсем молодым ученым. . ., Дмитрий Сергеевич создал свой знаменитый метод „крюков“. Прошло уже около шестидесяти лет с того времени, а метод не только не потерял своего значения (что само по себе является удивительным при современном

³¹ Фриш С. Э. Дмитрий Сергеевич Рождественский, с. 19.

³² Фриш С. Э. Современное развитие работ Д. С. Рождественского по аномальной дисперсии. — В кн.: Труды ГОИ, т. 23, вып. 136, с. 19.

бурном развитии физики), а наоборот, используется для решения все новых задач в различных лабораториях Советского Союза, Англии и США. До сих пор он является наиболее надежным, а во многих случаях и наиболее точным способом определения произведений $N_i f_{ik}$, где N_i — концентрация поглощающих атомов, f_{ik} — сила осциллятора (число f_{ik}), которая однозначно связана с вероятностью соответствующего электронного перехода (A_{ki}) в атоме». И далее: «Метод Рождественского продолжает служить современной физике и позволяет получать новые данные, так необходимые спектроскопии, физике лазеров и физике плазмы, астрофизике и физике верхних слоев атмосферы»³³.

³³ Пенкин Н. П. Последние годы жизни Д. С. Рождественского. — В сборнике: Воспоминания об академике Д. С. Рождественском, с. 116.

Труды по теории атомных спектров и строению атомов

Мы уже говорили, что в изучении явления аномальной дисперсии, которому были посвящены первые исследования Д. С. Рождественского, он видел один из путей познания атомов — фундаментальнейшей из задач, стоявших перед физикой того времени. Другим, еще более важным ключом к познанию строения атома, как известно, явилось изучение атомных спектров.

Примерно в середине XIX в. было выяснено, что вещество в газообразном (атомарном) состоянии испускает линейчатый спектр, состоящий из отдельных спектральных линий. Было установлено также, что каждому химическому элементу соответствует своя, характерная для него картина спектра. Отсюда с неизбежностью следовал вывод, что спектр атомов данного сорта представляет собой как бы визитную карточку атома и что изучение атомных спектров, решение загадки их происхождения тесно связано с проблемой строения атомов.

Наиболее важные сведения для создания теории атомов были получены из спектра водорода. Именно спектр водорода оказался наиболее простым. Было замечено, что линии в этом спектре расположены не беспорядочно, что они могут быть объединены в группы или серии. Одна из таких серий расположена в видимой (и близкой ультрафиолетовой) области и потому была открыта раньше других (1885) швейцарским физиком И. Бальмером. Оказалось, что длины волн линий серии Бальмера подчиняются удивительно простой закономерности:

$$\lambda = \lambda_0 \frac{n^2}{n^2 - 1}, \quad (1)$$

где λ_0 — некоторая постоянная, а $n=3, 4, 5 \dots$, т. е. принимает значения последовательного ряда целых чисел.

Открытие Бальмера послужило толчком к поискам других спектральных закономерностей. Крупный шаг

в этом направлении был сделан шведом И. Ридбергом и немцем В. Ритцем.

Формула Бальмера может быть представлена в виде

$$\frac{1}{\lambda} = A - \frac{R}{n^2}. \quad (2)$$

Ридберг (1890), анализируя спектры щелочных металлов, установил существование в этих спектрах трех серий, получивших название главной, первой побочной и второй побочной. Внешне отдельные серии оказались сходными с водородной серией Бальмера. Поэтому Ридберг допустил, что они могут быть описаны формулами вида

$$\frac{1}{\lambda} = A - \frac{R}{(n + \alpha)^2},$$

аналогичного формуле Бальмера (2) и отличающегося от нее наличием поправочных членов α , представляющих собой правильные дроби. Каждой серии соответствует своя пара постоянных A и α . Поправочные члены для отдельных серий получили обозначения: для главной серии p (от английского слова principal — главный), для первой побочной — d (diffuse — диффузная), для второй побочной — s (sharp — резкая). Учитывая эти обозначения, формулы для трех серий могут быть записаны в виде:

$$\frac{1}{\lambda} = A - \frac{R}{(n + p)^2} \quad (n = 2, 3, 4, \dots),$$

$$\frac{1}{\lambda} = B - \frac{R}{(n + d)^2} \quad (n = 3, 4, 5, \dots), \quad (3)$$

$$\frac{1}{\lambda} = B - \frac{R}{(n + s)^2} \quad (n = 2, 3, 4, \dots).$$

Постоянные A и B представляют собой пределы серий, соответствующие граничным линиям ($1/\lambda \rightarrow A$ при $n \rightarrow \infty$).

Ридберг нашел, что пределы серий могут быть представлены как

$$A = \frac{R}{(1 + s)^2}; \quad B = \frac{R}{(2 + p)^2}.$$

Таким образом он сделал важное открытие, что волновые числа (величины $1/\lambda$) спектральных линий каждой серии могут быть выражены как разность двух величин, представляющих собой функции от целых чисел n_1 и n_2 :

$$\frac{1}{\lambda} = T_1(n_1) - T_2(n_2). \quad (4)$$

Функции $T_i(n)$, получившие название спектральных термов, для серий щелочных металлов имеют вид:

$$T_2 = \frac{R}{(n + \alpha)^2}. \quad (5)$$

Постоянная R , совпадающая по своему значению с постоянной в формуле Бальмера, получила название постоянной Ридберга.

Из двух термов разности (4) первый член постоянный (он определяет границу серии), второй — переменный, текущий.

Ритц (1908) обобщил выводы Ридберга, высказав «комбинационный принцип», согласно которому можно комбинировать любые термы, принадлежащие данному атому, в том числе термы, относящиеся к различным сериям, получая линии, не содержащиеся в сериальных формулах. Глубокий смысл принципа Ритца состоял в том, что все термы данного спектра представляют единую систему — каждому атому принадлежит свой набор термов. Разности различных термов дают волновые числа наблюдаемых линий спектра.

Основываясь на своем принципе, Ритц пришел к выводу, что спектр водорода может быть описан общей формулой вида

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right), \quad (6)$$

которая содержит формулу Бальмера, как частный случай (при $n_1=2$). Число n_1 определяет серию, n_2 — отдельную линию этой серии. Открытые в разное время серии Бальмера, серии в спектре водорода: Лаймана (в далекой ультрафиолетовой области), Пашена (в близкой инфракрасной области), Брэккета (в инфракрасной области), Пфунда (в далекой инфракрасной области спектра) превосходно укладывались в формулу Бальмера—Ритца (6).

Ритц предложил символическое изображение термов, согласно которому терм с поправочным членом x записывается как X и т. п. В этой символике сериальные формулы щелочных металлов приобретают вид

$$\text{главная серия } \frac{1}{\lambda} = 1S - nP \quad (n = 2, 3, 4, \dots),$$

$$\text{первая побочная } \frac{1}{\lambda} = 2P - nD \quad (n = 3, 4, 5, \dots), \quad (7)$$

$$\text{вторая побочная } \frac{1}{\lambda} = 2P - nS \quad (n = 2, 3, 4, \dots),$$

Впоследствии в инфракрасной области спектра щелочных металлов была обнаружена еще одна серия (серия Бергмана), которая символически записывается как

$$\frac{1}{\lambda} = 3D - nF \quad (n = 4, 5, 6, \dots).$$

Естественно, что открытие простых и строгих закономерностей в атомных спектрах, универсальный характер постоянной Ридберга и «принципа комбинаций» Ритца вызвали многочисленные попытки их теоретического осмысления. Было очевидно, что здесь скрыта сокровенная тайна строения источника спектра — атома.

Попытки решить эту задачу долгое время не приводили к успеху. «С момента открытия спектрального анализа Кирхгофом и Бунзенем в начале 50-х годов прошлого столетия до настоящего времени сделано около 60 000 работ по исследованию спектров различных элементов. Но до 1913 года не было и намека на разрешение вопроса. Наоборот, все теоретические изыскания приводили к одному печальному заключению: *non possumus* — не можем»¹, — писал о создавшейся ситуации Д. С. Рождественский.

В свое время мы уже говорили о гипотезе «квазиупругого электрона», которая была призвана объяснить механизм испускания и поглощения света атомом в рамках классических представлений. Модель атома, в котором электроны удерживаются у положения равновесия квазиупругой силой, была предложена в 1903 г. Дж. Дж. Томсоном. Атом, согласно этой модели, представляет собой равномерно заряженную положительным электричеством сферу, внутри которой размещаются отрицательные заряды — электроны. Однако все попытки объяснить линейчатые спектры на основе теории строения атома Томсона наталкивались на непреодолимые трудности.

Положение мало изменилось с появлением в 1911 г. планетарной или ядерной модели атома, предложенной Э. Резерфордом на основе его знаменитых опытов по рассеянию α -частиц. Рождение этой модели само по себе явилось одним из величайших открытий в истории науки, однако в своем первоначальном виде она не давала возможности продвинуться на пути разгадки тайны происхождения спектров — она не в состоянии была объяснить сам харак-

¹ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 325,

тер атомного спектра — его линейчатость. В соответствии с законами классической электродинамики, обращающийся около ядра электрон непрерывно излучает и теряет энергию, что ведет к изменению частоты обращения и, следовательно, частоты излучения.

Совокупность таких атомов будет давать непрерывный спектр.

Одно из казавшихся не поддающимся разумному объяснению с точки зрения классических представлений противоречий заключалось в том, что наличие большого числа линий в спектрах даже простых элементов требовало допущения о столь же большом по порядку числе классических осцилляторов — электронов в каждом атоме, допущения явно несостоятельного как с точки зрения атомной модели Томсона, так и ядерной модели Резерфорда.

Положение казалось безнадежным. Выход из создавшегося тупика был найден в 1913 г. Нильсом Бором путем привлечения новых квантовых представлений, введенных М. Планком в 1900 г. для объяснения излучения абсолютно черного тела. Бор перенес идею Планка о прерывном характере излучения света, согласно которой атом испускает энергию только порциями — квантами энергии, связанными с частотой излучения соотношением $\epsilon = h\nu$ — на атомы светящихся паров и газов. Не вдаваясь в механизм процесса излучения и основываясь на законе сохранения энергии, Бор допустил, что частота излучения света атомом определяется соотношением

$$h\nu = E_1 - E_2 \text{ или } \nu = E_1/h - E_2/h. \quad (8)$$

Это соотношение во второй его записи поразительно напоминает соотношение Ридберга (4).

В интерпретации Бора спектральные термы обрели прозрачный физический смысл — они оказались величинами, пропорциональными (с точностью до некоторой аддитивной постоянной) энергиям атома $T_i = -E_i/ch$. Знак минус здесь поставлен потому, что энергии атома отрицательны (в связи с определенным выбором нулевого значения потенциальной энергии). Каждому терму можно сопоставить определенное значение энергии атома. Поскольку каждому атому соответствует, как следует из спектроскопических наблюдений, определенный ряд термов, то Бор предположил, что и энергия атома, их значения также составляют дискретный ряд. Каждому из этих значений E_i соответствует некоторое устойчивое или стационарное состояние;

находясь в таком состоянии, атом не излучает. Излучение происходит при переходе атома из одного стационарного состояния в другое. Зная энергии, соответствующие стационарным состояниям, можно, пользуясь правилом частот Бора (8), рассчитать спектр атома.

Изложенные выше соображения Бора никак не связаны с определенной моделью строения атома — это чисто энергетическое описание процесса излучения. Ко времени формулирования Бором основных положений своей теории (наличие у атома стационарных состояний, правило частот) была уже известна ядерная модель атома Резерфорда. Различным уровням энергии в атоме Резерфорда должны соответствовать различные орбиты обращения электрона около ядра. Применительно к модели Резерфорда условия Бора утверждают:

а) электрон в атоме может находиться не на любых механически возможных орбитах, а лишь на избранных, стационарных, обращаясь по этим орбитам, он, вопреки классической электродинамике, не излучает;

б) испускание (поглощение) света происходит при переходе электрона с одной орбиты на другую.

Таким образом задача отбора стационарных состояний сводится к отбору стационарных орбит. Она была решена Бором для простейшего из атомов — атома водорода, полагая, согласно Резерфорду, что он состоит из ядра и вращающегося вокруг него электрона. При этом Бору пришлось ввести дополнительное условие: стационарными орбитами будут те, для которых момент количества движения электрона p имеет дискретные значения, равные целому кратному величине

$$p = mvr = n \frac{h}{2\pi}. \quad (9)$$

Целое число n получило название квантового числа. Каждой стационарной орбите соответствует свое квантовое число. Коль скоро стационарные орбиты установлены, не составляет труда вычислить соответствующие им полные энергии электрона (сумму кинетической и потенциальной энергии). Расчет, проведенный в предположении, что орбиты представляют собой окружности, привел к следующему выражению для энергий

$$E_n = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^2} \cdot \frac{1}{n^2}. \quad (10)$$

Отсюда возможные частоты излучения атома водорода определяются как

$$\nu = \frac{E_{n_2} - E_{n_1}}{h} = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3} \left(\frac{1}{n_2^2} - \frac{1}{n_1^2} \right).$$

Таким образом Бору удалось теоретически получить формулу Бальмера—Ритца и определить значение постоянной Ридберга в полном согласии с эмпирическими данными. Аналогичным путем можно получить формулу для частот, испускаемых атомами ионизованного гелия, введя в расчет двойной заряд ядра $2e$.

Теория Бора получила развитие прежде всего в работах А. Зоммерфельда. Учитывая, что движение электронов в кулоновом поле ядра вообще происходит по эллипсам, Зоммерфельд (1916) исследовал возможность распространения представлений Бора на общий случай эллиптических орбит.

Квантовое условие Бора (9) вообще может быть отнесено и к эллипсам. Однако ему удовлетворяет, кроме круга определенного радиуса (для данного n) непрерывный ряд эллипсов, в фокусе которых находится положительно заряженное ядро. Какие же из эллипсов реализуются в атоме? Зоммерфельд решил этот вопрос, введя вместо одного два квантовых условия, поскольку движение электронов по эллипсу описывается двумя полярными координатами — радиусом-вектором r и углом его поворота φ (азимут) и, соответственно, два квантовых числа — азимутальное n_φ и радиальное n_r .

Согласно Зоммерфельду для систем с несколькими степенями свободы вместо одного квантового условия должны выступать несколько квантовых условий, именно столько, сколько степеней свободы имеет система. Эти условия имеют вид:

$$\oint P_i dq_i = n_i h,$$

где n_i — квантовое число, q_i — обобщенная координата, P_i — соответствующий обобщенный импульс

$$P_i = \frac{\partial E_k}{\partial \dot{q}_i}.$$

(Здесь E_k — кинетическая энергия системы, \dot{q}_i — производная от координаты по времени).

