

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ А.Ф. ИОФФЕ



И. Е. РУБИНИН

**ЛЮБИМОЕ ДЕЛО: ПИСЬМА СТУДЕНТА
П. Л. КАПИЦЫ, 1916—1919 гг.**

Э. В. БУРСИАН

ВИКТОР РОБЕРТОВИЧ БУРСИАН

В. Я. ФРЕНКЕЛЬ

**ЯКОВ ГРИГОРЬЕВИЧ ДОРФМАН
(МАТЕРИАЛЫ К БИОГРАФИИ)**

Б. П. ЗАХАРЧЕНЯ

**ЕВГЕНИЙ ФЕДОРОВИЧ ГРОСС —
УЧЕНЫЙ И ЧЕЛОВЕК**

1986

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

ОРДЕНА ЛЕНИНА ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ИМЕНИ А. Ф. ИОФФЕ

ЧТЕНИЯ ПАМЯТИ А. Ф. ИОФФЕ

1986

Сборник научных трудов

Ответственный редактор
академик В. М. ТУЧКЕВИЧ



ЛЕНИНГРАД
«НАУКА»
ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1988

Э. В. Бурсиан

ВИКТОР РОБЕРТОВИЧ БУРСИАН

1. БИОГРАФИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Виктор Робертович Бурсиан — один из основателей советской школы теоретической физики родился 6 января 1887 г. [1]. Его отец Роберт Робертович Бурсиан был видным петербургским врачом, специалистом по массажу и лечебной физкультуре, работавшим одно время вместе с П. Ф. Лесгафтом, известным биологом и анатомом, основателем физкультурного образования в России. Р. Р. Бурсиан был человеком замкнутым и суровым, но в петербургских медицинских кругах к нему относились с большим уважением, как к врачу очень высокой квалификации. Умер он в январе 1942 г. в блокадном Ленинграде. Мать Виктора Робертовича Анна Антоновна Вальтер — дочь Антона Вальтера, семья которого дала целую плеяду известных в России, а затем в СССР ученых; среди них, в частности, харьковский физик-атомщик академик АН УССР А. К. Вальтер и член-корреспондент АН СССР А. Ф. Вальтер. Анна Антоновна была очень приветливым, добрым человеком, что вообще являлось характерной чертой семьи Вальтеров. Умерла еще до революции.

В. Р. Бурсиан в 1904 г. окончил с золотой медалью известную в Петербурге гимназию «Анненшule», в которой преподавание всех предметов велось на немецком языке [1]. В том же году он поступил на физико-математический факультет Петербургского университета. В 1906 г. два семестра обучался в Германии в Университете г. Тюбингена, куда был приглашен крупным немецким физиком Ф. Пашеном. По окончании Петербургского университета в 1910 г. Бурсиан был оставлен при кафедре физики до 1913 г. Одновременно он вел практические занятия по физике в учебных лабораториях в качестве сверхштатного, а затем штатного лаборанта в Политехническом институте. В 1916—1918 гг. сдал испытания при университете на степень магистра физики. В 1918 г. был приглашен в Политехнический институт читать курс физики, о чем сохранился соответствующий документ [1]:



Виктор Робертович Бурсиан.

«31 августа 1918 г.

Милостивый государь
Виктор Робертович!

Вследствие того что до настоящего времени проф. В. В. Скобельцын и А. Ф. Иоффе не возвратились из отлучки и относительно срока их возвращения нет никаких сведений, я очень прошу Вас не отказать продолжать начатый Вами курс физики, так как всякие остановки и задержки в преподавании в настоящее время, при очень тяжелых условиях существования для студентов, весьма нежелательны.

Примите уверение в совершенном уважении и преданности.
Декан электромех. отделения А. Вульф.»

С 1919 г. Бурсиан начал преподавательскую деятельность в Петроградском университете, где был избран доцентом по кафедре теоретической физики [2]. Одновременно получил приглашение на кафедру теоретической физики физико-механического факультета Политехнического института, был одним из организаторов этого факультета, первым заведующим кафедрой теоретической

физики [3]. В 1918 г. при основании Иоффе Физико-технического института Бурсиан стал в нем первым ученым секретарем, а затем был назначен первым руководителем теоретического отдела института. В этих должностях он проработал в Физико-техническом институте до 1932 г. [4].

Начиная с 1932 г. Бурсиан — профессор и заведующий кафедрой теоретической физики Ленинградского государственного университета. В 1933 г. при основании Научно-исследовательского физического института ЛГУ был назначен на должность заместителя директора НИФИ по научно-исследовательской части; с 1934 г. стал его директором. Одновременно он продолжал преподавать теоретическую физику в ЛГУ и с 1933 г. занял место декана физического факультета. В 1934 г. утвержден в ученой степени доктора физико-математических наук [2]. В 1932 г. был приглашен в Военно-электротехническую академию на должность профессора (по совместительству).

Бурсиан был председателем Отделения физики Русского физико-химического общества, состоял членом Российской ассоциации физиков, принимал участие в организации ее съездов. Он являлся членом Атомной комиссии при Государственном оптическом институте (председатель Д. С. Рождественский), первое заседание которой состоялось 21 января 1920 г. На I съезде Российской ассоциации физиков (Москва, сентябрь 1920 г.) он делает отчет о работе Атомной комиссии.

