



СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ
БАВИЛОВ

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ ВАВИЛОВ
(1891—1951)

Э. В. Шпольский

I

Советская наука понесла тяжёлую утрату: 25-го января скончался Президент Академии наук СССР академик Сергей Иванович Вавилов. Ушёл из жизни в полном расцвете творческих сил крупнейший учёный и организатор науки в общегосударственном масштабе, горячий патриот, выдающийся государственный и общественный деятель.

Сергей Иванович родился в Москве 24 марта 1891 г. Среднее образование он получил в одном из московских коммерческих училищ. Коммерческие училища были в то время сравнительно новым и передовым типом средних учебных заведений. По своему характеру они были близки к реальным училищам; преподавание древних языков отсутствовало, зато большое внимание уделялось естествознанию, физике, химии (вовсе не преподававшейся в гимназиях), новым языкам. Уже на школьной скамье у С. И. пробудился интерес к физике и другая страсть, вместе с любовью к физике сохранившаяся и до последних дней жизни, — библиофильство. Активный интерес к физике находил удовлетворение не только в чтении, но и в попытках самостоятельного экспериментирования, а любовь к книге рано выработала у С. И. вкус к антикварным уникам, в особенности к оригинальным изданиям классических сочинений из области естествознания. В букинистических лавках Моховой и Никольской и особенно в книжных развалах старой Сухаревки он с большим искусством отыскивал среди груды макулатуры настоящие «жемчужные зёрна» и в его студенческой библиотеке красовались такие находки, как «Experimenta Nova de Vacuo Spatio ut Vocatur Magdeburgica» Отто фон Герике, и другие раритеты.

В 1909 г., пройдя через необходимый для всех негимназистов дополнительный экзамен по латыни, С. И. поступает на физико-математический факультет Московского университета. В Университете С. И., конечно, привлекала знаменитая лебедевская лаборатория и уже в конце первого курса он взял тему для научной работы. Так как П. Н. Лебедев в то время уже страдал болезнью, сведшей его в 1912 г. в могилу, то темы молодым студентам, приступавшим к научной работе, давал его ближайший помощник — тогда ещё приват-доцент, впоследствии академик П. П. Лазарев.

Однако С. И. не пришлось довести эту работу до конца в стенах Московского университета. В начале 1911 г. из Университета ушли в отставку в знак протеста против произвола царского министра народного просвещения Кассо свыше 40 прогрессивных профессоров и большое число более молодых преподавателей. Среди ушедших были П. Н. Лебедев и П. П. Лазарев. Возникла задача — создать хотя бы минимальные условия для продолжения работы самого Лебедева и лебедевской школы. После первых неудач навстречу пошло своеобразное учреждение, созданное в Москве после революции 1905 г. — Городской университет имени Шанявского и так называемое Леденцовское общество, во главе которого стоял Н. А. Умов. Для лебедевской лаборатории были сняты две смежные квартиры в полуподвальном этаже дома № 20 по Мёртвому (ныне Островского на улице Кропоткина) переулку. Квартиры были малы и, разумеется, совершенно не приспособлены под лаборатории. Приборов было также мало; обслуживающий персонал (лаборанты, препараторы), являющийся необходимой принадлежностью современных лабораторий, — вовсе отсутствовал: работающие должны были делать всё сами. Но несмотря на эту скромность обстановки, все сотрудники лаборатории отдавались делу с величайшим энтузиазмом, и работа кипела.

В этой лаборатории и выполнял свою первую научную работу С. И. Важным элементом жизни лаборатории был «физический коллоквиум» — впервые организованные в России П. Н. Лебедевым еженедельные научные собрания, где докладывались, а затем подвергались оживлённому обсуждению новые работы, опубликованные в литературе. Особенно праздничными были те коллоквиумы, на которых кто-нибудь из участников докладывал о своей собственной работе. В коллоквиумах, которыми руководил сам П. Н. Лебедев, а после него П. П. Лазарев, на равных правах и с равной ответственностью принимали участие все, начиная со сложившихся учёных и кончая молодыми студентами, работавшими в лаборатории. Среди них быстро выдвинулся С. И. Блестящие способности, позволявшие ему легко и быстро ориентироваться в сложных научных работах, прекрасное знание иностранных

языков, горячий интерес к науке и бьющая через край энергия, — всё это делало его активнейшим участником коллоквиумов. Его частые выступления в качестве докладчика были всегда интересны и вместе с тем ярко обнаруживали его быстрый рост.

Одним из проявлений рано приобретённой С. И. обширной эрудиции была опубликованная в 1913 г. в «Журнале Русского физико-химического общества. Часть физическая» его обзорная работа «Фотометрия разноцветных источников», которая хронологически является первой научной публикацией С. И.

Исследовательская работа, выполненная С. И. в эти годы студенчества, была связана с незадолго перед тем законченной докторской диссертацией П. П. Лазарева. В этой диссертации Лазарев исследовал законы химического действия света на примере выцветания на свету коллоидионных плёнок, прокрашенных цианиновыми красителями. Известно было, что те же окрашенные коллоидионные плёнки обесцвечиваются и под действием тепла. Поскольку механизм темновых и фотохимических реакций в то время ещё был совершенно неясен, представляло значительный интерес исследовать кинетику темнового выцветания красителей и сравнить её с кинетикой фотохимической реакции. Это и было сделано С. И. Воспользовавшись им самим придуманной остроумной экспериментальной установкой, он мог с большим удобством точным оптическим методом проследить ход процесса одновременно при шести различных температурах, совершенно не нарушая течения реакции. При этом были установлены существенные различия в механизме фотохимической и темновой реакций при тождественности исходных и конечных продуктов. Работа была опубликована в 1914 г., а в 1915 г. Общество любителей естествознания, антропологии и этнографии при Московском университете наградило за неё С. И. золотой медалью.