Легко видеть, что квантовое условие (9), которым пользовался Бор, представляет собой частный случай условий

Зоммерфельда. Движение по круговой орбите можно рассматривать как движение с одной степенью свободы, причем в качестве обобщенной координаты естественно взять угол поворота, или азимут φ , изменяющийся в пределах от $\varphi=0$ до $\varphi=2\pi$. Обобщенный импульс P_φ есть момент количества движения электрона по орбите mvr . Тогда условие для отбора стационарных орбит запишется в виде:

$$\int_0^{2\pi} P_\varphi d\varphi = 2\pi mvr = nh \text{ или } P = n \frac{h}{2\pi}.$$

Стационарные эллиптические орбиты определяются двумя квантовыми условиями:

$$\int_0^{2\pi} P_\varphi d\varphi = n_\varphi h, \quad \oint P_r dr = n_r h.$$

Целые числа n_φ и n_r соответственно, азимутальное и радиальное квантовые числа.

Первое из написанных условий совпадает с боровским, так как и в случае движения по эллипсу момент количества движения электрона остается постоянным.

Квантовые числа n_φ и n_r определяют элементы эллипса — его большую полуось a и эксцентриситет ε в соответствии с формулами:

$$\varepsilon^2 - 1 = \frac{n_\varphi^2}{(n_r + n_\varphi)^2}, \quad a = \frac{n^2}{4\pi^2 me} (n_r + n_\varphi)$$

или, введя обозначение $n = n_r + n_\varphi$,

$$\varepsilon^2 - 1 = \frac{n_\varphi^2}{n^2}, \quad a = \frac{n^2}{4\pi^2 me} n.$$

Величина n , равная сумме радиального и азимутального квантовых чисел, получила название главного квантового числа.

Энергия электрона при движении по стационарной эллиптической орбите оказывается равной

$$E = -\frac{2\pi^2 me^4}{h^2} \cdot \frac{1}{(n_r - n_\varphi)^2} = -\frac{2\pi^2 me^4}{h^2 n^2},$$

т. е. определяется той же формулой (10), что и энергия при движении по круговой орбите, при этом вместо преж-

него квантового числа в ней стоит главное квантовое число. Таким образом в частном случае круговой орбиты главное квантовое число совпадает с квантовым числом Бора.

Сериальные формулы водорода приобретают вид

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{(n_{1r} + n_{1\phi})^2} - \frac{1}{(n_{2r} + n_{2\phi})^2} \right). \quad (11)$$

В отличие от прежней формулы (6) здесь появляется возможность различным образом составлять одно и то же число из отдельных слагаемых n_r и n_ϕ , которые определяют элементы эллипса — его большую полуось и эксцентриситет.

Таким образом, одному и тому же главному квантовому числу n можно сопоставить несколько эллиптических орбит с одной и той же полной энергией электрона. Следовательно, картина спектра не изменяется по сравнению с боровской, но каждая линия спектра может реализоваться несколькими способами. Рассматривая орбиты с большим эксцентриситетом (вытянутые), двигаясь по которым электрон близко подходит к ядру, причем его скорость становится очень большой, Зоммерфельд пришел к выводу о необходимости учета релятивистской зависимости массы электрона от скорости, которая должна сказаться на изменении энергии электрона. С помощью этих соображений он пытался дать объяснение так называемой тонкой структуре спектра водорода. Как было выяснено позднее, такое объяснение было недостаточным.

Как уже отмечалось, Рождественский ознакомился с первыми работами Бора в конце 1915 г. в связи с подготовкой к речи на заседании Русского физико-химического общества. Проблема захватила ученого, однако по ряду обстоятельств он смог вплотную заняться ею лишь в 1919 г. Дмитрий Сергеевич пришел к ряду идей, позволявших распространить теорию Бора—Зоммерфельда, относившуюся к атому водорода и сходных с ним ионов, на более сложные атомы. Эти идеи были изложены им в знаменитом докладе «Спектральный анализ и строение атома», прочитанном им на первом годовом собрании ГОИ в декабре 1919 г. Дальнейшее развитие они получили в ряде статей, опубликованных в 1921 г.: «Значение спектральных серий», «Термы высоких порядков и сходство между спектрами одноэлектронных и сложных атомов», «Серия спектра ионизованного магния из сравнения со спектром ионизованного гелия»,

Рождественский писал в докладе: «В 1916 г. изучение простейшего атома водорода уже доведено до конца. После Зоммерфельда, после Пашена мы до последней детали знаем о нем почти все, что нужно знать. Все возможные орбиты единственного электрона атома водорода перечислены и анализированы до мельчайших деталей. Вполне определенный цикл мысли и эксперимента получил завершение. Дальнейшее развитие этой мысли должно быть направлено на изучение других атомов»².

Рождественский сосредоточил свое внимание на одновалентных атомах с одним внешним электроном — атомах щелочных металлов. Он исходил из допущения, что их спектры обязаны своим происхождением переходам с орбиты на орбиту внешнего, валентного электрона. В пользу такого предположения говорило сходство серий спектров щелочных металлов с водородной серией Бальмера. Внешний электрон можно рассматривать как движущийся в поле ядра и остальных достаточно близких к ядру внутренних электронов. Если допустить, что это движение происходит на большом удалении от ядра и внутренних электронов, то действие внутренних электронов на внешний будет в первом приближении таково, как если бы эти электроны сконцентрировались в ядре и частично нейтрализовали его заряд, так что его «эффективный заряд» оказывается равным единице, как у ядра атома водорода. Отсюда, полагает Рождественский, следует вывод о том, что далекие орбиты атомов щелочных металлов должны очень мало отличаться от далеких орбит атома водорода. То же можно сказать об энергиях электронов на этих орбитах и соответствующих термах.

При переходах электрона между двумя далекими орбитами должны испускаться линии с длинами волн, весьма близкими к длинам волн соответствующих водородных линий. Это заключение подтверждается наблюдениями: в спектрах всех щелочных металлов в далекой инфракрасной области имеются линии, почти совпадающие с линиями водорода.

К этому выводу приводит и формальное сравнение выражений термов атомов щелочного металла и водорода:

$$T(n) = \frac{R}{(n+a)^2} \quad \text{и} \quad T(n) = \frac{R}{n^2}.$$

² Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 345.

Легко видеть, что чем больше n , тем легче пренебречь поправочным членом α по сравнению с n , тем ближе терм сложного атома к терму атома водорода.

Сопоставление того и другого рассуждений — на языке орбит и на языке термов — позволяет Рождественскому высказать «гипотетический принцип»: «чем больше n , тем ближе терм к водородному и тем более похожа орбита на водородную, следовательно, она становится более далекой от ядра, так как на далеких орбитах легче пренебречь нарушением кулонового поля, происходящим от присутствия центральных электронов. Обратное, чем более далекой является орбита, тем ближе соответствующий ей терм сложного атома к водородному атому»³.

Мера искажения орбит щелочного металла по сравнению с водородными может быть получена из сравнения энергий электрона на соответствующих орбитах. Прямой путь расчета энергии электрона, которым пользовался Бор для орбит атома водорода, оказывается неосуществимым для орбит атомов щелочных металлов. Поэтому Рождественский предлагает воспользоваться известными эмпирическими данными о спектрах щелочных металлов. Эти данные позволяют найти величины термов, а затем и энергий электронов на различных орбитах. Идея расчета состоит в следующем. Опыт дает длины волн или частоты спектральных линий. Серийные формулы дают волновые числа в виде разности двух членов — термов, каждый из которых пропорционален энергии электрона на соответствующей орбите.

Каждая серия имеет свою границу — предельную линию, которая может быть определена из наблюдений. Серийная формула, например, для главной серии может быть записана в виде (формула 3)

$$\frac{1}{\lambda} = A - \frac{R}{(n + \alpha)^2}.$$

Величина A — предел серии — пропорциональная энергии электрона на орбите $1s$ может быть определена из фотографии спектра поглощения. Легко видеть, что величина термов nR найдется путем простого вычитания из известного числа A волнового числа $1/\lambda$, наблюдаемого для данного n . В частности может быть вычислен терм $2R$. Но он представляет собой основной терм или предел вто-

³ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 391.

рой побочной серии. Зная его, можно в свою очередь рассчитать термы для орбит ns . Таким образом, переходя от серии к серии могут быть рассчитаны термы данного атома и тем самым энергии электронов на соответствующих орбитах.

Теперь можно приступить к решению задачи сравнения энергий валентного электрона щелочного металла с энергией водородного электрона на соответствующих орбитах.

Однако как установить соответствие чисел n в выражении терма водорода и терма сложного атома? Если для атома водорода задача определения по известной из опыта величине терма значения n — квантового числа — имеет однозначное решение, то для атома щелочного металла дело обстоит сложнее. В самом деле, из выражения терма

$$T(n) = \frac{R}{(n + \alpha)^2} \quad (12)$$

можно определить только суммарную величину

$$n + \alpha$$

(по более поздней терминологии — «эффективное» квантовое число). Величина терма не изменится, если изменить n (увеличить или уменьшить на несколько единиц), одновременно изменив соответствующим образом поправочный член α , который характеризует степень возмущения орбиты внутренними электронами.

Чтобы обойти эту трудность и установить правильные значения целых чисел n , Рождественский сравнивает ряды термов атомов щелочных металлов с термами водородными, для чего составляет специальную таблицу. Для правильного размещения термов он исходит из сформулированного им основополагающего принципа: «при высоких n терм стремится к водородному терму». Следовательно, не составляет труда сопоставить эти «высокие» термы: они должны совпадать или быть весьма близкими.

Таким образом устанавливаются значения n для термов щелочных металлов с высокими энергиями: они равны n соответствующего водородного терма. Затем, последовательно переходя от терма к терму с меньшими энергиями, удастся фиксировать отвечающие им значения n . При этом по мере продвижения в сторону уменьшения n постепенно увеличиваются расхождения между энергиями термов, что отражает все большие искажения орбит щелочных металлов по сравнению с соответствующими водородными.

Для этих расхождений, которые могут рассматриваться как мера искажения орбиты, Рождественский строит особую таблицу.

Первый фундаментальный вывод, который он формулирует в результате анализа таблиц, гласит: число термов сложного атома равно числу термов атома водорода.

Далее он задается целью от термов перейти к орбитам электрона. «После того, как установлено, что число термов сложного атома равно числу термов атома водорода, необходимо внимательно обсудить, какие именно термы сложного атома соответствуют определенным термам H .

Цель обсуждения двоякая. Во-первых, координировать каждому терму определенные квантовые числа n_φ и n_r . Во-вторых, зная орбиты, относящиеся к термам H , и приведя с ними в соответствие термы сложного атома, получить. . . хотя бы очень приближенные сведения об орбитах спектрального электрона в сложном атоме»⁴.

Дело в том, что только в простой теории Бора каждому терму водорода отвечает одна орбита — круг, соответствующий энергии терма. В теории Зоммерфельда, в результате введенного им двойного квантования, каждому терму атома водорода отвечает несколько орбит с одним и тем же главным квантовым числом n (и одинаковой энергией электрона) и различными азимутальными квантовыми числами. По Зоммерфельду терм — величина, пропорциональная энергии электрона на орбитах атома водорода, имеет вид

$$\frac{E}{ch} = - \frac{R}{(n_\varphi + n_r)^2}.$$

Придавая при неизменном $n = n_\varphi + n_r$ целому числу значения от $n_\varphi = n$ до $n_\varphi = 1$, мы получаем ряд эллиптических орбит с одинаковой энергией электрона. Квантовое число n_φ определяет, как уже говорилось, эксцентриситет орбиты.

Дмитрий Сергеевич считает естественным перенос идеи двойного квантования на орбиты валентного электрона щелочных металлов. Тогда величина n в формуле (12) должна иметь смысл главного квантового числа $n = n_\varphi + n_r$. «Подобно тому, как квантованием по двум переменным получены все термы и орбиты электрона атома водорода, движущегося в поле тяжелого ядра, так квантованием по двум переменным получают все термы и орбиты слож-

⁴ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 398.

ного атома, движущегося в поле тяжелого ядра и центральной системы электронов»⁵.

Такой подход позволяет ставить задачу: «координировать каждому терму определенные квантовые числа n_φ и n_r ». С этой целью Рождественский составляет таблицу (см. с. 243).

Слева располагаются данные о водородных орбитах. На горизонтальных строчках находятся эллипсы с одинаковыми $n = n_r + n_\varphi$, вертикальных — эллипсы с равными n_φ . Рядом с большими числами, равными $n = n_r + n_\varphi$, стоят дроби, дающие эксцентриситет ϵ . Так, $5\sqrt{16/5}$ обозначает эллипс с $n_r + n_\varphi = 5$, $n_\varphi = 3$, $n_r = 5 - 3 = 2$, $\epsilon = \sqrt{16/5}$. Эллипсы с равными n_r лежат по диагонали. Крайняя диагональ справа соответствует $n_r = 0$, $\epsilon = 0$; это ряд кругов.

Очевидно, при $n_r + n_\varphi = 1$ может быть только одна орбита, соответствующая $n_\varphi = 1 = n_\varphi + n_r$ и, следовательно, $n_r = 0$. Эта орбита — круг. При $n_r + n_\varphi = 2$ имеются две орбиты, круг — для $n_\varphi = 2$ и эллипс $\epsilon = \sqrt{3/2}$ для $n_\varphi = 1$. При $n_r + n_\varphi = 3$ число орбит возрастает до трех и т. д. Вообще число возможных орбит равно числу $n_r + n_\varphi$.

В правой половине таблицы размещены все орбиты атома щелочного металла, как они получаются из спектральных серий, т. е. ряды ns , np и т. д. При этом числа n для них фиксированы из таблиц, о которых говорилось выше.

Важно отметить, указывает Рождественский, что перечислены все без исключения орбиты щелочных элементов «и больше таких орбит быть не может». Так, $n = 4$ встречается в рядах ns , np , nd , nf и не может встречаться в рядах $n\Delta'$ и $n\Delta''$ (о терминах Δ' , Δ'' см. с. 244). Эти последние ряды начинаются с $n = 5$ и $n = 6$ и по существу не могут иметь меньших n , так как это соответствовало бы появлению линий с отрицательным волновым числом.

«При сравнении двух половин таблицы, — резюмирует Рождественский, — сразу же бросается в глаза, что число орбит валентного электрона в сложном атоме и в атоме водорода одинаково. . . Каждому эллипсу или кругу водородного электрона соответствует строго определенная орбита сложного атома»⁶.

⁵ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 418.

⁶ Там же, с. 359.