В 1926 г. Бурсиан был командирован в Германию (Геттинген), где в это время работали Я. И. Френкель, Ю. А. Крутков и другие советские физики [5].

В 1929 г. Виктор Робертович женился на Алисе Адольфовне Ферхман (физик, работала в лаборатории А. А. Лебедева). В 1929 и 1931 гг. у них родились два сына, один впоследствии стал физиком, другой — физиологом.

Сохранилось составленное неизвестными авторами «Представление кандидатуры проф. В. Р. Бурсиана для избрания его в действительные члены Академии наук СССР» (1929—1936 гг., точнее установить дату не удалось), в котором, в частности, сказано:

«Свою совершенно исключительную эрудицию в области теоретической физики В. Р. Бурсиан использовал за последние годы своей творческой работы для разрешения наиболее сложных проблем геофизической разведки. . . Дальнейшее плодотворное и совершенно для страны необходимое развитие этих работ требует, чтобы эта отрасль точных наук была представлена в Академию действительным членом. Единственным кандидатом по своим трудам, своей эрудиции и уже сделанной практической работе является В. Р. Бурсиан» [6].

По-видимому, в связи с этим Л. И. Мандельштам пишет в июне 1929 г.:

«Работы В. О. Бурсиана, являющегося выдающимся теоретиком, относятся к разнообразным областям теоретической физики. Вопросы, поставленные в них, существенны, и им дается интерес-

ное и точное обоснованное решение». Далее следует разбор работ. И в заключение:

«Я хотел бы коротко остановиться на работах В. Р. Бурсиана, относящихся к электроразведке. Дело идет о вопросе весьма большой практической важности, а именно о разработке методов, позволяющих определять место подземного залегания руд при помощи электрических и магнитных измерений на поверхности земли. . .

. . . Не могу не отметить, что, по моему мнению, В. Р. Бурсиан, будучи выдающимся ученым, является в то же время и чрезвычайно ценным педагогом высшей школы, умеющим совмещать научную строгость с ясностью и доступностью изложения».

Однако нашелся кто-то в чьих интересах было помешать этой деятельности. В октябре 1936 г. профессора ЛГУ В. Р. Бурсиан, В. К. Фредерикс, Ю. А. Крутков и П. И. Лукирский, которых помимо общей работы связывала тесная личная дружба, были арестованы по ложному доносу. При этом пропали почти все рукописи начатых Бурсианом работ. Известно только, что среди них были и готовые к опубликованию исследования по ценным химическим реакциям, гиротропии и электроразведке. Умер В. Р. Бурсиан 15 декабря 1945 г. В 1956 г. посмертно реабилитирован [1, 6].

2. НАУЧНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

Научную работу Бурсиан начал еще будучи студентом. В 1907 г. он сделал доклад «Об аномальной дисперсии в парах натрия». Им был воспроизведен и описан опыт А. Леру (1862 г.) по наблюдению аномальной дисперсии. Виктор Робертович демонстрирует его «в заседании Отдела физики I Менделеевского съезда 24 декабря 1907 г.» [7]. Это была его первая (и единственная) экспериментальная работа. Остальные исследования, если не считать трудов по геологоразведке, посвящены теоретической физике. Всего Бурсиан за сравнительно короткий срок (с 1908 г. по 1936 г.) опубликовал 45 научных статей, 2 монографии и 3 капитальных учебника по теоретической физике [7—56]. Его фундаментальная монография «Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке» [46, 56] не потеряла своего значения для геофизики в течение последующих десятилетий и была переиздана в 1972 г. [57].

Бурсиан был физиком-теоретиком широкого диапазона, простиравшегося от чисто математических исследований по вычислениям интегралов от функций Бесселя до выяснения природы химических сил взаимодействия молекул. Наиболее известны из числа его ранних работ исследования по термоэлектронной эмиссии и прохождению тока через вакуум. К этому актуальному на заре развития радиоэлектроники вопросу обращался Бурсиан несколько раз, начиная с 1919 г. [21, 26, 30, 42]. Впервые влияние объемного заряда на прохождение тока в пустоте рассмотрел Ленгмюр. Однако он полагал начальные энергии всех электронов рав-

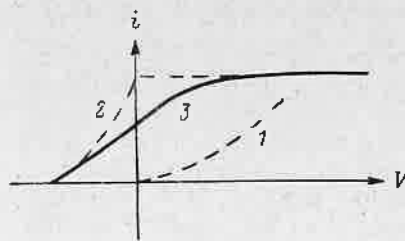


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика термоэмиттирующего катода.

1 — по Лентгюру; 2 — с учетом начальных скоростей электронов, но без учета объемного заряда; 3 — по Бурсиану.