Весною 1914 г. С. И. окончил Университет. Предложение остаться при Университете «для подготовки к профессорскому званию» С. И. отклонил, хотя оставление при Университете освободило бы его от отбывания воинской повинности. Однако С. И. счёл для себя неприемлемым оставаться при Университете, кафедры которого, после разгрома царским министром, бойкотировались лучшей частью профессуры. Объявление первой мировой войны в августе 1914 г. застало его вольноопределяющимся одного из московских гренадерских полков и очень скоро после начала войны он был направлен на фронт. В действующей армии С. И. находился в течение всей войны, неся службу главным образом в технических частях. Замечательно, что, принимая участие в боевых операциях, он не забывал науку: в походной радиолaborатории, где он работал в конце войны, он даже выполнил экспериментальное и теоретическое исследование «Частота колебаний нагруженной антенны». Работа эта была опубликована в 1919 г.

В 1918 г., вернувшись из армии, С. И. приступил к работе в созданном и руководимом П. П. Лазаревым Институте физики и биофизики Наркомздрава. Период с 1918 по 1930 г., в течение которого С. И. работал в этом Институте, был исключительно плодотворным. Пользуясь прекрасными условиями для научной работы, созданными Великой Октябрьской социалистической революцией, С. И. сосредоточил всю свою незаурядную энергию, научную одарённость и поистине гигантскую трудоспособность на научно-исследовательской работе и на преподавании в высшей школе. Область для исследования он выбрал себе самостоятельно, перейдя довольно естественным путём от фотохимии к изучению — говоря современным языком — свойств возбуждённых состояний в растворах, конкретнее — главным образом фотолюминесценции и физической оптики вообще. Несмотря на 4 года, проведённые на фронте, в 1918 г. он был уже вполне сложившимся учёным, не нуждавшимся в чьём-либо руководстве. В Институте С. И. нашёл в лице В. Л. Левшина верного ученика и сотрудника, вместе с которым он выполнил и опубликовал большое количество исследований.

Его разносторонние научные интересы и неугомонная активность находили выход в постоянных докладах на коллоквиуме Института и в многочисленных рефератах и обзорных статьях, которые он помещал в «Успехах физических наук». Педагогическая деятельность С. И. протекала в Московском университете, где с 1919 г. он состоял приват-доцентом, в Московском высшем техническом училище и в Московском высшем зоотехническом институте, где в 1920 г. он был избран профессором по кафедре физики.

В 1929 г. С. И. был избран профессором и заведующим кафедрой общей физики Московского государственного университета, а с 1930 г. — целчком перенёс свою деятельность в МГУ. Здесь он со свойственной ему энергией и увлечением занялся работой по постановке преподавания физики, развитию специального практикума, развитию научной работы. Около него быстро сплотился коллектив молодых научных работников, аспирантов и студентов старших курсов (И. М. Франк, Е. М. Брумберг, А. А. Шишловский и др.).

1931 год был поворотным годом в деятельности С. И. В этом году он был избран членом-корреспондентом АН СССР, а в следующем, 1932 г., по инициативе основателя Государственного Оптического Института (ГОИ), акад. Д. С. Рождественского, — С. И. был назначен научным руководителем этого замечательного научного учреждения. В связи с этим назначением С. И. должен был переехать в Ленинград. Однако он сохранил живую связь с Московским университетом и регулярно каждый месяц несколько дней проводил в Москве, продолжая руководить научными работами аспирантов и молодых научных сотрудников.

Деятельность С. И. в ГОИ, — этом самом мощном из немногих существующих в мире аналогичных учреждений, — была чрезвычайно широка и плодотворна. Она охватывала все стороны оптики, начиная от варки оптического стекла и расчёта оптических приборов и кончая тонкими проблемами оптики, как науки. Созданный революцией Государственный Оптический Институт выполнил гигантскую работу, послужившую прочным фундаментом для крупной советской оптико-механической промышленности, обеспечившей Советскую Армию в годы Великой Отечественной войны всеми современными оптическими приборами. В связи с работами С. И. по люминесценции, отметим создание в ГОИ новой лаборатории люминесценции, где С. И. вместе с рядом сотрудников продолжал свою научную работу в этой области. В том же 1932 г. С. И. избирается действительным членом Академии наук СССР и становится директором Физического института АН СССР. Этот институт в то время, в 1932 г., представлял собою ещё небольшую физическую лабораторию, входившую в состав Физико-математического института имени акад. В. А. Стеклова. С. И. сразу же начал энергично развивать деятельность этой лаборатории и превратил её в самостоятельный институт*).

В 1934 г., в связи с переездом в Москву Академии наук, этот институт был переведён в Москву, и здесь, на новой базе, под руководством С. И. быстро вырос в крупнейший научно-исследовательский институт по физике; по инициативе С. И. Институт получил новое имя: «Физический институт АН СССР имени П. Н. Лебедева».

Период с 1933 по 1941 г. отмечен в жизни С. И. разносторонней и напряжённой научной, научно-организационной и общественной деятельностью. Помимо руководства двумя указанными крупнейшими научными институтами, он — председатель Комиссии по изучению стратосферы при Президиуме Академии наук (1933,—1937), председатель Комиссии АН по изданию научно-популярной литературы (с 1933), член Президиума АН СССР (1935 — 1938), член Ленинградского Совета депутатов трудящихся (1935), депутат Верховного Совета РСФСР от г. Ленинграда (1938) и имеет множество других научных и общественных обязанностей.

В период Великой Отечественной войны С. И. развивает напряжённую деятельность по обороне страны. Несмотря на неудобство, связанное с тем, что ГОИ и ФИАН были эвакуированы в разные города, С. И. продолжает руководить обоими этими институтами.

* См. С. И. Вавилов, «Физический кабинет.—Физическая лаборатория.—Физический Институт Академии Наук за 220 лет», УФН, 28, 1, (1946).

Оба Института под руководством С. И. приняли активнейшее участие в разработке научных проблем, связанных с обороной страны. В 1943 г. С. И. назначается уполномоченным Государственного Комитета Обороны.

В июне 1945 г., в связи с уходом по болезни акад. В. Л. Комарова с поста Президента АН, С. И. избирается Президентом Академии наук СССР. С этого момента его деятельность, в связи с ролью Академии как главного центра, организующего и координирующего научную работу в стране, приобрела особенно широкий размах и ответственность.