Орбиты атома водорода		Орбиты сложного атома					$n=n_{\varphi}+n_r$							
$n_{\varphi}=1$	$n_{\varphi}=2$	$n_{\varphi}=3$	$n_{\varphi}=4$	$n_{\varphi}=5$	$n_{\varphi}=6$	$n_{\varphi}=7$	$n_{\varphi}=1$	$n_r=2$	$n_{\varphi}=3$	$n_{\varphi}=4$	$n_{\varphi}=5$	$n_{\varphi}=6$	$n_{\varphi}=7$	7
$\frac{\sqrt{48}}{7}$	$\frac{\sqrt{46}}{7}$	$\frac{\sqrt{40}}{7}$	$\frac{\sqrt{33}}{7}$	$\frac{\sqrt{24}}{7}$	$\frac{\sqrt{13}}{7}$	70	$7s$	$7p$	$7d$	$7f$	$7\Delta'$	$7\Delta''$	$7\Delta'''$	7
$6\frac{\sqrt{36}}{6}$	$6\frac{\sqrt{34}}{6}$	$6\frac{\sqrt{27}}{6}$	$6\frac{\sqrt{20}}{6}$	$6\frac{\sqrt{11}}{6}$	60	$6s$	$6p$	$6d$	$6f$	$6\Delta'$	$6\Delta''$	$6\Delta'''$	6	6
$5\frac{\sqrt{24}}{5}$	$5\frac{\sqrt{21}}{5}$	$5\frac{\sqrt{16}}{5}$	$5\frac{\sqrt{9}}{5}$	50	$5s$	$5p$	$5d$	$5f$	$5\Delta'$	5	5	5	5	5
$4\frac{\sqrt{8}}{4}$	$4\frac{12}{4}$	$4\frac{7}{4}$	40	$4s$	$4p$	$4d$	$4f$	$4f$	4	4	4	4	4	4
$3\frac{\sqrt{15}}{3}$	$3\frac{\sqrt{5}}{3}$	30	$3s$	$3p$	$3d$	3	3	3	3	3	3	3	3	3
$2\frac{\sqrt{3}}{2}$	20	$2s$	$2p$	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Тем самым поставленная задача «координировать каждому терму определенные квантовые числа n_φ и n_r » была решена.

Сравнение термов щелочных металлов с термами водорода позволило заключить, что орбитам ns (орбиты принято обозначать теми же, но малыми буквами, что и термы) отвечают значения $n_\varphi=1$, орбитам np $n_\varphi=2$ и т. д.

Полученная Рождественским схема возможных орбит в щелочном металле нашла веское подтверждение благодаря принципу соответствия. Этот принцип приводит к заключению, что возможны только такие переходы между орбитами, при которых n_φ меняется на ± 1 , все другие переходы «запрещены». В согласии с этим правилом отбора и с выводами Рождественского находится тот экспериментальный факт, что термы nS комбинируют лишь с термами nP , термы nP с термами nS и nD и т. д.

Фундаментальный вывод Д. С. Рождественского о равенстве числа орбит валентного электрона щелочных металлов и орбит атома водорода по-новому осветил запутанную картину спектральной систематики и явился надежной основой для расшифровки спектров. «Ключ к разгадке кабаллистики спектральных серий найден, — восклицает Рождественский. — Три, четыре поправки в сериальных символах, строгая последовательность в духе теории Бора и полная аналогия между атомом водорода и другими атомами сама бросилась в глаза. Спектральные серии получили ясный смысл. Открылся широкий путь к изучению всех атомов»⁷.

Заметим здесь, что в теории Рождественского фигурируют новые, до него неизвестные «за-бергмановские» термы, которые он обозначает символами Δ' и Δ'' . Их существование с необходимостью следует из его построений. Рождественский предсказывает существование двух новых помимо четырех известных серий:

$$\frac{1}{\lambda} = 4F - n\Delta' \quad \text{и} \quad \frac{1}{\lambda} = 5\Delta' - n\Delta''.$$

Он пишет: «Я прибавляю сверх обычных первых четырех серий еще серию Δ' и серию Δ'' , „почти — водородную“, которых нет ни в одном списке ни у одного автора»⁸. Это предсказание Рождественского впоследствии под-

⁷ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 360.

⁸ Там же, с. 328.

твердилось — термы Δ' и Δ'' получили обозначения φ и Π термов.

Обнаружение линий этих серий было затруднено тем, что они лежат в далекой инфракрасной области спектра. Рождественский неоднократно подчеркивает значение для подтверждения его теоретических выводов инфракрасной области спектра. Линии, расположенные здесь, соответствуют малым частотам и малым квантам энергии и обязаны переходам между двумя далекими орбитами (вспомним, что уровни становятся все более тесными по мере удаления от основного).

Поскольку далекие орбиты близки к водородным, то переходы между ними и должны давать линии «почти водородные». «Если бы мы, — писал Рождественский, — обладали „инфракрасными глазами“, т. е. прибором, столь же чувствительным к инфракрасной области спектра, как глаз или фотографическая пластинка к видимой части, то мы увидели бы целый ряд линий столь близких к водородным, что соответствие между спектрами всех атомов и спектром водорода было бы установлено десятками лет назад, непосредственно после открытия спектрального анализа»⁹.

Придя к фундаментальному выводу о равенстве числа орбит у атомов водорода и щелочных металлов, Рождественский указал, что в отличие от атомов водорода, для которых энергии электронов на орбитах с одним и тем же главным квантовым числом одинаковы, у щелочных металлов орбиты с одинаковым главным квантовым числом и различными азимутальными квантовыми числами n_φ могут энергетически заметно отличаться одна от другой. Это связано с тем, что орбиты с различными n_φ имеют различную геометрическую форму и потому в различной степени возмущены внутренними электронами. Между такими орбитами могут осуществляться переходы электронов, ведущие к появлению дополнительных спектральных линий. Этим отчасти объясняется сложность спектров щелочных металлов по сравнению с водородным. Различия в энергиях могут быть столь значительными, что возможно лучеиспускание линий в видимой части спектра (достаточно большие кванты $h\nu$).

Большое внимание уделил Рождественский нормальным орбитам щелочных элементов. Он говорит о важности этого вопроса, поскольку «атом в нормальном состоянии

⁹ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 362.

существует неопределенно долгое время. Нормальная орбита валентного электрона определяет его электрическое поле, а электрическое поле определяет химические свойства атома, так как атомы действуют друг на друга почти исключительно электрическими силами. Поэтому возникает очень важный вопрос. Какую орбиту атома нужно считать нормальной?»¹⁰.

Нормальные орбиты и соответствующие им наибольшие термы атомов могут быть найдены из известных значений ионизационных и резонансных потенциалов, определяемых в опытах Франка и Герца, в которых атомы ионизируются или возбуждаются при столкновениях со свободными электронами, энергия которых известна (резонансные потенциалы соответствуют энергиям, необходимым для перевода валентного электрона с нормального на первый наиболее глубокий возбужденный уровень, при его возвращении на нормальный уровень атом испускает так называемую резонансную линию). При возвращении в нормальное состояние атом испускает спектральную линию, частота которой соответствует энергии, заимствованной им при столкновении.

Рождественский полагает более предпочтительным нахождение нормальных орбит из анализа спектров поглощения. «Как и под действием свободных электронов, — пишет он, — спектральный электрон, поглощая световую энергию, переходит с нормальной орбиты на другую, а затем возвращается назад, лучеиспуская то же количество энергии в виде той же монохроматической линии. Линии поглощения соответствуют, таким образом, нормальной орбите спектрального электрона, дают возможность разыскать последнюю»¹¹.

«Найти нормальную орбиту, — пишет он в другом месте, — всегда гораздо легче именно методом поглощения, а не методом свободных электронов малой скорости»¹². Анализируя спектры поглощения и таблицы сравнений термов щелочных металлов с термами водорода, Рождественский приходит к заключению, что наибольшим термом, соответствующим наименьшей энергии атома, т. е. его нормальному состоянию, является для щелочных металлов терм $2S$ и, следовательно, нормальной орбитой — орбита $2s$.

¹⁰ *Рождественский Д. С.* Собрание трудов, с. 367.

¹¹ Там же, с. 406.

¹² Там же, с. 368.

«Все щелочные элементы имеют очень интенсивные линии поглощения, соответствующие переходу на орбиту $2s$. Следовательно, орбита $2s$ является нормальной, устойчивой орбитой каждого щелочного атома»¹³, — пишет Рождественский. И несколько далее, — «быть может, атом с нормальной орбитой $2s$ единственно возможный нормальный, устойчивый щелочной атом»¹⁴. «У гелия и щелочных металлов при размещении термов в табл. 2 (таблица сравнения термов. — *Авт.*), — пишет он в другом месте, — мы с довольно большой уверенностью пришли к заключению, что наибольший из наблюдаемых термов (nS) должен называться $2S . . .$ »¹⁵

Однако Рождественский не настаивает категорически (как выяснилось позднее, небезосновательно) на этом выводе. Он отчетливо сознавал трудности окончательного решения о главных квантовых числах наиболее глубоких s -орбит, связанные, в частности, с тем, что электрон, двигаясь по вытянутой эллиптической орбите, часть своего пути проходит вблизи внутренних электронов атома; в результате их возмущающего действия орбита электрона по сравнению с водородной орбитой «может быть искажена до неузнаваемости» и «энергии, соответствующие движениям электронов по этим орбитам, могут отличаться самым резким образом». Это, в свою очередь, приводит к появлению в знаменателях сериальных формул поправочных членов, сравнимых по величине с квантовыми числами, оценка которых становится затруднительной. Так, анализируя возможные орбиты атома лития, Рождественский писал: «Существует ли еще нормальная устойчивая орбита, кроме орбиты $2s$, именно круг $1s$? На это ответить невозможно за отсутствием спектроскопических данных». «Только строгий анализ — а он будет очень трудным — даст уверенность. Вопрос об орбите более сложных щелочных элементов, разумеется, еще труднее»¹⁶.

На трудности определения нормальных орбит атомов щелочных металлов указывал и Н. Бор. В статье «Строение атомов в связи с физико-химическими свойствами элементов» (1921), отметив, что валентный электрон атома натрия на некоторых участках пути проникает в область орбит внутренних электронов, он писал: «В связи с этим

¹³ Там же, с. 368.

¹⁴ Там же, с. 370.

¹⁵ Там же, с. 408.

¹⁶ Там же, с. 369.

находится неопределенность, существующая до сих пор в отношении определения квантовых чисел стационарных состояний таких спектров, как разобранный выше спектр натрия. Вопрос этот поднимался неоднократно. Например, Рождественский, на основании формального сравнения спектральных термов различных щелочных спектров с термами водородного спектра, полагал возможным сделать вывод, что нормальное состояние соответствует $2s$ -орбите, а не $1s$ -орбите, как можно было бы думать. . . В связи с попыткой объяснить большую разницу S -термов, с одной стороны, и p -, D -термов щелочных спектров — с другой, сказывающуюся в величинах постоянных α уравнения (12) (серияльная формула. — *Авт.*), Шредингер приходит к такому же результату»¹⁷.

В 1923 г. в работе «О квантовой теории линейчатых спектров» Н. Бор вновь писал о Рождественском: «Этот автор в последние годы в ряде работ обсуждает квантово-теоретическую классификацию экспериментального материала по спектральным сериям и в результате изучения эмпирических закономерностей приходит к заключению, что главные квантовые числа главной серии щелочных металлов следует изменить в том смысле, что в первом члене поставлен $n=2$ вместо $n=1$ »¹⁸. Затем Бор указывает, что к аналогичному выводу пришел Шредингер на основании допущения, что валентный электрон в стационарных состояниях при движении по орбитам, соответствующим S -термам натриевого спектра, может проникать в область орбит внутренних электронов и что благодаря этому квантовое число n для этих состояний не может быть меньше чем 2. Бор подчеркивает, что оно одновременно с Шредингером указывал¹⁹ на важность представления о проникающих орбитах в связи с общим рассмотрением атомного строения и устойчивости атома.

Здесь уместно отметить, что представление о «проникающих орбитах» впервые до Бора и Шредингера, ввел Рождественский в своей работе 1919 г. Обсуждая возможные орбиты атома лития, он писал: «Быть может валентный электрон будет завлечен внутрь всей системы, и все четыре тела будут совершать весьма сложные движения

¹⁷ Бор Н. Три статьи о спектрах и строении атомов. М., Госиздат, 1923, с. 116.

¹⁸ Bohr N. Über die Quantentheorie der Linienspectren. Braunschweig, 1923, S. 160.

¹⁹ Nature, 1921, v. 107, p. 104.

друг около друга. Но возможно и то, что валентному электрону удастся вырваться по какой-либо орбите, весьма уже не похожей на эллипс. По мере удаления от ядра движение электрона будет все более походить на движение по эллипсу, а движение двух внутренних электронов — на движение по кругу»²⁰. Между тем А. Зоммерфельд в своей книге «Строение атома и спектры» пишет: «Шредингер первым на примере атома Na указал, что орбиты проникают в атомный остов. . .»²¹

В статье «Значение спектральных серий» (1921) Рождественский возвращается к обсуждению проблемы нормальной орбиты атомов щелочных металлов. Здесь он отмечает, что принцип сравнения энергии спектрального электрона атома щелочного металла с энергией водородного электрона дал «возможность найти орбиты высокого порядка, следовательно, прямо сравнить число термов с водородными, правильно их распределить и возбудить вопрос о нормальной орбите ($2s$) или ($1s$) у щелочных элементов»²².

Рождественский по-прежнему склонен «считать гораздо более вероятным, что наибольший терм есть ($2S$)». В то же время он снова подчеркивает, что пока нет достаточных данных для окончательного решения вопроса. «Как Бор, так и Зоммерфельд, — пишет Рождественский, — признают наибольший терм щелочных металлов за ($1S$), не принимая во внимание сравнения термов с водородными. Так как нет новых аргументов в пользу этого взгляда, то вопрос остается в том же положении. . . Нужны совершенно новые соображения, чтобы решить задачу ($2S$) и ($1S$)»²³.

Эти «новые соображения», позволившие установить истинные значения главных квантовых чисел для нормальных орбит, выяснились значительно позднее, когда развитие спектроскопии дало возможность сравнивать длинные ряды изоэлектронных атомов и ионов. Предположение Рождественского о том, что для щелочных металлов главное квантовое число для рядов термов nS начинается с $n=2$, оказалось справедливым для гелия и лития, тогда как для натрия с $n=3$, для калия с $n=4$.

²⁰ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 348.

²¹ Зоммерфельд А. Строение атома и спектры. Т. 1. М., Гостехиздат, 1956, с. 342.

²² Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 413.

²³ Там же, с. 414.

В ходе обсуждения проблемы определения нормальных орбит по спектрам поглощения на примере спектра ртути, Рождественский впервые высказывает предположение о возможности существования у атома «двух нормальных орбит». «Вполне возможно представить, — пишет он, — что имеются две нормальные орбиты у атома, что атом может произвольно долго существовать в двух различных „состояниях“»²⁴. Он приходит к заключению, что, в частности, «в парах ртути существуют два различных атома, с различными устойчивыми, нормальными орбитами валентных электронов». Рождественский полагает, что вопрос о двух нормальных орбитах имеет громадную важность, поскольку вторая «нормальная» орбита «значительно шире охватывает ядро» и соответствующие атомы должны быть химически более активны. Он высказывает интересную мысль о возможности переводить электрон с одной устойчивой орбиты на другую, об «активировании» атомов. «Этим, — пишет он, — в свою очередь, освещается сущность процесса „активирования“ газов, процессов фотохимии, фосфоресценции, флюоресценции»²⁵.