плыми нулю. Естественно, что кривая $i(V)$ в этом случае начиналась при нулевом напряжении (рис. 1, кривая 1). Бурсиан учитывает распределение начальных скоростей электронов по Максвеллу и выводит кривую 3 с потенциалом задержки, соответствующую экспериментальным данным. Полученное им еще в 1919 г. строгое решение этой задачи и сейчас лежит в основе эмиссионной электроники, особенно в случаях малых ускоряющих или задерживающих потенциалов V . На базе этой работы и при непосредственном участии Бурсиана велись более поздние исследования по измерению скоростей фотоэлектронов при внешнем фотоэффекте (метод сферического конденсатора Лукирского и Прилежаева [58]).

В 1923 г. Бурсиан в совместной работе с В. И. Павловым решает еще одну интересную задачу о влиянии объемного заряда на ток в электровакуумных приборах. Допустим, сетки A_1 и A_2 имеют одинаковый потенциал относительно катода K (рис. 2, а). Движение электронов на участке A_1A_2 не будет равномерным. Учет объемного заряда, создаваемого самим потоком, ведет к возникновению задерживающего поля вблизи A_1 и ускоряющего — около A_2 . Так был объяснен опыт Павлова, в котором наблюдалось свечение газа вблизи сеток A_1 и A_2 . Но Бурсиан, построив теорию этого эффекта, обнаруживает теоретически еще одно интересное явление: при достаточно большой плотности тока наступает его неустойчивость. Этот результат сейчас известен всем, занимающимся физической электроникой, и называется он эффектом Бурсиана. С ним сталкиваются каждый раз, когда надо пропустить моноэнергетический пучок электронов через цилиндр с эквипотенциальными стенками (рис. 2, б) в ускорителях или других электронных устройствах.

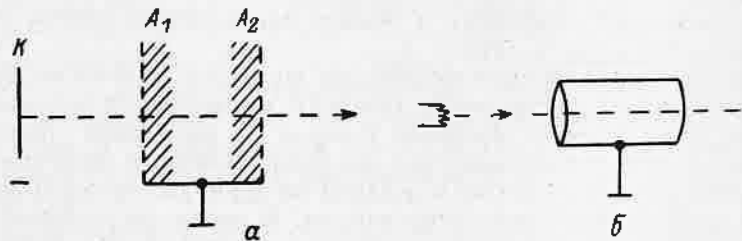


Рис. 2. К эффекту Бурсиана при плотных потоках электронов в электровакуумных приборах.

Заштрихованы области замедления и ускорения электронов.

Известный специалист по электронным пучкам М. В. Незлин в своей книге посвящает этому эффекту первые параграфы, он пишет:

«... Это явление очень напоминает хорошо известный закон трех вторых для электронных ламп, описывающих ограничение тока. . . Однако при всей кажущейся на первый взгляд идентичности. . . между этими двумя случаями имеется принципиальное отличие. . . В последнем случае ограничение тока наступает скачком вследствие неустойчивости, развивающейся за протекшие времена. Эта неустойчивость носит имя В. Р. Бурсиана.

... Соотношение для порога неустойчивости предельного тока Бурсиана I_B . . . :

$$I_{\text{мкс}} = I_B = \frac{2}{3\sqrt{3}} \left(\frac{2e}{m} \right)^{1/2} \frac{V_{03/2}}{1 + 2 \ln(R/a)},$$

где V_0 — потенциал цилиндра относительно катода, R — радиус цилиндра, а a — радиус пучка» [59].

В течение последующих 20 лет существовало заблуждение, что «бурсиановское ограничение» удастся преодолеть, однако работы по подавлению этой неустойчивости ведутся до сих пор (использование многокомпонентной плазмы, снятие ограничения пучка в радиальном направлении, подача распределенного потенциала на стенки цилиндра и т. д.).

В 1928 г. Бурсиан предлагает, обсуждая известные работы Ричардсона, Дешмана и Бриджмена, свой вариант вывода формулы Ричардсона—Дешмана, получая, как и Дешман, T^2 перед экспонентой, а не $T^{1/2}$, как было у Ричардсона. Это вызывает интересную дискуссию, в которой принимают участие Я. И. Френкель, П. И. Лукирский, А. Н. Фрумкин, И. Е. Тамм и А. Ребиндер [37].

Другим важным циклом работ Бурсиана были исследования, посвященные теории дисперсии и гирации [29, 31]. Гирация связана с наличием в оптически активной среде тензора гирации третьего ранга γ_{ijl} (следствие молекулярных винтов вдоль направления распространения света, т. е. пространственной дисперсии):

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_{ij}(k, \omega) &= \epsilon_{ij}(0, \omega) + i\gamma_{ijl}k_l, \\ D_i &= \epsilon_{ij}(0, \omega) E_j + \gamma_{ijl} \partial E_j / \partial x_l, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где k — волновой вектор света, распространяющегося вдоль направления x_l .

Микроскопическая теория в то время только строилась (работы М. Борна [60]). В 1926 г. Бурсиан совместно с Тиморевой [29] показывает, что работа Борна нуждается в существенном дополнении. Борн не принял во внимание магнитный момент молекул, которым, как показал Бурсиан, ни в коем случае нельзя пренебрегать. Таким образом, окончательные формулы для угла вращения были изменены. Бурсиан показал далее совместимость выведенных им соотношений с законом сохранения энергии.