Главное внимание С. И. было направлено на связь науки с запросами жизни, запросами социалистического народного хозяйства. Он заботился о развитии филиалов Академии наук СССР в национальных республиках и областях Советского Союза и о координации деятельности Академий наук союзных республик. Он развернул широкую деятельность по оказанию помощи строительству грандиозных гидроэлектростанций на Волге, Днепре и Главного Туркменского канала, лично стал во главе созданного по его инициативе Комитета содействия учёных строительству великих Сталинских строек коммунизма.

На высоком посту Президента Академии наук талант С. И., как организатора науки, развернулся в полной мере. Замечательными качествами С. И. были его исключительно широкий кругозор, способность быстро оценивать новые направления в науке, ясное понимание важнейших задач советской науки в ответственный период послевоенных сталинских пятилеток. Его неиссякаемая энергия, быстрота и замечательная отчётливость в работе позволяли ему без затруднений справляться с разнообразнейшими обязанностями, вытекавшими из его многогранной деятельности.

II

Полный обзор научных работ С. И. не входит в нашу задачу: один только перечень его печатных трудов занимает почти 50 страниц мелкого шрифта и содержит свыше 300 названий. Ограничимся поэтому лишь кратким очерком научной деятельности С. И.*).

Как уже было сказано, в начале своей научной деятельности С. И. обратился к исследованию фотолюминесценции, более специально — к фотолюминесценции в растворах. Эта область и во всей его дальнейшей деятельности была главным предметом его исследований. Подводя итоги сделанному С. И., можно сказать без преувеличения, что наиболее существенными результатами для

*) Мы не даём ссылок на работы С. И. Полная библиография его работ публикуется в т. XLIV, вып. 1 (май, 1951 г.) нашего журнала.

понимания природы этого важного явления, полученными за последние 30 лет, мы обязаны именно работам С. И. и его сотрудников.

В одной из своих ранних работ С. И. измерил абсолютные энергетические выходы флуоресценции ряда красителей (флуоресцеин, эозин, родамин В и др.). По этому поводу в то время существовали неправильные представления: думали, что лишь ничтожная доля поглощённой энергии превращается в энергию света флуоресценции. С. И. показал, что это совершенно не соответствует истинному положению. На самом деле выход флуоресценции отнюдь не мал, а в некоторых случаях он приближается к 100% (например, у натриевой соли флуоресцеина в различных растворителях выход составляет 71%). Хотя С. И. очень осторожно оценил точность своих измерений, указав, что ошибка их лежит в пределах 10%, последующие измерения других исследователей превосходно их подтвердили. Небезынтересно отметить, что за 26 лет, протекших со времени опубликования этой работы, лишь очень немногие исследователи обращались к непосредственному абсолютному измерению выхода флуоресценции подобно тому, как это сделал С. И. В подавляющем большинстве случаев выход измерялся относительно какого-либо вещества с известным выходом, причём за основу обычно брались цифры С. И.

В последующих работах С. И. исследовал зависимость выхода флуоресценции от длины волны. Оказалось, что при переходе от коротких волн к длинным энергетический выход сначала растёт пропорционально длине волны, затем на некотором спектральном интервале остаётся постоянным, а при дальнейшем увеличении длины волны (в антистоксовой области) — резко падает. Очевидно, что та область, где энергетический выход пропорционален длине волны, соответствует области применимости квантового закона эквивалентности, аналогичного фотохимическому закону эквивалентности. В самом деле, при данном количестве поглощённой энергии число поглощённых фотонов пропорционально длине волны и если эффективность каждого поглощённого фотона одна и та же, независимо от его величины (в наиболее благоприятном случае — одна высвечивающаяся молекула на каждый поглощённый фотон), то энергетический выход и должен расти пропорционально длине волны. Более сложные условия имеют место в антистоксовой области. Здесь величина испускаемого фотона больше величины фотона поглощаемого; недостаток энергии замещается из тепловой энергии окружающей среды. Можно себе представить, что начальным для поглощения состоянием будет в этом случае состояние с несколькими квантами колебательной энергии, а при испускании молекула перейдёт в состояние с меньшим запасом колебательной энергии. Вообще говоря, заранее не ясно, что квантовый выход при этом должен

уменьшиться. Если бы, однако, он сохранил то значение, какое имеет в стоксовой области, то это означало бы, что энергетический выход при определённых условиях может стать больше 100 %. Результаты С. И. показывают, что этого на самом деле нет; квантовый выход в этой области падает так, что энергетический выход всегда остаётся меньшим 100 %. Такой вывод был сделан С. И. на основании его экспериментальной работы, впоследствии неоднократно подтверждённой на более обширном эмпирическом материале его учениками. В самое последнее время (1947 г.) С. И. теоретически показал, что этот результат является неизбежным следствием основных законов термодинамики.

Очевидно, что закономерность, открытая С. И., является фундаментальной для всей энергетики процессов фотолюминесценции в растворах. По всей вероятности она остаётся в силе и для любых процессов люминесценции, хотя экспериментальных доказательств этого ещё не имеется. Понятно поэтому, что эта закономерность в литературе — нашей и зарубежной — по всей справедливости именуется законом Вавилова.

Другая серия важных работ С. И. была посвящена изучению поляризованной флуоресценции. Самое явление поляризованной флуоресценции было открыто Ф. Вейгертом. Однако в дальнейшем его исследовании ведущую роль сыграли работы С. И. и его сотрудников, особенно В. Л. Левшина и П. П. Феофилова. Явление поляризации флуоресценции в растворах состоит в следующем. Если освещать флуоресцирующий раствор линейно поляризованным светом с определённым направлением колебаний электрического вектора, то свет флуоресценции оказывается частично поляризованным в той же плоскости, что и падающий свет. Это явление в высшей степени замечательно. Изучение его открывает путь для глубокого проникновения в структуру сложных, способных к люминесценции молекул и к исследованию взаимодействия этих молекул между собой и с окружающей средой. В самом деле, представим себе, что молекулы флуоресцирующего вещества совершенно изотропны. При освещении таких молекул линейно поляризованным светом свет флуоресценции мог бы оказаться также линейно поляризованным лишь в том случае, если бы молекула в течение времени возбуждённого состояния не подвергалась никаким возмущающим влияниям. Но в конденсированной среде, какой является раствор, такие условия ни в коей мере не соблюдаются. Если тем не менее свет флуоресценции является линейно поляризованным, то это прямо указывает на то, что молекулы на самом деле оптически анизотропны и что их распределение в изотропной среде (растворитель) также анизотропно. При этих условиях свет будет поглощаться и испускаться преимущественно молекулами, расположенными определённым образом относительно направления колебаний электрического