Гипотеза Рождественского о «двух нормальных орбитах» и особой роли, которую играет вторая нормальная орбита в явлениях химической активности и люминесценции, получила подтверждение после открытия метастабильных состояний²⁶ у атомов.

Важное место в работе «Спектральный анализ и строение атомов» Рождественский уделяет вопросу о происхождении оптических дублетов и триплетов. Актуальность проблемы была очевидной, поскольку в большинстве своем спектральные линии состоят из дублетов (щелочные металлы), триплетов (щелочноземельные металлы) или еще более сложных групп линий — мультиплетов. Различные попытки объяснить дублетное строение спектров щелочных металлов и еще более сложный характер спектров других металлов не приводили к успеху. К ним относилась в частности попытка Зоммерфельда, по аналогии с объяснением тонкой структуры спектра водорода, привлечь к решению проблемы принцип относительности. Рождест-

²⁴ Там же, с. 406.

²⁵ Там же, с. 368.

²⁶ Метастабильные состояния — возбужденные состояния атома, которые обладают относительной устойчивостью в связи с тем, что квантовые переходы из этих состояний маловероятны или запрещены правилами отбора.

венский отмечал несостоятельность такого подхода: «принцип относительности. . . не может создать тонкого строения спектральных линий. Он может это сделать только в атоме водорода, ионизованного гелия, дважды ионизованного лития и т. д. Поэтому причину строения спектральных линий из дублетов и триплетов нужно искать не в принципе относительности, как это думал Зоммерфельд»²⁷.

Н. Бор был склонен видеть причину мультиплетности в том, что атомные остовы, возможно, не обладают шаровой симметрией. В этом случае может быть выделено некоторое преимущественное направление и ситуация в какой-то мере напоминает случай, когда атом находится под воздействием внешнего возмущающего поля.

«Нужно думать, — писал Н. Бор, — что эта так называемая комплексная структура спектральных линий вызывается небольшим отклонением от центральной симметрии в силах, которым подвергается последний захваченный электрон (валентный. — *Авт.*) во время связывания. Причину отклонения нужно искать в конфигурации орбит ранее связанных электронов. В силу этого, движение последнего захваченного электрона не будет происходить в определенной плоскости: плоскость орбиты будет постоянно менять свое положение. Такое движение можно рассматривать как некоторое центральное движение и наложенное на него равномерное медленное вращение вокруг твердой оси. Вращение это такого же типа, как вращение, налагающееся на движение атома, по теореме Лармора в классической электромагнитной теории, в случае воздействия однородного магнитного поля. Кроме двух квантовых чисел n и k (n_φ и n_r . — *Авт.*), с большим приближением определяющих движение электрона в стационарных состояниях атома в мгновенных плоскостях орбиты, в данном случае потребуется еще третье квантовое число. Оно определяет ориентировку плоскости орбиты относительно конфигурации ранее связанных электронов так, что результирующий момент импульса атома равняется целому кратному от постоянной Планка, деленной на 2π »²⁸. Третье пространственное квантование определяет прерывный ряд углов, под которым может располагаться орбита внешнего электрона по отношению к на-

²⁷ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 411.

²⁸ Бор Н. Три статьи о спектрах и строении атомов, с. 101.

правлению момента атомного остова. Орбиты, различным образом ориентированные в пространстве, при несимметрии атомного остова искажаются в различной степени и соответствующие им энергии будут различными; переходы с таких орбит на некоторую другую должны привести к появлению близких линий.

Однако гипотеза о несимметричности атомного остова щелочных металлов не подтвердилась. Ряд веских соображений говорил в пользу его симметричного характера. Так, атом щелочного металла, лишенный внешнего электрона, вполне подобен атому предшествующего ему в периодической таблице инертного газа — об этом говорит полное сходство спектров ионов щелочных металлов с соответствующими спектрами инертных газов²⁹. Физико-химические же свойства инертных газов таковы, что они не оставляют сомнения в полной симметричности электронной оболочки их атомов и отсутствии результирующего электрического или магнитного момента, отличного от нуля. Аналогичные трудности вставали на пути объяснения еще более сложного строения (триплеты, мультиплеты) спектров других элементов. Между тем было известно, что могут быть созданы «искусственные» триплеты и мультиплеты, в результате расщепления спектральных линий при воздействии на излучающие атомы внешнего магнитного поля (явление Зеемана, открытое в 1896 г.). Размышляя над проблемой «мультиплетности», Рождественский пришел к замечательной мысли, что естественные дублеты и триплеты также должны иметь «магнитное происхождение» и что, поскольку они существуют без какого-либо воздействия со стороны внешних полей, роль внешнего магнитного поля играет в этом случае внутреннее магнитное поле самого атома.

«Мы знаем, — писал он, — что внешнее магнитное поле дает так называемое явление Зеемана. Если источник света находится между полюсами магнита, то вместо одной спектральной линии в простейшем случае их получается три: одна из них прежняя и две новые, расположенные тесно рядом на равных расстояниях от прежней. . . Отсюда мы заключаем, что под действием внешних магнитных сил валентный электрон может двигаться не только по своей обычной орбите, но и по двум соседним.

²⁹ См. Фриш С. Э. Оптические спектры атомов. М.—Л., Физматгиз, 1963, с. 58.

Таково же должно быть в общих чертах и действие внутреннего магнитного поля. Это поле дают внутренние электроны, движущиеся по кругам»³⁰.

Рождественский сделал попытку облечь свою идею в форму математической теории. Он указывал на трудность этой задачи, связанную, как он полагал, во-первых, с тем, что «мы имеем дело не с точными водородными орбитами, а искаженными» и, во-вторых, — и это «гораздо важнее», — что не только внутренние электроны действуют на внешний, «но и внешний электрон своим движением создает магнитное поле, действующее на внутренние круги. . . Но теоретическая трактовка явления в этой единственно правильной постановке вопроса делается трудной». Подводя итог своим расчетам, Рождественский резюмирует: «Одно только кажется несомненным после этих попыток, а это и есть самое важное: дублеты и триплеты спектральных линий получаются вследствие воздействия электронов атома друг на друга магнитными силами»³¹. Таким образом Рождественский видел причину возникновения дублетов в магнитном взаимодействии между валентным электроном и атомным остовом.

Нетрудно видеть, что в такой постановке содержится допущение о несимметричном характере поля атомного остова. Заметим, что вслед за Рождественским аналогичные построения были развиты Гейзенбергом (1921). Н. Бор писал в связи с этим: «В отношении происхождения комплексной структуры сериальных линий. . . Гейзенберг держится взгляда, что причина ее в значительной мере в магнитных взаимодействиях внутренней системы и внешнего электрона»³².

Однако попытки как Рождественского, так и Гейзенберга развить теорию магнитных внутриатомных взаимодействий, объясняющих дублетность спектральных линий, в ту пору не могли привести к положительному результату: знания о магнитных силах, действующих в атоме, были недостаточно полными. Решающий шаг в этом направлении был сделан в 1925 г. Дж. Уленбеком и С. Гаудсмитом, высказавшим гипотезу о том, что электрон, независимо от его движения по орбите, обладает собственным моментом количества движения или спином (первоначально ассоциировавшимся с модельным представлением о по-

³⁰ *Рождественский Д. С.* Собрание трудов, с. 370.

³¹ Там же, с. 383.

³² *Бор Н.* Три статьи о спектрах и строении атомов, с. 103.

стоянном вращении электрона вокруг своей оси — spin по-английски верчение) и соответствующим ему собственным или спиновым магнитным моментом. Лишь учет спинового магнитного момента и его роли в общей картине силовых взаимодействий в атоме позволил создать строгую теорию, объясняющую мультиплетную структуру атомных спектров. Тем самым была подтверждена и получила обоснование впервые высказанная Рождественским общая гипотеза о магнитном происхождении спектральных дублетов и триплетов.

В частности, дублетный характер спектра щелочных металлов оказался обусловленным взаимодействием спинового магнитного валентного электрона момента P_s с магнитным полем, или магнитным моментом P , создаваемым движением электрона по орбите (магнитный момент атомного остатка в силу его высокой симметрии, как уже говорилось, равен нулю). Энергия этого взаимодействия, получившего название «спин-орбитального», зависит от взаимной ориентации магнитных моментов P_s и P . Оказалось, что собственный момент электрона P_s может ориентироваться относительно орбитального момента P только двумя способами. Этим двум возможным ориентациям соответствуют две различные по величине добавки к энергии уровня, на котором находится электрон. Поэтому уровень расщепляется на два подуровня. Переходы электрона с этих подуровней на нижний уровень связаны с испусканием двух спектральных линий с близкими частотами — дублета.

Концепция спина позволила объяснить также сложный или аномальный эффект Зеемана (расщепление в магнитном поле линий, уже представляющих собой дублеты и триплеты). Тем самым подтвердилось утверждение Рождественского о том, что неудача попыток объяснения этого явления (такие попытки предпринимались Лоренцем, Зоммерфельдом и Дебаем) была связана с тем, что не учитывалось внутреннее магнитное поле атомов.

Интуиция и проницательность большого ученого позволили Рождественскому предугадать ту огромную роль, которую играют магнитные силы в жизни и поведении атома. «До сих пор, — писал он в своем докладе, — в вопросах строения атома совершенно пренебрегали внутренними магнитными силами»³³ и затем: «магнитная задача

³³ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 383.

должна лежать в основе задачи об атомах»³⁴. Как показало дальнейшее развитие учения об атоме, эти слова ученого оказались пророческими.

Д. С. Рождественский впервые дал подробный анализ спектра иона магния, исходя из принципа сопоставления термов сложного атома с термами водорода. Он посвятил этому вопросу специальную статью, во введении к которой писал: «Целью данной заметки является показать на одном очень легком и простом примере, насколько этот принцип облегчает работу разложения спектра в серии»³⁵. «Указанным принципом и сопровождающими соображениями необходимо пользоваться и для разложения на серии всякого нового спектра»³⁶.

До Рождественского спектр ионизованного магния был изучен и описан А. Фаулером, который не пользовался каким-либо руководящим принципом, но проявил огромную интуицию и изобретательность при установлении серий. Рождественский «был поражен тем удивительным искусством, с которым были установлены серии в спектрах ионизованных щелочноземельных металлов, в особенности магния, где ряды параллельных серий и вообще необычный вид серий должен был бы сбить с истинного пути самого опытного спектроскописта. С другой стороны, явилась мысль, что применяя вышеуказанный принцип, можно было бы достигнуть тех же результатов совершенно систематически и без затруднений. Пользуясь выбором спектральных серий и вычислением серий Фаулера, можно будет, применяя принцип сравнения, легко дать название всем термам, иначе говоря, установить соответствующие квантовые числа n_r и n_ϕ . Вместе с тем станет ясным значение всех найденных серий»³⁷.

Сформулированная здесь программа и реализуется в работе Д. С. Рождественского. По словам С. Э. Фриша, «эта работа послужила образцом для многочисленных анализов спектров ионов, впоследствии проведенных как у нас, так и за границей»³⁸.

Отметим, что Рождественский указал здесь на ошибоч-

³⁴ Там же, с. 384.

³⁵ Там же, с. 433.

³⁶ Там же.

³⁷ Там же, с. 433.

³⁸ Фриш С. Э. Научное наследие Д. С. Рождественского. «Успехи физических наук», 1976, т. 118, вып. 4, с. 580.

ное истолкование А. Фаулером открытой им в спектре ионизованного магния новой серии, как неточной комбинационной серии $4F-nF$. В связи с этим Зоммерфельд в своей монографии «Строение атома и спектры» замечает: «Правильная идентификация $4F-m\psi$ была указана Рождественским: у него исчезают противоречия как с правилами отбора, так и с комбинационным принципом»³⁹.

Последней оригинальной работой Рождественского по теории атомных спектров была статья «Две независимые системы серий в спектре неона» (1924). В ней он проводит подробное обоснование высказанной В. Гроттрианом гипотезы о возможности испускания одной монохроматической линии в результате одновременного перехода двух электронов. Эта гипотеза имела принципиальное значение и сыграла важную роль в объяснении структуры сложных спектров атомов и ионов со многими валентными электронами.

Трудно переоценить значение работ Дмитрия Сергеевича Рождественского по атомной спектроскопии. Благодаря им молодая советская физика в этой области не только не отстала от зарубежной за трудные годы блокады, но и в некоторых отношениях опередила ее. Сжатую и выразительную характеристику этих трудов Рождественского мы находим в словах ученика Рождественского, одного из крупнейших советских специалистов в области атомной спектроскопии, автора монографий «Атомные спектры» и «Оптические спектры атомов», члена-корреспондента АН СССР С. Э. Фриша: «В декабре 1919 г. при праздновании первой годовщины основания Оптического института Д. С. Рождественский выступил с докладом „Спектральный анализ и строение атомов“. С большой научной смелостью и проницательностью он обобщил в этом докладе основные положения теории Бора, относившиеся лишь к атому водорода, на другие более сложные атомы. Впоследствии стало известно, что многие из его положений были примерно в то же время открыты рядом ученых Запада, но это не умаляет, а наоборот, подчеркивает его заслугу. Он один, полнее и в более общей форме высказал то, что высказало несколько наиболее крупных ученых за границей. . . С удивительной

³⁹ Зоммерфельд А. Строение атома и спектры, т. 1, с. 322.

научной прозорливостью Д. С. Рождественский сформулировал основные положения, позволившие расширить теорию на спектры любых атомов. Вот эти положения:

1) спектральные серии определяют орбиты валентных электронов в атомах;

2) далекие орбиты в атомах щелочных металлов сходны с далекими орбитами в атоме водорода;

3) число орбит валентных электронов в атоме щелочных металлов равно числу орбит в атоме водорода;

4) дублеты и триплеты создаются внутренним магнитным полем атома;

5) причина аномального явления Зеемана тоже заключается в существовании магнитного поля в атомах;

6) спектр однократного иона некоторого элемента должен походить на спектр нейтрального атома, предшествующего ему в периодической системе Менделеева.

Многие из идей, высказанных Д. С. Рождественским, представляют собой фундаментальные открытия, лежащие в основе спектральной систематики, и справедливость требует, чтобы они были связаны с его именем»⁴⁰.