В работе [29] был реализован хотя и микроскопический, но еще классический (неквантовый) подход. Чуть позднее, но тоже в 1926 г., Бурсиан приступает к рассмотрению квантовой теории дисперсии [31]. Последняя большая работа по гирации осталась неопубликованной [6]. Теперь обычно пользуются иным подходом для описания гирации [61, 62]. Он более современен и отличается от предложенного Бурсианом. К сожалению, в [61, 62] нет ссылок на [29, 31].

В работе [34] (перевод — [35]) «О вычислении средних значений в электронной теории Лоренца» предложен новый способ определения средних значений плотности зарядов и токов. Эта задача возникает при переходе от микроуравнений к макроскопическим уравнениям Максвелла. Идея связана с введением малого параметра (отношение микромолекулярных размеров к макроскопическим длинам) и разложением по нему всех величин в ряд Лагранжа. Рассмотрено разложение плотности заряда (до второго порядка включительно, дипольное и квадрупольное приближение) и среднего значения четырех-тока новым способом. В заключении рассмотрены также некоторые частные случаи, известные из других работ (и полученные другим способом). Автор отмечает, что, хотя его результаты совпадают с известными, предложенный метод более прост и позволяет находить решения во всех порядках. Показывается, что результаты Борна, относящиеся к ориентированным молекулам, следует пересмотреть и дополнить учетом магнитного момента, что, как отмечалось выше, связано с появлением вращения плоскости поляризации.

С 1913 по 1923 г. Бурсиана волновала чрезвычайно актуальная в то время проблема интерференции рентгеновских лучей, находившаяся в направлении исследований Иоффе и Эренфеста [13—15, 18—20, 23]. Его работы начинаются с обзоров, где подробно анализируется открытие Лауэ, исследования У. Х. и У. Л. Брэггов, а также опыты М. М. Глаголева. В статье [19] дается расчет коэффициента полезного действия при трансформации энергии рентгеновских лучей посредством флуоресценции, в [20] — влияние деформации кристалла на интенсивность максимумов дебаеграммы.

Получила в дальнейшем развитие и работа Бурсиана 1919—1922 гг. «О распределении интенсивности рентгеновских лучей, которые проходят через систему ориентированных атомов и молекул» (доложена на заседании Института рентгенологии и радиологии в мае 1919 г., опубликована в 1922 г. [23]). Как известно, для системы неориентированных частиц этот вопрос был в 1915 г. решен Эренфестом и Дебаем [63, 64]. Бурсиан показывает, как возникновение порядка в прямом пространстве (ориентация) ведет к особенностям в обратном пространстве (экран с дебаеграммой), и дает формулы для точного расчета. Относительно возможности применения монохроматических рентгеновских лучей к исследованию ориентировки частиц и основного типа их структуры в работе говорится следующее.

«1. Этот метод вряд ли может быть применен в случае слабой ориентировки, какую можно ожидать в случае магнитной поляризации парамагнитных тел, электрической поляризации веществ, молекулы которых имеют постоянные диполи, что могло бы послужить непосредственной проверкой гипотезы Ланжевена о причине электрического и магнитного двойного лучепреломления.

2. Зато можно предвидеть успех во всех тех случаях, когда ориентировка окажется полная или почти полная, что ожидается, например, при намагничивании до насыщения и в анизотропных жидкостях (жидких кристаллах). В таких случаях картина должна быть сильно асимметрична, причем существенно различна для преимущественно осевого или экваториального расположения рассеивающих центров, так что можно надеяться таким путем обнаружить этот основной характер структуры».

Результаты этих исследований, в которых принимал участие и В. А. Фок, используются до сих пор (хотя и в иной форме и без ссылок на первые работы Бурсиана и Фока; см., например, [65]).

Работа «О получении мировой линии электрона из вариационного принципа» [32] (перевод — [33]) посвящена определению релятивистски инвариантного уравнения движения электрона во внешнем поле вариационным способом.

В статье [32] подробно обсуждается несколько технически различных способов варьирования действия, после чего приводится правильное выражение для функции Лагранжа:

$$L = -mc \frac{ds}{dt} + \frac{e}{c} A_k \frac{dx_k}{dt}, \quad (2)$$

где, как обычно, $ds = [c^2 dt^2 - dr^2]^{1/2}$, а A_k — четырехмерный потенциал поля. Будучи записанной в трехмерных обозначениях, L переходит в известный вид трехмерной функции Лагранжа:

$$L = -mc^2 \sqrt{1 - (v^2/c^2)} + (e/c) Av - es. \quad (3)$$

В настоящее время во всей учебной литературе при отыскании уравнений движения вариационным способом функция Лагранжа берется в виде (2). Ряд технических деталей, обсуждавшихся в статье, можно найти, например, в книге [66].