вектора возбуждающего света — флуоресценция будет поляризованной. Она будет, однако, поляризована лишь частично, так как существуют факторы, расстраивающие поляризацию. Так, например, вращательное броуновское движение может вызвать поворот молекулы за время возбуждённого состояния и, поскольку эти броуновские вращения совершенно хаотичны, они способны полностью стереть первоначальную анизотропию распределения возбуждённых молекул. На самом деле и оказывается, что лишь в вязких (например, глицериновых) растворах влияние описанной вращательной деполяризации уменьшается настолько, что становится возможным наблюдение поляризованной флуоресценции.

Другой важный фактор, расстраивающий поляризацию флуоресценции, есть концентрация флуоресцирующего вещества. При увеличении концентрации — начиная с очень малых концентраций порядка 10^{-8} г/см³ — процент поляризации вначале остаётся неизменным, но затем начинает уменьшаться, постепенно стремясь к нулю. Это уменьшение — концентрационная деполяризация — было открыто В. Л. Левшиным и одновременно рядом других исследователей. Оно начинается ещё при таких концентрациях, когда межмолекулярные расстояния значительно превосходят газокинетические радиусы молекул, и является поэтому очень чувствительным признаком межмолекулярных взаимодействий. Именно потому, что концентрационная деполяризация начинается при столь малых концентрациях, когда обмен энергией путём непосредственных соударений молекул ещё не имеет места, она представляет собою одно из проявлений миграции энергии, т. е. передачи её на большие расстояния без растраты и без промежуточного этапа в виде излучения. Миграция энергии, проявляющаяся также в явлениях тушения флуоресценции — концентрационного и стационарными веществами, — служила предметом большого числа теоретических и экспериментальных работ самого С. И. и его сотрудников. Несомненно, что это явление передачи энергии на большие расстояния играет важную роль в разнообразных процессах, происходящих в природе. Поскольку, однако, миграции энергии в настоящем номере посвящена отдельная статья А. Н. Теренина, мы на этом вопросе здесь больше останавливаться не будем.

Одной из наиболее замечательных особенностей поляризованной флуоресценции является открытая С. И. зависимость степени поляризации от длины волны возбуждающего света. Представим себе, что возбуждающий флуоресценцию линейно-поляризованный свет с колебаниями электрического вектора, направленными по оси Z , распространяется вдоль оси X . Обозначим через I_Z и I_X интенсивности света флуоресценции, соответствующие колебаниям по осям Z и X при наблюдении вдоль оси Y ; величина

$$P = \frac{I_Z - I_X}{I_Z + I_X}$$

называется степенью поляризации или, будучи выражена в процентах, — процентом поляризации. Величина P , экстраполированная к бесконечно большой вязкости (с целью освобождения от влияния вращательной деполяризации), при возбуждении молекулы вблизи максимума длинноволновой полосы поглощения, вообще говоря, приближается к теоретическому значению для линейного осциллятора, 50%. С. И. проследил процент поляризации при возбуждении в широкой области спектра, включая ультрафиолет. Оказалось, что при уменьшении длины волны степень поляризации более или менее резко падает и — что особенно замечательно, — начиная с некоторой определённой длины волны, поляризация меняет свой знак, т. е. становится отрицательной. Это показывает, что если в длинноволновой полосе поглощения $I_Z > I_X$, то в ультрафиолете, начиная с определённой длины волны, $I_X > I_Z$. При ещё более коротких длинах волн поляризация сначала проходит через (отрицательный) минимум, а затем вновь становится положительной. Если представить графически зависимость степени поляризации от длины волны, то получается кривая, которую С. И. назвал спектром поляризации.

Совершенно очевидно, что спектр поляризации даёт весьма ценные сведения о структуре молекулы. В частности, возникновение отрицательной поляризации в определённой области спектра поглощения указывает на то, что классические осцилляторы, сопоставляемые поглощению и излучению, не совпадают между собой. Ученик С. И. П. П. Феофилов получил спектры поляризации большого числа сложных органических красителей и сопоставил их со спектрами поглощения тех же красителей. Таким путём П. П. Феофилов на ряде примеров мог показать плодотворность метода поляризационных спектров для исследования анизотропии молекул и их структуры.

Изучение спектров поляризации, как видим, естественно приводит к вопросу об элементарных осцилляторах поглощения и излучения. Вопрос о природе элементарных излучателей служил предметом обширного круга работ С. И. Обычно в качестве таких излучателей рассматриваются электрические диполи. Однако это не исчерпывает всех возможностей. Элементарный излучатель может быть также и квадруполем или магнитным диполем или вообще мультиполем высшего порядка. С. И. указал чрезвычайно изящный метод определения природы элементарных излучателей с помощью так называемых поляризационных диаграмм (термин С. И.). Оказывается, что распределение степени поляризации в зависимости от направления наблюдения и расположения электрического вектора возбуждающего света будет существенно различным, смотря по тому, какова природа элементарных поглощающих и излучающих систем. Если ограничиться только диполями и квадрупольями, то может случиться, что и поглощающая

и излучающая системы — обе будут диполями, но может случиться, что поглощающая система будет диполем, а излучающая — квадруполем. Вообще возможны четыре случая: диполь $\rightarrow$ диполь, диполь $\rightarrow$ квадруполь, квадруполь $\rightarrow$ квадруполь, квадруполь $\rightarrow$ диполь. Для всех этих четырёх комбинаций С. И. рассчитал и построил диаграммы, изображающие зависимость степени поляризации от угла наблюдения при заданном расположении электрического вектора возбуждающего света или — зависимость от расположения последнего при данном направлении наблюдения. Эти диаграммы для четырёх перечисленных комбинаций поглощающих и излучающих мультиполей, как уже было упомянуто, оказались существенно различными. Таким образом, говоря словами С. И., «поворачивая поляризационную призму, через которую проходит возбуждающий свет, и производя измерения [степени поляризации], например вдоль и поперёк возбуждающего луча, мы получаем... характерные кривые, позволяющие сделать заключения о природе элементарного поглощения и излучения в различных случаях». Аналогичные диаграммы могут быть построены для случаев, когда поглощение и излучение осуществляются магнитными диполями или комбинациями магнитных и электрических диполей.