Блестящие исследования Д. С. Рождественского по теории спектров послужили основанием для большого ряда экспериментальных и теоретических работ учеников и сотрудников Рождественского. Работы шли в русле осуществления программы, намеченной ученым в его знаменитом докладе «Спектральный анализ и строение атомов»: «Нам необходимо тщательное исследование спектров простейших одновалентных элементов, измерение длин волн их спектральных линий с точностью до тысячных долей ангстрема, чтобы точно установить изменение энергии на далеких орбитах. Нам необходимо исследование структуры линий, открытие и измерение дублетов там, где мы можем пока только предугадывать их существование. И главное, нам необходимо изучить сложное явление Зеемана на всех линиях щелочных элементов, особенно на тех комбинированных линиях, которые должны дать новые типы разложения. Перед сотрудниками ГОИ стоит, таким образом, определенная большая работа, не только теоретическая, но и экспериментальная, работа по изу-

⁴⁰ Фриш С. Э. Научное наследие Д. С. Рождественского. «Успехи физических наук», 1976, т. 118, вып. 4, с. 579.

чению спектров щелочных металлов до последних деталей и с величайшей возможной точностью»⁴¹.

«Нам были розданы работы, даны необходимые указания, как их начинать и вести, а дальше — своя голова на плечах, своя инициатива, помощь и советы товарищей», — вспоминает В. К. Прокофьев⁴².

Первые экспериментальные исследования были приняты А. А. Мазингом — по изучению главной серии калия в спектре поглощения, А. Н. Терениным — по изучению спектра поглощения ртути, И. А. Шопиным — по изучению спектров ионизованных атомов щелочных металлов. С. Э. Фриш начал исследования сложного эффекта Зеемана на дублетах побочных серий натрия. Затем последовали тонкие исследования А. Н. Теренина по оптическому возбуждению атомов ряда элементов и наблюдению их флюоресценции, позволившие уточнить расположение энергетических уровней; исследование Е. Ф. Гросса и А. Н. Филиннова сложных спектров с помощью приборов высокой разрешающей силы (спектр ионизованного цезия), Е. Ф. Гросса и А. Н. Теренина — спектра оптически возбужденной ртути.

В 1928 г. Л. Д. Добрецов и А. Н. Теренин обнаружили одновременно с Шюлером в Германии, сверхтонкую структуру желтых линий натрия. С. Э. Фриш провел анализ сложного спектра ионизованного натрия (1927), указавший на его сходство со спектром неона, в полном согласии с предположением Д. С. Рождественского о сходстве спектра иона со спектром нейтрального атома, предшествующего ему в таблице Менделеева (оказалось, что это предположение остается справедливым и на стыке двух различных строк таблицы). Фриш выполнил также серию исследований по изучению сверхтонкой структуры спектров и свойств атомных ядер, обнаруживаемых по этой структуре (1930).

Исследования по атомным спектрам интенсивно развивались.

«Спектроскопические работы первых лет ГОИ превратились в большие самостоятельные направления, в целые лаборатории как в ГОИ, так и в Физическом институте»

⁴¹ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 384.

⁴² Прокофьев В. К. Атомная спектроскопия и спектральный анализ. — В сборнике: 50 лет ГОИ, с. 89.

Ленинградского университета, и повлекли за собой развитие новых направлений. От изучения спектроскопических свойств атомов к изучению процессов возбуждения в газовом разряде, к практическим применениям спектрального анализа в геологии и промышленности, снова и снова возвращаясь к структуре спектров для проведения необходимых уточнений, — таков длинный (50 лет) научный путь ГОИ по атомной спектроскопии»⁴³, — пишет В. К. Прокофьев в статье «Атомная спектроскопия и спектральный анализ».

Истоком и своеобразным трамплином для этого чрезвычайно широкого круга исследований послужили пионерские работы Д. С. Рождественского.

⁴³ 50 лет ГОИ, с. 89.

Исследования в области микроскопии

Интерес Дмитрия Сергеевича Рождественского к теории микроскопа во многом объяснялся тем, что на протяжении всей жизни он немало времени уделял своему второму научному призванию — биологии вообще, ботанике в особенности. В практике биолога микроскоп играет исключительную роль, при этом биолог часто имеет дело с весьма сложными объектами — частью прозрачными, частью непрозрачными, с различными величинами коэффициентов преломления, а также коэффициентов пропускания и отражения в различных частях предмета. Кроме того биолог обычно наблюдает весьма малые объекты, находящиеся на пределе возможностей микроскопа. Это обстоятельство не исключает вероятность ошибочных заключений. По словам академика В. П. Линника, «знать, что на пределе разрешения можно отнести за счет реальности и что — за счет игры волновой оптики, трудно не только биологу, но и недостаточно искушенному физику; неудивительно, что на этой почве получают ошибки»¹.

«Игра волновой оптики», о которой здесь говорится, представляет собой появление сопутствующих формированию изображения объектов сложных интерференционных полос, зачастую настолько изменяющих вид объекта, что оказывается весьма трудным судить о неискаженном изображении.

«Несколько лет назад, — писал Д. С. Рождественский во введении к одной из работ, — при проведении некоторых микроскопических работ мне стало ясно, что наше умение микроскопировать, умение пользоваться весьма совершенными микроскопами не стоит на большой высоте, в очень многих сложных случаях мы не знаем, что

¹ Линник В. П. Работы академика Д. С. Рождественского в области микроскопии. Известия АН СССР, серия физическая, 1946, т. 5, № 6, с. 622.

мы видим, и еще чаще, как мы видим. Это относится к видению не только прозрачных, но и непрозрачных объектов»².

В 1940 г. Дмитрий Сергеевич опубликовал две основные работы по теории изображения в микроскопе — «К вопросу об изображении прозрачных объектов в микроскопе» и «Когерентность лучей при образовании изображения в микроскопе». В первой Рождественский задается целью наметить пути к созданию теории, объясняющей механизм образования интерференционных полос, окаймляющих изображение в микроскопе.

Принципы изображения в микроскопе непрозрачных и прозрачных объектов, указывает Д. С. Рождественский, существенно отличаются один от другого. Непрозрачный объект поглощает свет и мы рассматриваем его контур, границу света и темноты, сопровождаемую слабыми дифракционными полосами (от объектива микроскопа). Прозрачный предмет отклоняет лучи в силу различия коэффициента преломления между ним и окружающей средой. Если отклонение так велико, что лучи не попадают в объектив микроскопа, то это почти равносильно поглощению. Видна все та же граница света и темноты: принцип видения по существу не изменяется. Но если апертура³ микроскопа велика и микроскоп ловит отклоненные лучи, то принцип видения изменяется по существу. Лучи с той и другой стороны от границы, отклоненные и неотклоненные, скрещиваются и интерферируют. Граница окаймляется резкими интерференционными полосами, которые накладываются на слабые дифракционные.

«Так как большая апертура, — заключает Д. С. Рождественский, — основной признак, отличающий микроскоп от других оптических инструментов, то можно высказать следующее общее положение. Процессы изображения непрозрачных и прозрачных объектов в микроскопии отличаются тем, что у прозрачных объектов явление интерференции окружает изображение объекта резкими полосами. Это обстоятельство вообще сильно мешает наблюдению в микроскоп. Замечательно, что, несмотря на всю простоту и очевидность указанного явления интерферен-

² Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 478.

³ Апертура — половина угла α между крайними лучами светового конуса, идущего от точек предмета в объектив оптической системы. Числовая апертура равна $n \sin \alpha/2$, где n — коэффициент преломления среды, в которой находится предмет.

ции, оно, по-видимому, до сих пор не было правильно истолковано ни теоретиками, ни практиками микроскопии. Это показывает, что до сих пор никто не приступал к теории изображения прозрачного объекта в микроскопии, так как нельзя коснуться этого вопроса, не задевая явления, которое играет в нем основную отрицательную роль»⁴.

«Трудно поверить, — пишет он далее, — что явление, наблюдавшееся в течение двухсот лет и притом весьма простое, до сих пор не нашло правильного объяснения. Нужно думать, что при тщательных поисках можно найти ответ в области этой проблемы. Однако ни один курс микроскопии, ни одно практическое руководство до сих пор не помогает микроскописту объяснением происхождения этой любопытной системы интерференционных полос, и в большинстве случаев они упорно именуется дифракционными»⁵.

Учитывая сказанное, Рождественский в своей первой работе ставит задачу: «выяснить главные черты самого основного явления, сделать совершенно понятным, как получается и как устроена система полос, и дать элементарный расчет, как от нее избавиться»⁶.

Рождественский исследует ряд типичных случаев, которые могут встретиться при получении изображения контура предмета.

Вначале рассматривается простейший случай наблюдения объекта — призмы. Практически он может быть реализован осколком призмы, сколь возможно малым, погруженным в каплю воды. Осколок лежит гранью на плоскости предметного стекла (рис. 10). Освещающий систему параллельный пучок A, B, C раздваивается — одна часть лучей преломляется в призме (на рис. 10 на лево), другая проходит прямо, минуя призму. Чтобы получилась интерференционная картина, необходимо, чтобы оба пучка, пройдя различные оптические пути, снова наложились один на другой. Пока микроскоп фокусирован выше плоскости QQ , интерференции не наблюдается — два отдельных пучка AB и BC не перекрываются.

В тот момент, когда микроскоп фокусирован на QQ ; в вершине призмы P скрещиваются края пучков PB'

⁴ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 477.

⁵ Там же, с. 478.

⁶ Там же, с. 479.

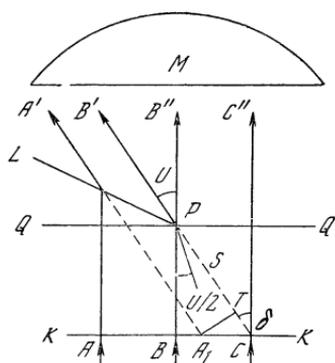


Рис. 10. Образование интерференционных полос при наблюдении простейшего объекта — призмы

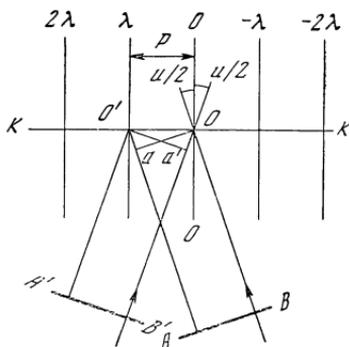


Рис. 11. Интерференция двух плоских волн

и PB'' . При дальнейшем опускании в поле зрения появляется система интерференционных полос (мнимая), там, где пунктирные продолжения назад преломленных лучей $A'A_1$, $B'B$, $C'C$ пронизывают после неотклоненных лучей BP , CC'' . Полосы очевидно будут располагаться перпендикулярно плоскости чертежа. Нулевая интерференционная полоса будет находиться на биссектрисе PS угла отклонения u .

Последующие полосы располагаются симметрично по отношению к нулевой, в соответствии с общим условием: разность хода равна целому числу длин волн

$$\Delta = \lambda, 2\lambda \dots = k\lambda,$$

как представлено на рис. 11.

Если микроскоп перемещается вдоль биссектрисы PS , то в поле зрения видны разрезы интерференционного поля, например, плоскость KK , в которых располагаются полосы, перпендикулярные плоскости чертежа. Разность хода обеих плоских волн AB и $A'B'$ равна

$$Oa' + O'a = 2p \sin \frac{u}{2},$$

откуда расстояние между полосами

$$p = \frac{\lambda}{2 \sin \frac{u}{2}} \bullet$$

Если явление протекает в среде с коэффициентом преломления n' , то расстояние p будет равно

$$p = \frac{\lambda}{2n' \sin \frac{u}{2}}, \quad (1)$$

где λ — длина волны в вакууме.

Если микроскоп расположен так, как показано на рис. 12, то в нем видны разрезы интерференционной картины, плоскости которых составляют с плоскостью KK угол $u/2$. Поэтому ширина полос будет несколько иной

$$p = \frac{\lambda}{2n' \sin \frac{u}{2} \cdot \cos \frac{u}{2}} = \frac{\lambda}{n' \sin u}. \quad (2)$$

Легко видеть, что формула (1) выражает не только расстояние между интерференционными полосами двух скрещивающихся под углом плоских волн, но и вместе с тем наименьшее расстояние полос еще различных микроскопом с апертурой объекта $a = n' \sin u$. Если u больше апертурного угла объектива, то один из интерферирующих пучков, образованный лучами, отклоненными призмой, не попадает в объектив и интерференционная картина не будет видна. Этот результат совпадает с тем, что получается для разрешающей способности из дифракционной теории Аббе.

Затем Рождественский рассматривает условия, при которых интерференционные полосы (окрашенные при освещении белым светом), окаймляющие контур объекта, расплываются и исчезают. В случае призмы этот результат достигается увеличением отверстия освещающего конуса.

Выше рассматривался случай параллельного пучка освещающих лучей, что при точечном источнике соответствовало очень малому отверстию освещающего конуса. При этом плоскость нулевых полос проходит через ребро призмы, но плоскости, содержащие другие интерференционные полосы, параллельны нулевой плоскости и, следовательно, не проходят через ребро призмы. Если изменить немного направление падающей световой волны, то это вызовет поворот около ребра нулевой плоскости, так что она будет пересекать прежние плоскости равных разностей хода. Если расширить освещающий конус так, что одна его крайняя нулевая плоскость пересечет где-

пары лучей из двух интерферирующих пучков, пришедших в точку C с координатами x, y (на рисунке лучи CC' и $AA'A''A'''$). Ось y направлена вниз. Начало координат в точке P), в виде

$$\frac{\Delta}{n'} = x \sin u - y (\cos u - 1). \quad (4)$$

Из этой формулы вытекает, что прямые (плоскости) равной разности хода $\Delta = \text{const}$ образуют угол $u/2$ с осью PY и нулевые прямые проходят через точку P ($x=0, y=0$).

Рождественский отмечает, что резкие интерференционные полосы от призмы, учитывая произведенный им расчет, могут служить для градуирования микрометров.

Изложив на простом примере объекта-призмы сущность предлагаемого им метода исследования, Рождественский переходит затем к рассмотрению явлений, возникающих при наблюдении прозрачных предметов различной формы, в частности сферы и цилиндра — случаев наиболее важных для практики, поскольку «у самых мелких природных объектов все закруглено или кругло». В этом случае картина значительно сложнее, как можно сразу видеть из рис. 13. Здесь приходится иметь дело как бы с призмой переменного угла. Нетрудно видеть, что для сферы и цилиндра, расположенного перпендикулярно оси микроскопа в плоском сечении, проведенном параллельно оси микроскопа и основного цилиндра, в том и другом случае получается круг, через который и преломляется часть лучей. Таким образом оба случая трактуются одинаково.

Расчет интерференционной картины, проведенный с использованием исходного уравнения (4) для призмы, приводит к системе достаточно сложных уравнений, позволяющих в принципе найти разность хода Δ , как функцию x, y .