В начале века физики-теоретики считали себя обязанными рассматривать любые физические ситуации, в том числе, возникающие в смежных с физикой областях (химия, техника). Такая энциклопедичность характерна и для Бурсиана. Одна из серий его работ посвящена природе сил химического сродства [21, 43, 44]. Продолжая известные работы Борна, Ланде, Косселя и Маделунга, он разрешает так называемый парадокс Сюзерленда. В то время Сюзерлендом была получена формула для эффективного диаметра молекулы p_0 :

$$p^2 = q^2 [1 - U(q)/E], \quad p_0^2 = q_0^2 [1 - U(q)/E], \quad (4)$$

где p — прицельное расстояние, q — координата приближающейся молекулы относительно неподвижной, q_0 — перигелий,

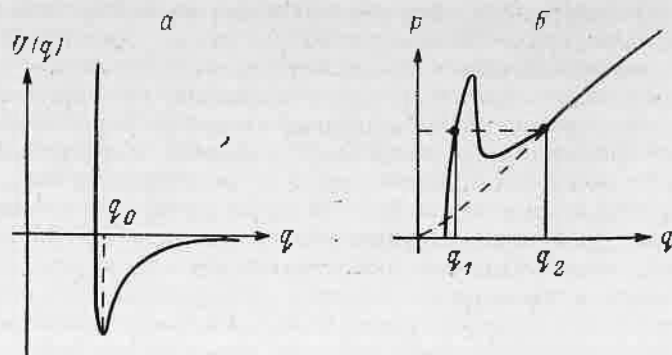


Рис. 3. Потенциальная энергия молекулы в зависимости от расстояния до другой молекулы (а) и неоднозначная зависимость между прицельным расстоянием p и координатой перигелия (б).

$U(q)$ — потенциальная энергия (рис. 3, а), E — полная энергия налетающей молекулы. Однако в этой формуле содержалось противоречие: в области очень больших по абсолютной величине и отрицательных значений $U(q)$ значение p_0 получается нереально большим. Бурсиан показывает, что связь между p и q неоднозначна (рис. 3, б). При заданном p реализуется только q , больше q_2 или меньше q_1 (финитное движение), а участок $q_1 q_2$ — область запрещенных перигелиев.

В реализации исследований физики горения и взрыва (работы Н. Н. Семенова и его школы) и, естественно, для зарождавшейся в то время ядерной физики (И. В. Курчатов) сыграли определенную роль работы Бурсиана по теории цепной реакции (первая работа — с В. Сорокиным [42], вторая осталась неопубликованной [6]).

Полученные соотношения подтвердили в основном более ранние выводы Семенова, сделанные элементарным путем (Семепов использовал формулу из теории броуновского движения). Возникло сомнение в надежности такого подхода. Бурсиан и Сорокин построили математически строгую теорию цепной реакции, в том числе для случаев ветвления цепи. Были получены выражения для стационарной конечной скорости реакции и для временного нарастания скорости. Рассмотрены реакторы, ограниченные двумя бесконечными стенками, цилиндрической и сферической поверхностями.

Мы здесь не коснулись исследований Бурсиана по термодинамике [16, 24], статистике [28], использованию интерференции света для сравнения эталонов длины [54] и некоторых других работ.

Бурсиан был физиком-теоретиком, типичным кабинетным ученым. Однако когда в 20-х гг. был провозглашен призыв к физикам принять участие в хозяйственном строительстве, Виктор Роберто-

вич отклоняется на него так, как это было свойственно его натуре: основательно, с полной отдачей сил.

Он вместе с Л. И. Мандельштамом и Б. Л. Розингом участвует в работе комиссий по оценке изобретений первых электронных систем телевидения в СССР. В архивах удалось обнаружить ¹ его отзывы о создававшихся в то время установках «радио-телефот», «люминоатрон» и др. [67].

Однако главным делом Бурсиана стало участие в разведке полезных ископаемых на территории СССР.²

3. РАБОТЫ ПО ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Свою деятельность в области разведочной геофизики Бурсиан начал в период зарождения и формирования этого нового направления в геологии. В 1923—1924 гг. в Ленинграде были созданы две первые геофизические организации — Институт прикладной геофизики и геофизическая секция при Геолкоме, в которую Бурсиан был приглашен для организации и руководства электроразведочными исследованиями. Ученый с большим опытом исследовательской и педагогической работы, Бурсиан сумел в короткий срок подобрать и организовать коллектив сотрудников и создать электроразведочный отдел. В отделе одновременно развивались исследования по разработке теоретических основ методов электроразведки, велись аппаратные разработки и в широких масштабах ставились полевые работы. Уже в течение первых лет своей деятельности электроразведочный отдел занял в секции ведущее место.

Параллельно с развитием работ в геофизической секции под руководством Бурсиана велись теоретические и экспериментальные исследования в лаборатории электрометрии НИФИ. К этим работам Бурсиану удалось привлечь своих коллег Фока и Фредерикса, причем Фредерикс принимал участие не только в расчетах, но и в работе экспедиций.

Основное внимание руководимых Бурсианом коллективов в течение первых 5—6 лет было сосредоточено на разработке методов электроразведки переменным током: «эквипотенциальных линий», «интенсивности» и «индукции».

Суть всех методов заключается в том, что на заземления или на кабели, проложенные на поверхности земли, подается постоянное или переменное напряжение. Далее исследуется топография электрических и магнитных полей на поверхности. Отклонения от нормальных (вычисленных теоретически при условии однородного заполнения подповерхностного полупространства) распре-

¹ За это автор благодарен Л. М. Чиж.