Другой, указанный С. И., ещё более тонкий метод установления природы излучателей состоит в наблюдении интерференции пучков, расходящихся под большими углами. В элементарных изложениях многих физических вопросов нередко опускаются оговорки, весьма существенные для правильного понимания данного явления. Хорошим примером может служить интерференция. Обычно рассматриваются различные интерференционные опыты (Юнга, Френеля), но не оговаривается, что в этих опытах интерферируют пучки, очень близкие по направлению, и что при больших углах должны наблюдаться совершенно своеобразные явления. С. И. исчерпывающим образом проанализировал явления интерференции при больших углах между пучками с учётом природы элементарных излучателей. Что природа этих излучателей должна оказывать существенное влияние при больших углах и что вообще характер интерференционной картины должен зависеть от природы (точнее — мультипольности) элементарных излучателей, видно из следующих соображений. Как известно, распределение интенсивности излучения электрического диполя по направлениям не изотропно; амплитуда излучаемой таким диполем электромагнитной волны пропорциональна $\sin \vartheta$, где ϑ — угол между направлением колебаний диполя и направлением излучения. Вследствие этого, например, интенсивность излучения электрического диполя в направлении колебаний равна нулю, и максимальна при $\vartheta = \frac{\pi}{2}$. Напротив, в случае квадруполя амплитуда пропорциональна $\sin 2\vartheta$, вследствие чего квадруполь не

излучает не только в направлении колебаний, но и в перпендикулярном направлении. Легко видеть поэтому, что амплитуды двух когерентных лучей, исходящих от одного и того же излучателя в различных направлениях будут, вообще говоря, различны и притом эти различия характерны для мультипольности излучателя. В соответствии с этим меняется и «видимость» интерференционных полос, т. е. отношение разности интенсивностей в максимуме и минимуме к сумме тех же интенсивностей. Для диполя при изменении угла между лучами от 0 до 180° видимость падает от 1 до 0 ; пучки, направленные под очень большими углами, близкими к 180° , почти не интерферируют. Для квадрупольной картина ещё сложнее: при 60° видимость становится равной нулю, т. е. интерференция исчезает, а при дальнейшем увеличении угла видимость становится отрицательной, т. е. на месте светлой полосы получается темная, и наоборот. Эти своеобразные результаты теоретических расчётов для случая дипольных излучателей были подтверждены тонкими экспериментами.

Большой цикл работ С. И. и его сотрудников был посвящён исследованию явлений при предельно малых интенсивностях света. Отметим здесь прежде всего уже вошедшие в учебники работы по обнаружению флуктуаций видимого света, обусловленных его квантовой природой. Как известно, вследствие квантовой природы света, при очень малых интенсивностях, должны обнаруживаться флуктуации, обусловленные колебанием числа фотонов, которые попадают в воспринимающий прибор. Эти флуктуации различными способами обнаруживались с рентгеновскими или γ -лучами, где фотоны очень велики, а число их при одной и той же общей энергии — соответственно мало. С. И. показал, что такие же флуктуации могут быть обнаружены и с видимым светом, и с этой целью воспользовался следующими свойствами человеческого глаза: а) исключительно высокой чувствительностью (пока ещё не достигнутой ни с какими объективными устройствами) хорошо адаптированного на темноту глаза, и б) наличием резкого порога зрительного ощущения. Последнее обстоятельство, т. е. существование порога, значительно облегчает эти трудные измерения.

Опыты С. И. были поставлены таким образом, что между маленькой лампочкой накаливания, свет которой проходил через зелёный фильтр, и глазом наблюдателя располагался вращающийся диск с отверстием. Диск при своём вращении пропускал свет в течение $0,1$ сек. и задерживал его в течение $0,9$ сек. Таким образом, в глаз наблюдателя, фиксировавшийся в определённом положении слабой светящейся красной точкой, расположенной сбоку, каждую секунду попадала вспышка зелёного света. Если энергия вспышки не достигает рубежного значения, то, вследствие наличия порога, вспышки вообще не видно. Таким образом имеется очень острый качественный признак флуктуаций: вспышки либо

видны, либо не видны совсем. Видимость вспышки обусловлена числом фотонов, поглощаемых в сетчатке за время, в течение которого диск пропускает свет. Если Z — число фотонов, поглощённых во время вспышки, а n_0 — число фотонов, соответствующих порогу, то вспышка будет видна только тогда, когда

$$Z \geq n_0.$$

Благодаря этому обстоятельству наличие флуктуации числа фотонов обнаруживается тем, что наблюдатель либо видит, либо не видит вспышку. Каждый оборот диска с отверстием автоматически регистрировался отметкой на ленте хронографа; наблюдатель же в момент, когда он видел вспышку, нажимал ключ электрической цепи, и перо хронографа также отмечало вспышку. Сопоставление числа прохождений отверстий диска, т. е. числа на самом деле произошедших вспышек, с числом вспышек, которые видел наблюдатель, и позволяло судить о флуктуациях. Результаты многих сотен серий подобных флуктуационных измерений были подвергнуты затем числовому анализу по методам теории вероятностей, причём был установлен статистический характер наблюдавшихся флуктуаций, согласующийся с представлением о квантовой природе света. Были приняты во внимание всевозможные источники ошибок этих трудных измерений, в частности возможные колебания числа фотонов n_0 , соответствующих порогу под влиянием физиологических причин.