Для ширины полос получается выражение, совпадающее с уравнением (2) — ширины полос в случае объекта-призмы. Для каждого отклоненного круглым сечением луча ширина полосы в данном месте зависит только от угла отклонения u и равна той, которую дает некоторая эквивалентная призма. Отсюда следует важный вывод: ширина полос не зависит от размеров тела, а только от его формы и от показателя преломления предмета относительно среды, в которую он погружен. От размеров тела зависит только разность хода лучей Δ и, следовательно,

число полос между двумя заданными точками. От размеров тела (радиуса сферы или цилиндра) зависит также положение полосы, соответствующей нулевой разности хода.

Учитывая сложность аналитических выражений для расчета разности хода Δ , как функции x и y , Рождественский использует более удобный и наглядный графический метод изображения интерференционных полос, видимых при различных фокусировках микроскопа. Такое изображение показано на рис. 14, где приведен вертикальный разрез поверхностей равной разности хода, получающихся при интерференции лучей, отклоненных сферой (цилиндром) и проходящих мимо без отклонения (как прежде объект освещается параллельным пучком лучей, идущим снизу вверх).

Полная картина поверхностей симметрична относительно вертикального диаметра сферы (для сферы), либо относительно вертикальной плоскости, содержащей ось цилиндра. В любом горизонтальном сечении содержится картина интерференционных полос (кольца или система прямых полос), которая и наблюдается фокусированным на это сечение микроскопом.

Вдоль направления OK на рисунке геометрическая тень. Радиус круга R выбран в 10λ (масштаб величины λ дан в середине круга). Луч AB , как показано на рисунке, падает на сферу под таким углом падения i , что $\sin i = 0,9$, и пересекает ось x на расстоянии $0,2R$ от точки O .

Жирные линии на рис. представляют собой места максимумов. Цифры у их концов обозначают соответствующие разности хода ($\lambda, 2\lambda, \dots$). Пунктирные линии соответствуют границам областей интерференционной картины, видимых при заданных апертурах объектива, которые указаны на

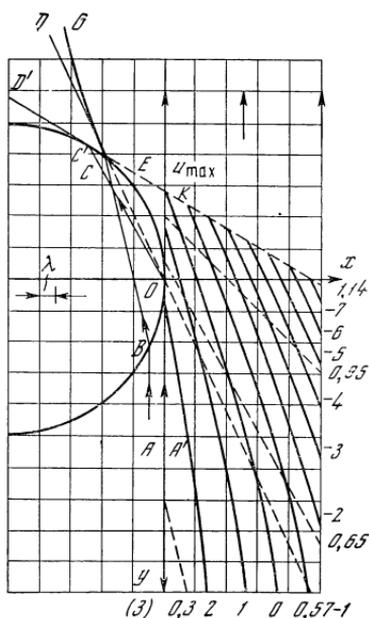


Рис. 14. Графическое изображение интерференционных полос при различных фокусировках микроскопа

концах линий (0, 30; 0,57 . . . 1,14). Наибольший интерес представляет распределение света в плоскости $y=0$, или иначе по прямой Ox , где без интерференционных полос можно было ожидать резкий контур круга, границу света и темноты в точке O . Из всех отклоненных лучей, продолжения которых назад (пунктирные линии) пересекают прямую Ox и встречаются с неотклоненными лучами, наименее отклоненный луч $ABCD$ (его продолжение) пересекает точку O и ограничивает картину интерференции на плоскости $y=0$ у самого контура сферы. Точно так же наиболее отклоненный из всех лучей, пересекающих (своим продолжением) прямую Ox , является луч $A'OC'D'$, касательный к сфере в точке C' . Его продолжение назад $C'K$ ограничивает справа интерференционную картину. Числовые апертуры этих двух крайних лучей, отклоненных на наименьший и наибольший угол u от первоначального направления (т. е. величины $n' \sin u$) равны 0,57 и 1,14. Все остальные отклоненные лучи с апертурами от 57 до 114 падают на сферу в узком (ширина в 1λ) пучке между лучами AB и $A'O$. После двукратного преломления они касаются каустика ⁷ $C'EFG$ на коротеньком ее отрезке $C'EF$.

Из рисунка видно, что максимальное число полос, видимое при апертуре объектива, равной 1,14 в плоскости $y=0$, равно 9; при этом и граница объекта совпадает с первой темной полосой. При апертуре 0,57 в той же плоскости нет встречающихся лучей, проходящего и преломленного, т. е. интерференции нет. При апертуре 0,95 в плоскости $Y=0$ видны лишь три полосы.

Диаграмма на рис. 14 позволяет судить об изменении ширины полос при удалении от края объекта вдоль оси x и при опускании микроскопа. Эти изменения происходят в соответствии с формулой (2).

Таким образом, диаграмма дает полную картину интерференционных явлений, видимых в микроскоп при разных апертурах объектива и разных фокусировках при наблюдении объектов с круговым сечением.

В заключение Рождественский рассматривает возможные пути устранения интерференционных полос. Основная идея остается той же, которая использовалась при рассмотрении призмы. Рождественский указывает, что больше

⁷ Каустика, или каустическая поверхность — поверхность, огибающая совокупность лучей преломленного пучка.

всего расплываются полосы при удалении от контура вследствие того, что освещающий конус лучей имеет конечное отверстие. Описанная выше интерференционная картина возникала в предположении, что на сферу падает идеально плоская волна параллельно оси микроскопа. Если наклонить немного волну относительно оси на угол ϵ , оставляя перпендикуляр к волне в плоскости xOy , то кольца вытянутся вдоль оси Ox , полосы на оси Oy сместятся.

Пусть на объект падает целый комплекс таких волн со всевозможными наклонами от $+\epsilon$ до $-\epsilon$, причем угол ϵ так велик, что соответствует смещению какой-либо полосы на $1/4$ полосы. Тогда в этом месте максимумы наложатся на минимумы, и все полосы в этом месте и дальше от контура расплывутся и исчезнут (аналогично тому как это было в случае призмы). «Это пока единственный способ, — указывает Рождественский, — устранить интерференционные полосы, которые своей контрастностью часто делают наблюдение невозможным»⁸.

Рождественский и в этом случае не ограничивается качественными рассуждениями, а проводит соответствующие расчеты угла ϵ , при котором наступает исчезновение интерференционных полос (при упрощающем допущении линейной освещающей щели). Расчет приводит к формуле:

$$n'\epsilon = -0,25 \frac{\lambda}{x}.$$

Если рядом с изображением контура любого тела на расстоянии x от него видна интерференционная полоса, то ее можно уничтожить, расширив апертуру освещения до предела, указанного в формуле.

Во второй работе — «Когерентность лучей при образовании изображения в микроскопе» — Дмитрий Сергеевич Рождественский разбирает ряд важных вопросов теории, по которым до него существовали неверные и противоречивые представления. Они относились к роли когерентности или некогерентности освещающего пучка для характера изображения и разрешающей силы прибора и сравнений механизма образования изображений в случае освещаемых и самосветящихся объектов.

В 70-х годах прошлого века немецкий физик-оптик Э. Аббе впервые подчеркнул резкое различие между изо-

⁸ Рождественский Д. С. Собрание трудов, с. 497.

бражением самосветящегося объекта и объекта, освещаемого когерентным светом.

В классической теории микроскопа Аббе рассматриваются две стадии образования изображения освещаемого предмета. Если предмет — плоская решетка, то при дифракции параллельного пучка, падающего на нее в задней фокальной плоскости объектива, образуются дифракционные спектры нескольких порядков (первичное изображение). В результате интерференции лучей различных спектров образуется окончательное (вторичное) изображение решетки, которое рассматривается в окуляр.

Изображение тем более подобно объекту, чем большее число дифракционных спектров пройдет сквозь апертурную диафрагму объектива. Отсюда сразу следует вывод о необходимости широкой апертуры и известная формула для разрешающей силы микроскопа. Меняя путем диафрагмирования число «работающих» первичных спектров, можно в большой мере менять окончательное изображение. Если, например, убрать с помощью диафрагмы «первичные» спектры через один, то число штрихов удвоится — такое изображение давало бы вдвое более частая решетка, чем объект.

Однако теория Аббе очевидно не может быть распространена на самосветящиеся объекты. В этом случае каждый элемент объекта (самосветящейся решетки) испускает колебания не когерентные с другими, поэтому никаких спектров в фокальной плоскости объектива не образуется. Отсюда следует, как полагал Аббе, что опыт, подобный описанному, с удвоением штрихов решетки не может быть осуществлен. Этот «непогрешимый» вывод Аббе оказался неверным. Оказалась неверной и точка зрения Аббе об исключительности свойства когерентного освещения. Впервые отметил это Дж. Рэлей в работе «О теории оптических изображений в особенности в приложении к микроскопу» (1896)⁹.

Первым вопрос о когерентности и самосвечении четко поставил Л. И. Мандельштам (1911)¹⁰. Он выяснил, в чем состоит отличие самосветящихся объектов от несамосветящихся и показал теоретически и экспериментально, что ряд свойственных последним явлений (в частности, удвое-

⁹ *Rayleigh Y. W. Scientific Papers*, v. IV, 1896, p. 235.

¹⁰ *Ann. Phys.*, 1911, Bd. 35, S. 881.

ние линий) при определенных условиях бывает, вопреки мнению Аббе, и у самосветящихся объектов.

Работа Д. С. Рождественского выгодно отличается от труда Мандельштама, который носил довольно отвлеченный характер. В ней все вопросы образования изображения в микроскопе решены полнее и ближе к реальным условиям микроскопических наблюдений. Критикуя Аббе за его взгляд об «исключительности» когерентного освещения, Рождественский в то же время подчеркивает важность когерентности лучей при освещении объекта, поскольку от нее зависят характер изображения и разрешающая сила микроскопа. Он указывает на неправильность распространенного представления, согласно которому степень когерентности освещения вполне определяется абсолютной апертурой конденсора, проектирующего источник света на рассматриваемый объект ($a = \sin \varphi$, где φ — угол конуса, освещающего одну точку объекта), так что «меняя апертуру можно переходить через все стадии освещения от когерентного до некогерентного, до самосвечения».

Рождественский указывает, что для правильного решения вопроса о когерентном освещении, необходимо рассматривать как единую систему источник света, конденсор и объектив микроскопа. Конденсор (в простейшем случае линза с определенным фокусным расстоянием f) дает изображение точки источника на объекте в виде дифракционного кружка (кружок Эри), размеры которого зависят от апертуры a конденсора, т. е. от угла освещающего точку конуса лучей, идущих от конденсора. Чем меньше a , тем шире дифракционное изображение. Для двух близких точек объекта свет можно считать когерентным, если они лежат в пределах кружка Эри (который сам является в конечном счете результатом интерференции, т. е. обязан своим происхождением когерентным лучам света). В то же время две точки объекта воспринимаются в микроскопе как отдельные, если расстояние между ними больше допустимого разрешающей силой микроскопа, которая, в свою очередь, определяется апертурой объектива.

Таким образом, освещение, которое можно считать когерентным для объектива с большой апертурой, может оказаться некогерентным для объектива с меньшей апертурой. Когерентность или некогерентность освещения зависит от соотношения между апертурой конденсора a

и апертурой объектива a_0 . Так, при $a \gg a_0$ освещение будет некогерентным (приближение к самосветящемуся объекту), при $a \ll a_0$ освещение почти когерентное.

Рождественский вводит понятие о коэффициенте некогерентности

$$c = \frac{a}{a_0}.$$

Предельные случаи $c = \infty$ и $c = 0$ соответствуют полностью некогерентному и полностью когерентному освещению. При промежуточных значениях c наблюдается плавный переход от когерентности к некогерентности.

Рождественский производит расчет результирующего колебания от двух точек объекта, освещаемого с помощью конденсора с отверстием, принимаемым для простоты выводов прямоугольным. Затем путем двойного интегрирования он получает общую формулу для освещенности в какой-либо точке поля зрения микроскопа. Формула выражает законы образования изображения в микроскопе с учетом реальных условий освещения. Существенно включая впервые введенный Рождественским коэффициент некогерентности, она имеет более общий вид по сравнению с аналогичными формулами, полученными предшественниками Рождественского, и содержит их как частные случаи.

В заключение Рождественский дает простое и естественное объяснение явления удвоения штрихов в опытах Аббе и показывает, что это объяснение остается справедливым и для самосветящихся объектов (опыты Манделштама).

Кроме двух рассмотренных, Дмитрию Сергеевичу принадлежит еще одна работа — «Освещение микроскопа». В ней рассматривается практически важный вопрос о рациональном освещении препаратов при наблюдении в микроскоп. Рождественский показывает, что при хорошем использовании источника, освещение требует минимальной мощности в 0,1 вт, причем может быть получено ярко освещенное поле зрения при самых сильных объективах. Размеры освещающего тела лампы могут не превышать размеров нити лампы для карманного фонаря. Предложенная Рождественским осветительная система благодаря малым размерам могла быть встроена в корпус микроскопа. Микроскоп даже большого увеличения стал портативным, что особенно важно для работы в полевых условиях.

В целом работы Рождественского по микроскопии явились важным и оригинальным вкладом в развитие представлений о механизме образования изображений в микроскопе. Их значение выходит за рамки собственно микроскопической задачи. По мнению известного специалиста по микроскопии Д. Ю. Гальперна, «методы, предложенные Д. С. Рождественским, далеко не исчерпаны и могут послужить для решения важных задач теории оптических приборов»¹¹.

Профессор К. К. Баумгарт в биографическом очерке о Д. С. Рождественском заключает рассмотрение работ ученого по теории микроскопа словами: «Нет сомнения, что работы Дмитрия Сергеевича по микроскопии, замечательные по своей глубине и остроумию, должны занять место наряду с самыми основными классическими исследованиями по волновой оптике»¹².

Академик Дмитрий Сергеевич Рождественский принадлежал к числу выдающихся ученых нашей страны. Великолепный организатор науки, крупный теоретик и блистательный экспериментатор, он оставил яркий след не только в физике, но и в советской науке в целом.

¹¹ Гальперн Д. Ю. Работы академика Д. С. Рождественского по микроскопии. — В кн.: Труды ГОИ, т. 23, вып. 138, с. 21.

¹² Баумгарт К. К. Дмитрий Сергеевич Рождественский. — В сборнике: 50 лет ГОИ, с. 565.