² Ниже использован материал очерка, написанного известным геофизиком, профессором ЛГУ А. С. Семеновым [68].

делений свидетельствует о залегании под землей неоднородных пород. В зависимости от того, какая из трех величин (σ — электропроводность, ε — диэлектрическая проницаемость или μ — магнитная проницаемость) является характерной для разведываемых залежей, удобнее применять статические или переменные, электрические или магнитные поля.

В течение первых двух лет сам Виктор Робертович занимался главным образом разработкой метода эквипотенциальных линий, который вскоре стал первым методом электроразведки, получившим широкое производственное применение в нашей стране. С 1925 г. этот метод начал применяться для поисков месторождений меди и других металлов на Урале, Рудном Алтае, в Казахстане и в других рудных районах. Геолого-разведочными партиями, работавшими под руководством Бурсиана, с помощью метода эквипотенциальных линий были открыты крупные медноколчеданные месторождения на Урале — линза Электрическая, Левиха IX и др.

Разработкой метода интенсивности вместе с Бурсианом занимался Фредерикс. С 1926 г. этот метод стал одним из ведущих в рудной электроразведке. В 1929 г. Бурсиан и Фредерикс привлекли к сотрудничеству с геофизической секцией Геолкома Физико-технический институт, в котором в течение 1929—1930 гг. была разработана первая типовая отечественная геофизическая аппаратура — приемные рамки и ламповые вольтметры для метода интенсивности. В самом начале 30-х гг. стал применяться метод индукции, разработанный И. Г. Михайловым под руководством Бурсиана.

В решении некоторых задач теории методов электроразведки переменным током, как уже указывалось, принимал участие Фок. Решенная им совместно с Бурсианом задача об электромагнитном поле заземленной линии с током и теперь является основной в теории некоторых методов электроразведки переменным током.

Наряду с организационной, педагогической и исследовательской работой в университете Бурсиан продолжал свою деятельность в качестве научного руководителя и консультанта в научно-исследовательских геофизических учреждениях — Геофизическом институте (1930 г.) и геофизическом секторе ЦНИГРИ (1931 г.), образованных на базе геофизической секции Геолкома и Института прикладной геофизики, и в геофизическом отделе Нефтяного института.

С начала 30-х гг. наряду с георазведочными работами методами переменного тока, имевшими в то время узкорудную направленность, все большее значение приобретают методы электроразведки постоянным током. Последние стали применяться в нефтяной геологии, при поисках угольных месторождений и в инженерной геологии. В этот период методы электроразведки постоянным током стали основным предметом исследования Бурсиана. Занимаясь главным образом разработкой теоретических вопросов, он одновременно руководил методическими и полевыми работами, свя-



В. Р. Бурсиан (второй слева) с участниками геолого-разведочной экспедиции, 1929 г.

занными с применением методов электроразведки постоянным и переменным током, в геофизических учреждениях.

Бурсиану пришлось принимать участие в экспедициях и даже лично руководить некоторыми из них, что было для него трудно: он не был физически здоровым человеком. Особенно тяжело перенес Бурсиан экспедицию в жаркий район Каспия. Приведем, возможно, неполный перечень экспедиций с его участием:

1928 г. — Урал, Барабинск, село Тисуль, Кузнецкий Алатау;

1929 — Астрахань, Жилая Коса, Гурьев, Каратон;

1931 — Свердловск, Рудлика около Нижнего Тагила (поиск медного колчедана);

1932 — Кузбасс, Проппевск за Новосибирском (углеразведка);

1933 — Баку, Сурахин (разведка нефти).

Результаты своих исследований по электроразведке постоянным током Бурсиан обобщил в монографии, изданной в 1933 г., которая была первым в мировой литературе фундаментальным учебником по электроразведке. Он, как указывалось выше, до сих пор остается непревзойденным по своей полноте и строгости руководством по теории электроразведки постоянным током.

В 1936 г. вышел в свет первый выпуск цикла лекций Бурсиана по теории переменных полей, в котором содержатся основы теории переменных электромагнитных полей в земле и полная теория поля переменного тока в бесконечном прямолинейном кабеле, лежащем на поверхности земного полупространства.

В начале 30-х гг. при разведке нефтяных и угольных месторождений стали применяться электрические методы исследования буровых скважин — каротаж. Бурсианом была поставлена фундаментальная задача по теории каротажа сопротивления, решение которой дал Фок. Так были созданы теоретические основы одного из ведущих методов каротажа. С разработкой теории этого метода, основанного на изучении естественных электрических полей, в НИФИ под руководством Бурсиана проводились экспериментальные и теоретические исследования по изучению фильтрационных и диффузионных полей в дисперсных средах. Теорию этих полей разработал Бурсиан.

Перечень опубликованных работ Бурсиана по затронутым вопросам приведен в списке литературы [27, 38, 40, 46—48, 50, 53, 56].

Многое, созданное Бурсианом, к сожалению, не получило отражения в печати и осталось лишь в памяти или конспектах лекций его учеников. Так, например, подготовленная к печати ценнейшая рукопись второго выпуска теории переменных электромагнитных полей оказалась полностью утерянной.