Работы по визуальному обнаружению квантовых флуктуаций светового потока, помимо своего принципиального интереса для физики, открывают новый путь для исследования глаза. Эти исследования позволили определить истинную чувствительность сетчатки на пороге зрительного ощущения, указали на некоторые особенности работы глаза в различных участках спектра и т. д.

Были выполнены также интересные наблюдения над флуктуациями двух когерентных пучков. С этой целью между вращающимся диском и глазом наблюдателя помещалась бипризма Френеля, которая разделяла световой поток на два когерентных пучка. Глаз наблюдателя видел при этом два пятна. При достижении порога оба пятна совершенно отчётливо флуктуировали независимо друг от друга и очень редко они были видны одновременно. Это вполне согласуется с корпускулярной картиной природы света и находится в резком противоречии с волновой.

Ещё отчётливее корпускулярная картина интерференции выявлялась в следующем опыте. На пути лучей вместо бипризмы ставилась двойная щель Юнга, а перед глазом располагалась линза так, что при достаточной интенсивности светового потока на сетчатке появлялась интерференционная картина. Между двойной щелью и линзой ставилась диафрагма с двумя круглыми отвер-

ствиями, которые располагались по возможности точно, соответственно в серединах тёмной и светлой соседних полос. Поэтому, когда интенсивность потока была достаточно велика, при каждом прохождении отверстия во вращающемся диске в одном (верхнем) отверстии диафрагмы появлялась вспышка, другое (нижнее) — оставалось тёмным. Если же понизить интенсивность до порожнего значения, то нижнее отверстие остаётся тёмным, а в верхнем обнаруживаются флуктуации: вспышка то видна, то не видна. Это значит, что в место, занимаемое нижним отверстием (совпадающее с серединой тёмной интерференционной полосы), фотоны не попадают совсем, а в место, занимаемое верхним отверстием, фотоны, при очень слабом потоке, попадают то в большем, то в меньшем количестве, а иногда и вовсе не попадают — светлая полоса формируется статистически: в обычных условиях интерференционного опыта она является результатом усреднения по огромному числу фотонов. Трудно придумать более наглядную иллюстрацию статистического характера интерференции!

Мы так подробно остановились на этих работах С. И. ввиду их редкого изящества и большого принципиального значения. Остановимся в заключение этого далеко не полного очерка научной деятельности Сергея Ивановича на одном из важнейших открытий, вышедших из его лаборатории в последние годы. Речь идёт об открытии особого вида свечения, за которым в нашей и зарубежной научной литературе уже утвердилось название: «излучения Черенкова». В 1933 году С. И. предложил П. А. Черенкову — в то время аспиранту Академии наук — исследовать люминесценцию под действием жёстких γ -лучей. Очень скоро, однако, обнаружилось, что, наряду с люминесценцией, γ -лучи вызывают свечение, по своим свойствам резко отличающееся от обычной люминесценции. Это чрезвычайно слабое свечение возникает во всех чистых жидкостях, его спектральный состав один и тот же в любых жидкостях, оно поляризовано так, что электрический вектор колеблется в направлении возбуждающего пучка, наконец, — его распределение в пространстве резко анизотропно: свечение направлено вперёд по ходу пучка и распространяется внутри узкого конуса, причём интенсивность его в направлении оси конуса уменьшена. Огромный опыт изучения люминесценции сразу подсказал С. И., что это свечение отнюдь не является люминесценцией. Это и было указано С. И. в заметке, опубликованной одновременно с сообщением об экспериментальных результатах Черенкова; в той же заметке С. И. высказал предположение, что свечение вызывается не самими γ -лучами, но быстрыми электронами, возникающими в среде при прохождении γ -лучей. Под этим, однако, не следует разумеать какой-либо тривиальный эффект, поскольку вообще первым результатом поглощения огромных квантов γ -лучей является выбрасывание быстрых электронов. Идея С. И. состояла в том, что излучение

связано с самими быстро движущимися электронами и потому именно его свойства почти не зависят от свойств среды, в которой возникает свечение.

Полная теория явления была дана позднее И. Е. Таммом и И. М. Франком. Её качественные основы теперь хорошо известны физикам: свечение создаётся электронами, равномерно движущимися в среде со скоростью, большей фазовой скорости света в данной среде (т. е. большей $\frac{c}{n}$); оно представляет собой электромагнитный аналог «головной волны», сопровождающей быстрое движение снарядов в воздухе и хорошо видной на фотографиях звуковых волн, возникающих при движении снарядов.

Летом 1950 г. — во время своего последнего отпуска — С. И. написал прекрасную монографию «Микроструктура света», в которой подвёл итоги некоторым из своих работ за тридцатилетний период.

С. И. никогда не замыкался в сферу проблем «чистой науки». Будучи крупным специалистом в области люминесценции, он уделял большое внимание её практическим применениям. Выполненные под руководством С. И. работы по применениям люминесценции шли по двум направлениям: 1. Люминесцентный анализ и 2. Люминесцентные источники света. В области люминесцентного анализа в руководимых С. И. лабораториях были разработаны специальные методы анализа (например, тонкий метод анализа на содержание озона в воздухе, разработанный М. А. Константиновой-Шлезингер) и аппаратура, необходимая для различного рода люминесцентных измерений. Огромная работа, предшествовавшая выпуску отечественных люминесцентных ламп, была выполнена под руководством С. И. в целом ряде учреждений (в ГОИ, во Всесоюзном электротехническом институте, в ФИАНе). Созданные в результате этой работы высокоэкономичные лампы дневного света выпускаются уже серийно и находят всё более широкое применение.

С. И. всегда придавал большое значение вопросам подготовки кадров. Множество молодых научных работников, воспитанных С. И., в настоящее время уже сами занимают руководящее положение в научно-исследовательских институтах и на кафедрах высших учебных заведений. Таковы проф. В. Л. Левшин, чл.-корр. АН СССР И. М. Франк, проф. В. А. Фабрикант, д-ра физико-математических наук Е. М. Брумберг и П. П. Феофилов, проф. М. А. Константинова-Шлезингер, Б. Я. Свешников, Н. А. Толстой и др.