Основные даты жизни и деятельности

- 1876, 7 апреля (26 марта) в Петербурге родился Д. С. Рождественский.
1894. Окончил 6-ю Петербургскую гимназию с серебряной медалью. Поступил на физико-математический факультет Петербургского университета.
1900. Окончил математическое отделение физико-математического факультета Петербургского университета. Оставлен в университете для подготовки к профессорскому званию.
- 1901—1902. Научная командировка в Лейпциг (Германия), где в лаборатории профессора О. Винера выполнил экспериментальную работу на тему о влиянии флюоресценции на электропроводность.
1903. Научная командировка в Гисен (Германия), где в лаборатории профессора П. Друде выполнил экспериментальное исследование «Температурный коэффициент постоянных отражений от металла». Назначен лаборантом Физического института Петербургского университета.
1908. Командировка во Францию для ведения научной работы.
- 1909, 8 декабря. Первый доклад в отделении физики Русского физико-химического общества о работе по исследованию аномальной дисперсии в парах натрия.
1911. Отделением физики Русского физико-химического общества присуждена премия имени Ф. Ф. Петрушевского за экспериментальное исследование «Аномальная дисперсия в парах натрия». Возникновение физико-оптической школы Д. С. Рождественского в Петербургском университете.
- 1912, 1 июля. Приват-доцент Петербургского университета. Присуждена Ломоносовская премия Российской Академии наук за труд «Аномальная дисперсия в парах натрия», вышедший в свет в том же году.
1915. Защитил (26 апреля) докторскую диссертацию на тему «Простые соотношения в спектрах щелочных металлов», вышедшую в свет в том же году. Избран (18 мая) экстраординарным профессором Петербургского университета. Назначен (20 октября) заведующим Физического института Петроградского университета. Приглашен консультантом по изготовлению оптического стекла на фарфоровый завод.
1916. Назначен ординарным профессором Петроградского университета. Избран президентом Русского физико-химического общества и председателем Отделения физики.
1918. Создан Государственный оптический институт. Назначен его директором.

1919. Один из организаторов съезда физиков в Петрограде, где выступил с несколькими докладами и сообщениями. Доклад «Спектральный анализ и строение атома» на годичном собрании Государственного оптического института. Председатель Атомной комиссии при Государственном оптическом институте.
1920. Начало издания по инициативе Д. С. Рождественского «Трудов Государственного оптического института».
- 1921, 28 января. Избран почетным членом Российского минералогического общества.
1923. Избран членом научно-технического совета электротехники и прикладной физики научно-технического отдела ВСНХ.
1925. Избран членом-корреспондентом Академии наук СССР. Избран почетным членом Метрологического совета Палаты мер и весов.
1928. Избран почетным членом Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии.
1929. Избран действительным членом Академии наук СССР.
1931. Член редколлегии журнала «Оптико-механическая промышленность».
1932. Заведующий научным отделом ГОИ. Доклад «Эволюция учения о строении атомов и молекул» на юбилейной сессии Академии наук СССР, посвященной 15-летию Октября.
1933. Удостоен звания ударника завода «ЛенЗОС». Избран в комиссию по организации высокогорной астрономической обсерватории на Северном Кавказе.
1934. Избран в комиссию по Менделеевским премиям и организации Менделеевских чтений.
1935. За особые заслуги в организации производства оптического стекла в СССР зачислен в «Золотой фонд» Завода оптического стекла в Ленинграде («ЛенЗОС»).
1936. Председатель комиссии по изучению спектров редкоземельных элементов при Физическом институте Академии наук СССР.
1938. Консультант микроскопической лаборатории Государственного оптического института.
1939. Профессор и заведующий спектроскопической лаборатории Ленинградского государственного университета.
- 1940, 25 июня. Смерть Д. С. Рождественского. Похоронен на Литераторских мостках Волкова кладбища.

Труды Д. С. Рождественского

1906

1. Неподвижность эфира при движении материи. «Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая», т. 38, с. 72—80.

1907

2. Аномальная дисперсия света. «Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая», т. 39, с. 101, 117—136.

1910

3. К исследованию дисперсии в парах натрия. «Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая», т. 42, с. 87—97.

1912

4. Аномальная дисперсия в парах натрия. Магистерская диссертация, СПб., 1912.
5. Аномальная дисперсия в парах натрия. «Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая», т. 44, с. 395—430 (Извлечение из № 4).
6. Anomale Dispersion in Natriumdampf. Ann. Phys., Bd. 39, S. 307—345.
7. Дисперсия и поглощение света в диэлектриках. «Новые идеи в физике», Сб. 5, СПб., с. 55—110.

1913

8. Метод Вуда для нахождения закономерностей в спектрах (совместно с А. Афанасьевым). «Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая», т. 45, с. 346—354.
9. Die Wood'sche Methode zur Auffindung von Gesamtmäßigkeiten in Spektren. Phys. Zs., Bd. 14, S. 780—783.
10. Новые работы Р. Вуда по флюоресценции. «Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая», т. 45, с. 163—172.

1914

11. Вращение плоскости поляризации и двойное лучепреломление в магнитном поле. «Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая», т. 46, с. 71—91.

1915

12. Простые соотношения в парах щелочных металлов. Докторская диссертация.

1916

13. Работы князя Б. В. Голицына по спектроскопии. «Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая», т. 48.

1918

14. Соотношение двух линий D_1 и D_2 дублета натрия (совместно с В. И. Туроверовым). «Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая», т. 49, с. 128—137.

1919

15. О широких полосах поглощения. Протоколы заседаний съезда физиков в Петрограде в 1919 г. «Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая», т. 51, с. 323—324.
16. Спектр ртути. Протоколы заседаний съезда физиков в Петрограде в 1919 г. «Журнал Русского физико-химического общества. Часть физическая», с. 344—345.

1920

17. Спектральный анализ и строение атома. «Труды Государственного оптического института (в дальнейшем «Труды ГОИ)», т. 1, вып. 6.

1921

18. Значение спектральных серий. «Труды ГОИ», т. 2, вып. 7.
19. Термы высоких порядков и сходство между спектрами одно-электронных и сложных атомов. «Труды ГОИ», т. 2, вып. 8, с. 29—46.
20. Серии спектра ионизованного магния из сравнения со спектром ионизованного гелия. «Труды ГОИ», т. 2, вып. 9, с. 47—55.
21. Doublets in spectral series. *Nature*, v. 107, p. 203—204.

1923

22. Электромагнитная теория света. — В кн.: *Хвольсон О. Д.* Курс физики, т. 5, с. 437—554.
23. Магнитооптика и электрооптика. — В кн.: *Хвольсон О. Д.* Курс физики, т. 5, с. 554—597.

1924

24. Две независимые системы серий в спектре неона. «Труды ГОИ», т. 3, вып. 18.

1927

25. Строение атомов и спектральный анализ. — В кн.: *Наука и техника СССР (1917—1927)*. М., Изд-во «Работник просвещения», т. 1, с. 89—136.

1930

26. О разрешающей силе спектро스코пов. «Известия АН СССР». Серия физическая, с. 426—436. «Труды ГОИ», т. 8, вып. 68.

1932

27. Оптика во вторую пятилетку. Труды ноябрьской сессии АН СССР в 1931 г., т. II. с. 131—146.
28. Записка об оптическом стекле. «Труды ГОИ», т. 8, вып. 84.

1933

29. Призма прямого видения для спектров туманностей. «Доклады АН СССР» № 2, с. 11—14, «Труды ГОИ», 1934, т. 10, вып. 91, с. 14.
30. Эволюция учения о строении атомов и молекул. Доклад на юбилейной сессии Академии наук СССР, посвященной 15-летию Октябрьской революции. «Труды ноябрьской сессии Академии наук СССР (12—19.XI.1932 г.)». Л., Изд-во АН СССР; «Архив истории науки и техники», вып. 1, с. 1—20.

1934

31. Аномальная дисперсия в широких полосах поглощения. «Известия АН СССР. Серия физическая», с. 35—51; «Труды ГОИ», т. 10, вып. 96.
32. Интерферометры для исследования аномальной дисперсии. «Известия АН СССР. Серия физическая», с. 1119—1150; «Труды ГОИ», 1935, т. 11 вып. 101.

1936

33. Периодический закон на основе анализа спектров. Доклад на Менделеевском съезде 1934 г. Труды 7-го Менделеевского съезда 1934 г., с. 65—84. М.—Л., Изд-во АН СССР.
34. Чем овладел и что должен завоевать микроскоп. «Оптико-механическая промышленность», № 9, с. 3—9.
35. Анализ спектров и спектральный анализ. Доклад на сессии АН СССР 15 марта 1936 г. М., Изд-во АН СССР; «Известия АН СССР. Серия физическая», № 1—2, с. 936; «Успехи физических наук», т. 16, вып. 7, с. 897—921.
36. Выступление на мартовской сессии АН СССР по докладу академика А. Ф. Иоффе 15 марта 1936 г. М.—Л., Изд-во АН СССР.
37. О работе ГОИ. — В кн.: Материалы к докладам академика С. И. Вавилова и академика Д. С. Рождественского на мартовской сессии АН СССР. М.—Л., Изд-во АН СССР.

1939

38. Освещение микроскопа. Доклады АН СССР, 1939, т. 25, № 2, с. 115.

1940

39. К вопросу об изображении прозрачных объектов в микроскопии. «Труды ГОИ», т. 14, с. 16—40.

40. Когерентность лучей при образовании изображения в микроскопии. «Журнал экспериментальной и технической физики», 1940, т. 10, с. 305—330.

1941

41. Определение сил вибраторов в спектрах атомов. «Известия АН СССР. Серия физическая», № 6.

1949

42. Собрание трудов. М.—Л., Изд-во АН СССР, 727 с.

1951

Работы по аномальной дисперсии в парах металлов. («Классики науки»). М.—Л., Изд-во АН СССР.

1964

Избранные труды. М.—Л., «Наука», 349 с.

Литература о Д. С. Рождественском

1. *Баумгарт К. К.* Дмитрий Сергеевич Рождественский. — В сб.: «50 лет ГОИ». Л., Машиностроение, 1968, 553—587. Она же опубликована в сб.: Воспоминания об академике Д. С. Рождественском. Л., Наука, 1976 и в Собрании сочинений, Л., 1949.
2. *Баумгарт К. К.* Профессор университета Д. С. Рождественский — основатель ГОИ. — В сб.: «Труды Государственного оптического института» (в дальнейшем «Труды ГОИ»), 1957, т. 24, вып. 147—148, с. 65—73.
3. *Баумгарт К. К.* Дмитрий Сергеевич Рождественский. — «Успехи физических наук», 1941, т. 25, в. 2, с. 230—240.
4. *Баумгарт К. К.* Академик Д. С. Рождественский. — Физика в школе, 1948, № 6, с. 14—20.
5. *Баумгарт К. К.* Академик Д. С. Рождественский. Отчет о деятельности ЛГУ, Л., 1941.
6. Воспоминания об академике Д. С. Рождественском. Сборник статей под редакцией С. Э. Фриша и А. И. Стожарова, Л., Наука, 1976.
7. *Вавилов С. И.* Академик Д. С. Рождественский. — Оптико-механическая промышленность (в дальнейшем ОМП), 1940, № 6—7, с. 6—7.
8. *Вавилов С. И.* Инициатор Оптического института. ОМП, 1938, № 12, с. 3—6.
9. *Вавилов С. И.* Речь у гроба академика Д. С. Рождественского. — История и методология естественных наук (в дальнейшем ИиМЕН), 1970, вып. 8, с. 252—253.
10. *Гальперн Д. Ю.* Работы академика Д. С. Рождественского по микроскопии. «Труды ГОИ», 1953, т. 23, вып. 138.
11. *Голицын Б. Б.* Отзыв о сочинении Д. С. Рождественского «Аномальная дисперсия в парах натрия». — Отд. оттиск из сборника Отчеты о премиях и наградах Академии наук за 1912 г., СПб., 1913.
12. *Гуло Д. Д., Кононков А. Ф.* Работы Д. С. Рождественского по атомным спектрам и строению атомов. — ИиМЕН, 1966, вып. 4, с. 257—269.
13. *Гуло Д. Д., Кононков А. Ф., Осинковский А. Н.* Из истории основания ГОИ. — ИиМЕН, 1965, вып. 3, МГУ, с. 273—295.
14. *Гуло Д. Д., Осинковский А. Н.* Д. С. Рождественский (к 100-летию со дня рождения). — Физика в школе, 1976, № 3, с. 17—21.
15. *Дмитриев А. С.* Выдающаяся страница в истории советской оптики. — Труды Московского института инженеров геодезии, аэрофотосъемки и картографии, 1961, № 46.

16. *Иванов Н. И.* Исследования академика Д. С. Рождественского по спектрам. — Ученые записки Бурятского пединститута, 1956, вып. 10, с. 33—45.
17. *Иванов Н. И.* Особенности научной деятельности академика Д. С. Рождественского. — Ученые записки Бурятского пединститута, 1958, вып. 45.
18. *Иванов Н. И.* Исследования Д. С. Рождественского по аномальной дисперсии света в парах металлов. — В кн.: Исследования русских физиков в электромагнитной теории света. Улан-Удэ, 1968, с. 242—253.
19. *Иванов Н. И.* Исследования Д. С. Рождественского в теории спектров. — Ученые записки Бурятского пединститута, 1969, вып. 32, с. 174—196.
20. *Иваненко Д. Д.* и *Предводителев А. С.* Очерки по истории физики в России. М., Учпедгиз, 1949, с. 297—326.
21. *Иоффе А. Ф., Лазарев П. П.* Записки об ученых трудах Д. С. Рождественского. — Известия АН СССР, 1924, т. XVIII, № 12—13.
22. *Иоффе А. Ф.* Записки об ученых трудах Д. С. Рождественского. — В кн.: Записки об ученых трудах действительных членов АН СССР, Л., 1930.
23. Из переписки Д. С. Рождественского с иностранными физиками (составители А. Ф. Кононков, А. Н. Осинковский, перевод О. А. Ильиной и А. М. Толмачевой). — ИиМЕН, 1965, вып. 3, с. 305—327.
24. *Кватер Г. С.* Работы академика Д. С. Рождественского по аномальной дисперсии. Известия АН СССР, серия физическая, 1941, № 6, с. 611—621.
25. *Кокин Л. М.* В Красном Питере заседает Атомная комиссия. — Наука и жизнь, 1967, № 4, с. 18—22.
26. *Кокин Л. М.* Юность академиков. М., Советская Россия, 1970 (О Д. С. Рождественском, с. 32—42 и 56—62).
27. *Кононков А. Ф., Осинковский А. Н.* Д. С. Рождественский — основатель и руководитель ГОИ. — Вопросы истории науки, Ереван, 1967, с. 164—169.
28. *Кононков А. Ф., Осинковский А. Н.* Дмитрий Сергеевич Рождественский. Глава в книге: Основатели советской физики. М., Просвещение, 1970, с. 135—160.
29. *Кононков А. Ф., Осинковский А. Н.* Об особенностях научной деятельности Д. С. Рождественского и его школы. — Вестник МГУ, физика, астрономия, 1967, № 3, с. 87—92.
30. *Кононков А. Ф., Осинковский А. Н.* Академик Д. С. Рождественский (к 90-летию со дня рождения). — ИиМЕН, 1968, вып. 7, с. 328—351.
31. *Кононков А. Ф., Осинковский А. Н.* Академик Д. С. Рождественский. — Физика в школе, 1966, № 2, с. 19—21.
32. *Кононков А. Ф., Осинковский А. Н.* Создание советской оптики и деятельность Д. С. Рождественского. — В кн.: Очерки по истории русской науки и культуры. М., 1968, с. 113—135.
33. *Кононков А. Ф., Осинковский А. Н.* Из истории научных связей советских и зарубежных физиков в первые годы Советской власти. — ИиМЕН, 1974, вып. 15, с. 113—116.
34. *Кравец Т. П.* Памяти Д. С. Рождественского. — Вестник АН СССР, 1940, № 10, с. 78—80.