Велика роль Бурсиана в организации высшего геофизического образования и подготовке молодых специалистов в вузах нашей страны. При его активном участии определялись профили и вырабатывались учебные планы первых геофизических специальностей. Им, одним из первых, была предложена и обоснована схема подготовки геофизиков по двум профилям — инженеров-геофизиков в горных институтах и физиков-геофизиков в университетах.

4. ЛЕКЦИИ И СЕМИНАРЫ. УЧЕНИКИ И КОЛЛЕГИ

В связи с ранним, вынужденным прекращением научной деятельности Бурсиан успел до 1936 г. сделать в теоретической физике меньше своих коллег. Однако в памяти большинства ведущих советских физиков он остался крупнейшим просветителем самого высокого уровня. Главной чертой его характера была доброта и как человека и как ученого. Его всегда не столько заботили собственные результаты в теоретической физике, сколько привлечение к этой науке молодых и способных ученых, введение их в курс самых последних революционных и трудно воспринимаемых событий, происходивших в то время в физике. Достаточно назвать только некоторые из его лекций, сообщений, докладов:

1909 г. — «Опыт Майкельсона и его значение для теории оптических явлений в движущихся телах» [8];

1911 — «Новые исследования в области больших длин волн» [10];

1913 — «Интерференция рентгеновских лучей» [13];

1919 — «Метод получения спектров рентгеновских лучей» [18];

1922 — «Электрическая природа молекулярных сил в кристаллах» [21];

1927 — «Волновая механика Шредингера» [30].

Четкое, строгое изложение переводило новые элементы физики из разряда смутных представлений в прочную опору для непосредственного использования. К этим докладам Бурсиан готовился настолько основательно, что обзорное по замыслу сообщение становилось самостоятельным теоретическим исследованием вопроса. Так, анализируя различные возможные постановки опытов Майкельсона—Морли, Бурсиан рассматривает задачу детальнее и строже, чем это делали сами авторы [8, 12].

Лекции Бурсиана по теоретической физике в связи с отсутствием в то время разработанных курсов и пособий сыграли большую роль в становлении этой науки. Приведем отрывок из воспоминаний А. В. Тиморевой [69]:

«Начало педагогической работы Виктора Робертовича в университете совпало с периодом реорганизации программ и методов преподавания на физическом факультете, проводимом Рождественским. Желая модернизировать читаемые на факультете курсы, Рождественский стал привлекать к чтению лекций молодых ученых.

Виктор Робертович принимал деятельное участие в реформах Рождественского. Одно из первых действий Дмитрия Сергеевича была передача чтения курса термодинамики Виктору Робертовичу, курса, который до того читал профессор О. Д. Хвольсон. Орест Данилович был блестящим лектором и тонким интерпретатором и создал курс термодинамики, пользовавшийся большой популярностью, но не включавший статистического рассмотрения,



Участники Харьковской конференции по теоретической физике. 1929 г.

Первый ряд (справа налево): Я. П. Громмер, П. Йордан, В. Гайтлер, Я. И. Френкель, Д. Д. Иваненко, В. А. Фок, В. Р. Бурсиан, А. И. Тудоровский. Во втором ряду четвертый справа — Г. А. Гамов, пятый — Л. Д. Ландау, предпоследний — В. А. Кравков. В третьем ряду второй слева И. В. Обреимов, далее — А. И. Лейпунский, Л. В. Розенкевич, А. О. Гельфонд, И. Е. Тамм, А. В. Тиморева, А. Н. Арсеньева, В. К. Фредерикс, С. Э. Фриш. Последний ряд (слева направо): В. М. Гохберг, Б. И. Давыдов, А. Б. Шехтер, ? Халфин, В. Д. Кузнецов, В. А. Амбарцумян, Б. Н. Финкельштейн, Ю. А. Круглов, П. И. Лукирский, Н. И. Мухомилов, ? А. А. Ферхмин, Г. А. Мандель.

разработанного к тому времени. Передача курса более молодому ученому была революционным актом, задевшим Хвольсона.

Виктор Робертович разработал и начал читать современный (по тому времени) широкого содержания и глубоко продуманный курс. Впоследствии по этому курсу был напечатан учебник, служивший фундаментальным руководством для изучающих термодинамику.

В следующие годы Виктору Робертовичу были поручены и другие теоретические курсы — электродинамика, теория излучения, электромагнитная теория света, кинетическая теория вещества (молекулярная физика) и другие, образовавшие фундамент теоретического образования студентов-физиков.

Читал лекции Виктор Робертович довольно трудно, не все студенты умели его слушать. Бывали случаи, когда его лекции посещали уже „отучившиеся“ студенты, слушавшие по второму разу, при этом неизменно оценивая тонкость и глубину содержания.

Со студентами Виктор Робертович держался внимательно и дружелюбно.

Скромный по манере держаться, Виктор Робертович ценил честность во всем, умел отстаивать свои точки зрения. Боролся за качество преподавания, не боясь идти против течения данного момента. Одно время Виктор Робертович был отстранен от чтения лекций за нежелание приспособиться к требованиям, казавшимся ему неправильными.