III

На протяжении всей своей научной деятельности С. И. большое внимание уделял вопросам истории и философии науки. Ему принадлежит ряд работ по истории физики в нашей стране. Отметим среди них работы по истории физики в Академии наук, с

которыми читатели нашего журнала знакомы по статье С. И. «Физический кабинет.—Физическая лаборатория.—Физический Институт Академии наук за 220 лет» (УФН, 28, 1, 1946). Деятельность М. В. Ломоносова всегда служила предметом особого внимания С. И. Большой интерес представляют его статьи, посвящённые мало известным оптическим работам Ломоносова. Рассказав печальную историю «ночезрительной трубы», проект которой после спора Ломоносова с Эпинусом был положен «под академическое сукно», С. И. замечает: «В наше время ночезрительная труба (конечно, в современном виде) стала общеупотребительным военным прибором... Однако редко кому известно, что изобретателем «ночезрительной трубы» или «ночегляда» был М. В. Ломоносов». Описав построенную Ломоносовым в 1762 г. катадиоптрическую астрономическую трубу со слегка наклонным вогнутым зеркалом, С. И. обращает внимание на то, что та же конструктивная идея лежит в основе знаменитого телескопа Гершеля, построенного в 1789 г. Поэтому «давно пора называть эту оптическую систему системой Гершеля — Ломоносова».

Большое количество статей С. И. было посвящено истории развития отечественной науки в нашу советскую эпоху. Отметим здесь книгу и многочисленные статьи, посвящённые развитию науки в СССР за 30 лет, статьи, посвящённые истории Государственного оптического института.

Ряд весьма ценных работ был посвящён С. И. специально истории оптики. Благодаря его трудам у нас в СССР оптические работы Ньютона и его роль в истории оптики освещены со значительно большей полнотой, нежели на родине Ньютона — в Англии, где последнее неполное издание трудов Ньютона (частью на латинском языке) было выпущено в 1779—1785 гг. и с тех пор не повторялось! С. И. переведены на русский язык и комментированы не только «Оптика», но и мало известные и трудно доступные «Лекции по оптике», а также все специальные оптические мемуары. Им написана превосходная биография Ньютона, которая является результатом разностороннего исследования жизни, научных работ и научно-философских воззрений Ньютона и соединяет яркость и доступность изложения с основательностью и глубиной.

Этот краткий перечень даёт лишь самое бледное представление об огромном труде, вложенном С. И. в изучение, перевод и анализ трудов Ньютона в области оптики.

Большой интерес и новизну представляет работа С. И. «Галилей в истории оптики». «В истории оптики, — пишет С. И., — до сего времени Галилея в лучшем случае только упоминают в связи с его телескопом и в лучшем случае — микроскопом. Эта краткость, однако, лишь новый пример вопиющего несоответствия школьной истории и действительного процесса развития. За всё

время существования оптики как науки, время, насчитывающее тысячелетия наибольший стимул она получила именно от Галилея». Для того чтобы доказать этот тезис, С. И. пришлось проделать большую работу, так как «в научном печатном и рукописном наследстве Галилея нет ни одного сочинения, специально посвященного оптике». Исторiku науки, в качестве какового выступал в данном случае С. И., необходимо было «реконструировать дела и мысли Галилея в области учения о свете», пользуясь для этого отдельными страницами сочинений Галилея и его перепиской. Материал для этой реконструкции С. И. извлекал из так называемого Национального издания трудов Галилея. Но для того, чтобы выполнить эту трудную задачу, надо ведь было изучить досконально все 20 томов этого «Edizione Nazionale», а С. И. воспользовался этой работой, чтобы написать ещё интересные страницы об итальянских предшественниках Галилея в XVI веке, в частности, об оптических работах Леонардо да Винчи! Едва ли можно найти лучший пример для иллюстрации поразительной широты эрудиции и трудоспособности С. И., который ведь мог уделять работе в области истории науки только часы отдыха! Ограниченность места не позволяет нам пересказать хотя бы кратко содержание этой работы. Мы не имеем возможности также останавливаться на других его исторических работах, вроде яркой статьи «Физика Лукреция», посвященной детальному анализу физических воззрений этого замечательного философа-материалиста I столетия до нашей эры, дидактическая поэма которого «О природе вещей», по словам С. И., «определила многие черты мировоззрения Ньютона и Ломоносова, приводила в восторг Герцена, глубоко интересовала молодого Маркса и служила знаменем механического материализма для Л. Бюхнера».

Среди напряженной научной работы и ответственной организационной и общественной деятельности С. И. никогда не забывал о важности широкой популяризации науки. Ещё в молодости он написал прекрасную книгу «Действия света» (1922 г.), где в доступной форме излагаются классические и квантовые представления о природе действий света (фотоэффект, фотохимия, дисперсия и поглощение света). При этом ему удалось дать ясное представление и о таких сложных вопросах, которые обычно не затрагиваются в популярных изложениях (например, электронная теория дисперсии и поглощения света).

Другая популярная книга С. И. «Глаз и солнце», выдержавшая 4 издания, отличается не только доступностью изложения, но и оригинальностью постановки вопроса. Во многих отношениях поэтому она представляет интерес не только для малоподготовленного читателя, но и для специалиста. С. И. принадлежит также большое число статей в популярных журналах «Наука и жизнь», «Природа» и др.

Литературная деятельность С. И. вообще была исключительно широка и плодотворна. Для советских энциклопедий (БСЭ, ТЭ) им написано большое число статей, в том числе и таких ответственных, как статья «Физика» в 57 томе БСЭ. Он перевёл сам и редактировал ряд научных и научно-популярных книг и статей (А. Эйнштейн, «О специальной и общей теории относительности», Н. Бор, «Три статьи о спектрах и строении атомов» и многие другие).

С самого основания нашего журнала он был и до самой кончины оставался деятельнейшим его сотрудником. В опубликованном в 1947 году сводном указателе статей, рефератов и рецензий один перечень того, что сделал С. И., занимает 3 страницы. Уже на посту президента Академии наук СССР, до предела загруженный ответственной работой, С. И., как и раньше, оставался самым активным членом Редколлегии и большим другом нашего журнала.