35. *Кравец Т. П.* Памяти Д. С. Рождественского. — В кн.: От Ньютона до Вавилова. Л., Наука, 1967, с. 338—349.
36. *Гордун Г. Г.* Рождественский Дмитро Серійович. — В кн.: Радянські фізики, Київ, Вища школа, 1975, с. 106—107.
37. *Кудряцев П. С.* История физики. М., Просвещение, 1971, с. 289—293.
38. *Кудряцев П. С.* Д. С. Рождественский. — В кн.: Курс истории физики. М., Просвещение, 1974, с. 269—271.
39. *Линник В. П.* Д. С. Рождественский — основатель ГОИ. — В сб.: Труды ГОИ, 1969, т. 36, с. 45—52.
40. *Линник В. П.* Работы Д. С. Рождественского по микроскопии. — Известия АН СССР, серия физическая, 1941, № 6.
41. *Мирошников М. М.* ГОИ к 50-летию Советского государства. — ОМП, 1967, № 11.
42. *Обреимов И. В.* Дмитрий Сергеевич Рождественский. — Труды ГОИ, 1974, т. 42, вып. 175, с. 3—30.
43. *Осиновский А. Н.* Мировоззрение Д. С. Рождественского. — Ученые записки Московского областного пединститута имени Н. К. Крупской, 1956, т. 43, вып. 3, с. 179—191.
44. *Осиновский А. Н.* О педагогической деятельности Д. С. Рождественского. — Ученые записки Бийского пединститута, 1958, вып. 3, с. 41—53.
45. *Осиновский А. Н.* Д. С. Рождественский — борец за неразрывную связь науки и производства. — Вопросы истории физики и ее преподавания, Тамбов, 1961, с. 81—89.
46. *Осиновский А. Н.* «Метод крюков» Рождественского и обзор работ, выполненных этим методом в СССР (1912—1960). — ИИМЕН, 1966, вып. 4, с. 270—285.
47. *Осиновский А. Н., Толмачева А. М.* Основные даты жизни и научной деятельности Д. С. Рождественского. — ИИМЕН, 1970, вып. 8, с. 250—270.
48. *Осиновский А. Н., Кононов А. Ф.* Дмитрий Сергеевич Рождественский. М., Просвещение, 1974.
49. *Осиновский А. Н.* Из истории оптического стеклоделия в СССР. — Ученые записки Владимирского пединститута, серия физика, 1966, с. 42—55.
50. Памятные даты в науке и технике. — Школа и производство, 1960, № 6, с. 96.
51. Развитие советской оптики и спектроскопии за 50 лет. — Оптика и спектроскопия, 1967, т. 23, вып. 5, с. 653—671.
52. *Рождественский Д. С.* — В кн.: Биографический словарь деятелей естествознания и техники, 1959, т. 2, с. 180.
53. *Рождественский Д. С.* БСЭ, изд. 2, т. 36, 1955, с. 616.
54. *Славентантор Д. Я.* Зажженные свету. — Звезда, 1962, № 11, с. 153—160.
55. *Славентантор Д. Я.* На пороге атомного века. — Звезда, 1963, № 12.
56. *Стожаров А. И.* Оптическое стекловарение. — ОМП, 1967, № 11.
57. *Стожаров А. И.* К 100-летию со дня рождения Д. С. Рождественского. ОМП, 1976, № 5, с. 3—6.
58. *Стожаров А. И.* ГОИ и оптические материалы. — ОМП, 1974, № 5.
59. *Степанов Б. И.* Д. С. Рождественский (к 100-летию со дня рождения). — Журнал прикладной спектроскопии, 1976, т. 24, вып. 3, с. 387—396.

60. *Степанов Б. И.* Очерки по истории оптической науки. Минск, «Наука и техника». 1978, с. 90—112.
61. *Степанов Б. И.* Развитие оптической науки в Белоруссии. К 100-летию со дня рождения Д. С. Рождественского. — Известия АН СССР, серия физико-математических наук, 1976, № 3, с. 67—79.
62. *Теренин А. И., Фриш С. Э.* Работы Д. С. Рождественского и его школы по аномальной дисперсии в парах металлов. Юбилейный сборник, посвященный 30-летию Великой Октябрьской социалистической революции, ч. I, М.—Л., 1947, с. 360—370.
63. *Фриш С. Э., Баумгарт К. К.* Д. С. Рождественский и ленинградская школа оптиков. — Вестник ЛГУ, 1946, № 2, с. 116—122.
64. *Фриш С. Э.* Дмитрий Сергеевич Рождественский (жизнь и деятельность). Изд-во ЛГУ, 1954.
65. *Фриш С. Э.* Д. С. Рождественский. — В кн.: Рождественский Д. С. Работы по аномальной дисперсии. М., Изд-во АН СССР, 1956, с. 369—384.
66. *Фриш С. Э.* Д. С. Рождественский (к 75-летию со дня рождения). — «Успехи физических наук», т. XVII, вып. 2, 1951, с. 238—254.
67. *Фриш С. Э.* Работы Д. С. Рождественского по строению атома. — Известия АН СССР, серия физическая, 1941, № 6, с. 631—634.
68. *Фриш С. Э.* Научное наследие Д. С. Рождественского (к 100-летию со дня рождения). — «Успехи физических наук», 1976, т. 118, вып. 4, с. 565—582.
69. *Фриш С. Э.* Д. С. Рождественский. К 100-летию со дня рождения. — Оптика и спектроскопия, 1976, т. 41, вып. 2, с. 348—551.
70. *Фриш С. Э.* Д. С. Рождественский. — В кн.: Люди русской науки. М., Физматгиз, 1961, с. 303.

Дмитрий Данилович Гуло,
Алексей Николаевич Осинковский
Дмитрий Сергеевич Рождественский
1876—1940

*Утверждено к печати
редколлекцией серии
«Научно-биографическая литература»
Академия наук СССР*

Редактор *В. С. Лупач*
Художественный редактор *Н. Н. Власик*
Технический редактор *В. Д. Прилепская*
Корректоры *А. Я. Рядовская, В. А. Шварцер*

ИБ № 15372

Сдано в набор 11.02.80. Подписано к печати 19.07.80.
Т-08650. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага типографская № 1.
Гарнитура обыкновенная. Печать высокая.
Усл. печ. л. 15,12. Уч.-изд. л. 15,7.
Тираж 14000 экз. Тип. зак. 1177.
Цена 1 руб.

Издательство «Наука»
117864 ГСП-7, Москва, В-485, Профсоюзная ул., 90
Ордена Трудового Красного Знамени
Первая типография издательства «Наука»
199034, Ленинград, В-34, 9 линия, 12

**В издательстве «Наука»
готовятся к печати книги
из серии
«Научно-биографическая литература»**

Белый Ю. А. ТИХО БРАГЕ (1546—1601). 10 л. 65 к.

Книга посвящена известному датскому астроному, заложившему основы точной наблюдательной астрономии. Тихо Браге создал обсерваторию, оснащенную лучшими по тем временам инструментами, и в течение более двух десятилетий проводил там систематические наблюдения, которые позволили сделать ряд интересных открытий. Особенно большое значение для последующего развития астрономии имели выполненные Тихо Браге измерения положений планет. Впоследствии Иоганн Кеплер, обработав наблюдения Тихо Браге, вывел свои знаменитые законы движения планет.

Эта первая на русском языке научная биография Тихо Браге рассчитана на широкий круг читателей.

Загорский Ф. Н., Загорская И. М. ГЕНРИ МОДСЛИ (1771—1831). 8 л. 50 к.

Для изготовления машин не вручную необходимо было заменить руку человека, работавшего на металлорежущих станках, автоматическим устройством. Генри Модсли — английский кузнец, слесарь и механик — создал конструкцию механизированного суппорта, решавшего эту задачу. В дальнейшем он внедрил микрометр в машиностроении, построил ряд металлорежущих станков, первую в истории автоматическую линию и многое другое. Его заслуги в развитии техники отмечены Карлом Марксом в «Капитале». Неграмотный рабочий стал благодаря таланту, трудолюбию и удаче признанным современниками выдающимся деятелем техники, широко образованным человеком.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

Старосельский П. И., Никулина Е. П. МИХАИЛ МИХАЙЛОВИЧ КОНОВАЛОВ (1858—1906). 10 л. 65 к.

Книга рассказывает о жизни и деятельности выдающегося русского ученого-химика Михаила Ивановича Коновалова — исследователя, педагога, просветителя, человека редких душевных качеств. Один из виднейших представителей Московской школы химиков-органиков, М. М. Коновалов получил широкую известность своими исследованиями по нитрованию углеводов, открывшими возможность химической переработки обширного класса углеводов, что позволило подойти к нефтехимическому синтезу, получившему в наши дни огромное научное и практическое значение.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся развитием отечественной науки.

Ушакова Н. Н., Фигуровский Н. А. ВАСИЛИЙ МИХАЙЛОВИЧ СЕВЕРГИН (1765—1826). 10 л. 65 к.

Книга посвящена жизни и деятельности известного русского минералога и химика академика Василия Михайловича Севергина. В минералогии он развивал химическое направление, считая главным изучение состава и строения минералов. В «Опыте минералогического землеописания Российского государства» (1808—1809) В. М. Севергин дал подробную сводку данных по геологии и минералогии России. Интересны его труды по разработке русской научной терминологии в области минералогии, химии и ботаники.

Книга рассчитана на широкий круг читателей, интересующихся развитием отечественной науки.

Карцев В. П. МИХАИЛ ПОЛИЕВКТОВИЧ КОСТЕНКО
(1889—1976). 15 л. 95 к.

Книга — биография академика М. П. Костенко, выдающегося советского ученого, основателя научной школы электромашиностроения. При его непосредственном участии в Советском Союзе началась разработка ряда важнейших отраслей современной электротехники. Крупные теоретические и практические достижения этой школы во многом содействовали повышению престижа советской науки, ее выдвижению на самые передовые позиции в области энергетики и электротехники. В книге подробно анализируется процесс формирования Ленинградской школы электромашиностроения и роль в этом процессе М. П. Костенко — руководителя и лидера этой школы.

Рассчитана на широкий круг читателей.

Левшин Л. В., Тимофеев Ю. П. ВАДИМ ЛЕОНИДОВИЧ ЛЕВШИН (1896—1969). 10 л. 65 к.

Книга посвящена жизненному и творческому пути известного советского ученого-физика, заслуженного деятеля науки РСФСР, дважды лауреата Государственной премии СССР, профессора Московского университета Вадима Леонидовича Левшина. Особое внимание, наряду с изложением чисто биографических данных, уделено созданию В. Л. Левшиным совместно с академиком С. И. Вавиловым и А. Н. Терениным советской школы ученых, работающих в области люминесценции, рассмотрены его труды в области истории науки, а также деятельность по пропаганде и популяризации научных знаний.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

Формозов А. А. АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ ФОРМОЗОВ
(1899—1973). 10 л. 65 к.

Книга посвящена жизни и деятельности профессора биологического факультета Московского университета, заведующего отделом биогеографии Института географии АН СССР Александра Николаевича Формозова — одного из основоположников экологии и зоогеографии в СССР. Его книги «Колебания численности промысловых животных», «Снежный покров, его значение в жизни млекопитающих и птиц» получили широкую известность. А. Н. Формозов был также художником-анималистом, автором книг о природе для юношества: «Шесть дней в лесах», «Спутник следопыта».

Научная биография ученого, подготовленная на основе его дневников и переписки, рассчитана на широкий круг читателей.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов «Книга — почтой» «Академкнига»:

- 480091 **Алма-Ата**, 91, ул. Фурманова, 91/97;
- 370005 **Баку**, 5, ул. Джапаридзе, 13;
- 320005 **Днепропетровск**, проспект Ю. Гагарина, 24;
- 277001 **Кишинев**, ул. Пирогова, 28;
- 443002 **Куйбышев**, проспект Ленина, 2;
- 197110 **Ленинград**, П-110, Петровзаводская ул., 7;
- 220012 **Минск**, Ленинский проспект, 72;
- 117192 **Москва**, В-192, Мичуринский проспект, 12;
- 630090 **Новосибирск**, Академгородок, Морской проспект, 22;
- 620151 **Свердловск**, ул. Мамина-Сибиряка, 137;
- 700187 **Ташкент**, ул. Дружбы народов, 6;
- 450059 **Уфа**, 59, ул. Р. Зорге, 10;
- 720001 **Фрунзе**, бульвар Дзержинского, 42;
- 310078 **Харьков**, ул. Чернышевского, 87

Дмитрий Сергеевич РОЖДЕСТВЕНСКИЙ



*Д. Д. Гуло,
А. Н. Осинковский*

**Дмитрий Сергеевич
РОЖДЕСТВЕНСКИЙ**



ГОТОВИТСЯ К ПЕЧАТИ КНИГА:

Матвиевская Г. П.

Рамус (1515—1572).

Научно-биографическая серия

М.: Наука, 1980 г., 50 к. 10 000 экз.

Книга посвящена жизни и творчеству Пьера Рамуса, одного из наиболее ярких научных деятелей Франции XVI в. — философа, математика, педагога, страстного борца за реформу системы образования. Он выступал с резкой критикой средневекового аристотелизма и схоластических традиций, сковывавших развитие науки. Рамус — выдающийся пропагандист науки, автор многочисленных учебников по математике, логике, грамматике.

Книга рассчитана на широкий круг читателей.

Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов «Книга — почтой» «Академкнига»:

- 480091 Алма-Ата, 91, ул. Фурманова, 91/97
- 370005 Баку, 5, ул. Джапаридзе, 13
- 734001 Душанбе, проспект Ленина, 95
- 252030 Киев, ул. Ленина, 64
- 443002 Куйбышев, проспект Ленина, 2
- 197110 Ленинград, П-110, Петрозаводская ул., 7
- 117464 Москва, В-464, Мичуринский проспект, 12
- 630090 Новосибирск, 90, Морской проспект, 22
- 620151 Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137
- 700029 Ташкент, Л-29, ул. Маркса, 28
- 450059 Уфа, ул. Р. Зорге, 10
- 720001 Фрунзе, бульвар Дзержинского, 42
- 310003 Харьков, Уфимский пер., 4/6.

Цена 1 руб.