IV

Общественная деятельность занимала большое место в напряжённом труде Сергея Ивановича, горячего патриота социалистической Родины.

Высокий научный пост президента Академии наук СССР он принял в самый захватывающий по своему историческому значению период — период перехода нашей Родины от социализма к коммунизму. В своей исторической речи перед избирателями 9 февраля 1946 года товарищ Сталин начертал великую программу строительства коммунизма и обратился к учёным с призывом «превзойти в ближайшее время достижения науки за пределами нашей страны». Призыв товарища Сталина стал программой деятельности С. И. От имени советских учёных он заявил в печати: «учёные оправдают доверие товарища Сталина» (статья под тем же названием, 1946). Руководствуясь указаниями Партии, товарища Сталина, С. И. направлял деятельность Академии на дело строительства коммунизма.

В ряде статей и сборников (сб. «Советская наука на новом этапе», 1946; сб. «Наука Сталинской эпохи», 1950; «Тридцать лет советской науки», «Наука и народ» и др.) С. И. неустанно пропагандировал глубочайшие идеи и указания товарища Сталина об особенностях социалистической науки, о её связи с народом, о единстве теории и практики, о значении науки в деле построения коммунизма, о методах развития советской науки через свободные дискуссии, через развёртывание критики и самокритики. Эти идеи и указания вождя С. И. стремился осуществить на деле. Вместе с тем С. И. показывал образ товарища Сталина как величайшего гения науки («Научный гений Сталина» и др.).

Немало энергии уделял С. И. вопросам связи науки с промышленностью, внедрения достижений науки в практику социали-

стического хозяйства, что нашло своё отражение в ряде его статей («Перестройка фотопромышленности — задача дня», 1935; «Советская наука и народное хозяйство» и др.).

В ряде философских статей Сергей Иванович показал творческую роль диалектического материализма в развитии современной физики («Торжество диалектико-материалистического учения», 1937; «Новая физика и диалектический материализм», 1938; «В. И. Ленин и современная физика», 1944, 1947; «Развитие идеи вещества», 1941 и др.) и подверг острой критике зарубежных учёных (Эддингтон, Джинс), скатившихся на позиции идеализма. Тем самым С. И. подал практический пример того, как советский учёный должен сочетать деятельность в своей специальной области науки с изучением марксизма-ленинизма и применением его к конкретным научным проблемам.

Важнейшие события в жизни страны находили немедленное живое отражение в политических статьях С. И., в его докладах перед широкими аудиториями («Фашисты показывают свою природу людоедов», 1938; «Горестная утрата» (о злодейском убийстве С. М. Кирова), «Друг науки» (о А. А. Жданове) 1948; и др.). Нечего и говорить о том, что на каждое крупное событие в культурной жизни страны, — связано ли оно с наукой, литературой или искусством, — С. И. откликался выступлением, всегда интересным, содержательным и оригинальным.

Сергей Иванович являлся пламенным борцом за мир. В своей статье «Науку на службу делу мира» (1949) он писал «Долг совести и чести учёных и интеллигенции вообще всеми доступными нам мерами воспрепятствовать капиталистическому подчинению науки целям подготовки войны против свободных демократических стран. Объединение учёных в благородных и великих целях положить конец использованию науки для подготовки новых войн — одно из важных средств политики мира».

В 1949 году Совет Министров Союза ССР назначил Сергея Ивановича главным редактором второго издания Большой Советской Энциклопедии. Сколь огромно общественно-политическое значение этого дела, видно из поставленных перед Энциклопедией задач: второе издание БСЭ имеет целью широко осветить решающие победы социализма в нашей стране, достижения СССР в области экономики, культуры, науки и искусства, убедительно и полно показать превосходство социалистической культуры над загнивающей культурой капиталистического мира, опираясь на марксистско-ленинскую теорию, разоблачить империалистическую агрессию и дать партийную критику современных реакционных буржуазных течений в различных областях науки, техники, культуры.

Сергей Иванович был одним из инициаторов организации Всесоюзного общества по распространению политических и научных знаний. В качестве председателя этого общества он отдавал

много энергии делу поднятия культуры, политического и научного просвещения широчайших масс населения.

С. И. неоднократно избирался депутатом в руководящие советские органы (в Ленинградский городской совет депутатов трудящихся в 1935 г., Верховный Совет РСФСР в 1938 г., Верховный Совет СССР в 1946 г.). В последнее время С. И. являлся депутатом Верховного Совета СССР и Московского городского совета депутатов трудящихся. На всех общественных и государственных постах он сохранял самую тесную связь со своими избирателями.

Выдающаяся научная и научно-организационная деятельность С. И. неоднократно отмечалась высокими правительственными наградами. В 1939 году он был награждён орденом Трудового Красного Знамени «за выполнение правительственных заданий и освоение новых образцов вооружения и укрепление боевой мощи Красной Армии и Военно-Морского флота». В 1943 году последовало награждение орденом Ленина «за успешную работу по развитию отечественной оптико-механической промышленности, выполнение заданий Правительства по разработке новых образцов оптических приборов», а в 1945 году — награждение вторым орденом Ленина в связи с 220-летием Академии наук «за выдающиеся заслуги в развитии науки и техники».

Научные работы С. И. дважды удостоивались Сталинских премий: первый раз в 1943 году за работы в области люминесценции и квантовых флуктуаций света и второй раз (совместно с И. Е. Таммом, И. М. Франком и П. А. Черенковым) — за открытие нового вида излучения.

Сергей Иванович скончался...

Он ушёл в расцвете творческих сил, в разгаре своей научной и организационной деятельности. До последней минуты он оставался на посту, несмотря на тяжёлую болезнь, быстро, слишком быстро приведшую к роковой развязке.

Сергей Иванович умер, но память о нём не умрёт. Советский народ будет свято хранить память о талантливом учёном, все свои силы отдавшем служению Родине, процветанию её науки, великому делу строительства коммунизма. Образ всем нам дорогого Сергея Ивановича останется для нас живым, он будет служить нам примером и вдохновлять нас на неустанный труд для блага нашей великой Родины.