Очень велика была роль Виктора Робертовича на разных научных собраниях, конференциях, съездах, научных семинарах. В процессе заседания, во время докладов Виктор Робертович имел вид равнодушный, не очень слушающий. Однако по окончании доклада или при возникновении какого-либо вопроса Виктор Робертович вставал с места и толковал неясности или оценивал результаты. Обычно его выступления оказывались исчерпывающими.

Репутация эрудиции Виктора Робертовича была необычайно высока: сотрудниками факультета он именовался „самым умным, знавшим и понимавшим все“.

Можно добавить, что лекции Виктора Робертовича отличались строгостью. Он никогда не допускал неряшеств в обозначениях, определений понятий, выводах, что иногда выдается за „живость“ изложения (см. также [70]).

Курсы «Электромагнитная теория света» [26], «Электродинамика» [39], «Термодинамика» [41, 49], «Теория излучения» [55] сыграли существенную роль в подготовке специалистов в 20—30-х гг. и в создании советской учебной литературы 40—50-х гг.

Современники Бурсиана считают одной из главных его заслуг участие в создании в СССР школы теоретической физики. Вот отрывок из мемуаров академика И. В. Обреимова:

«Еще до империалистической войны в Физическом институте Петроградского университета стала действовать некая самочинная организация, которую мы называли „воскресным кружком“. Кружок объединял молодых физиков. Наиболее „старыми“ в нем были Д. С. Рождественский и А. Ф. Иоффе, которым к началу войны не было и сорока. Посещать собрания можно было только по особому приглашению постоянных участников. Профессора И. И. Боргман и О. Д. Хвольсон, например, не приглашались ввиду их враждебного отношения к новой физике Планка и Эйнштейна.

Основателем кружка был П. С. Эренфест. После его отъезда в 1912 г. в Лейден дело возглавили Г. Г. Вейхардт и В. Р. Бурсиан...»

Можно добавить, что Эренфест и много позже приезжал в Ленинград и принимал участие в работе этого кружка [71].

Учениками Бурсиана были многие известные в дальнейшем теоретики. Его учеником называл себя академик В. А. Фок. Это, конечно, гипербола. Правильнее сказать о глубоком влиянии друг на друга этих двух физиков, об их взаимной симпатии. Есть



Петербургский физический кружок П. С. Эренфеста.

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. Перлитц, В. Р. Бурсиан, Я. Р. Шмидт.

несколько совместных работ Бурсиана и Фока. В некоторых работах Бурсиана отмечено: «как указал мне В. А. Фок», «по устному совету В. А. Фока». Сотрудничество с Фоком продолжалось до самого конца научной деятельности Бурсиана.

Такое же тесное содружество было у Бурсиана с В. К. Фредериксом и Ю. А. Крутковым.

Под руководством Бурсиана писал дипломную работу в Ленинградском университете Л. Д. Ландау. Учениками Бурсиана считали и считают себя крупнейшие физики и геофизики — Л. Э. Гуревич, А. Н. Теренин, А. С. Семенов и многие другие.

Унаследовав от отца строгость, а от матери исключительную доброжелательность к людям, В. Р. Бурсиан оставил о себе очень теплые воспоминания у сотрудников и учеников.

Из числа его увлечений, выходявших за рамки научной работы, назовем спорт. Вот, что писала Тиморева:

«В молодости Виктор Робертович занимался спортом, ходил на яхте по северным шхерам, имея звание капитана. В двадцатых годах Виктор Робертович возглавлял команду молодых сотрудников и студентов физического факультета, получивших в аренду яхту. На яхте Виктор Робертович строго держал дисциплину, противодействуя некоторому своеволию молодых студентов и умело выводил яхту из ими создававшихся иногда сложных положений» [69].

Сохранились шуточные вахтенные журналы, «протоколы учреждения шуточной Академии Александрийских мудрецов», членами которой были также А. В. Тиморева, О. Н. Трапезникова, В. К. Фредерикс, С. Э. Фриш и др.

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

До 60-х гг. имя В. Р. Бурсиана было почти полностью забыто и нигде не упоминалось. Результаты, полученные Бурсианом, использовались без ссылок на его работы, в том числе в исчерпывающих обзорах и капитальных монографиях по газовому разряду, току в вакууме, по электронике, гирации, цепным реакциям.

Приблизительно в 1964 г. появляются первые книги и очерки по истории физики в СССР, в которых упоминается В. Р. Бурсиан [5, 71—79]. В 1968 г., незадолго до своей кончины, академик В. И. Смирнов распоряжается собрать в Ленинградском отделении Архива АН СССР оставшиеся весьма скудные материалы о Бурсиане. Туда передается часть домашнего архива, хранившегося у Э. В. Бурсиана. Обнаруживаются личные дела в архивах ЛГУ им. А. А. Жданова, ЛПИ им. М. И. Калинина, ФТИ им. А. Ф. Иоффе.

В 1969 г. благородную задачу написания истории советской геофизики начинает решать профессор ЛГУ А. С. Семенов [80, 81], подробно указывая роль Бурсиана. В 1972 г. его усилиями переиздается последняя книга Бурсиана [57].

В 1984 г. в новом здании физического факультета ЛГУ в Петродворце открылась галерея «выдающихся физиков — основателей научных школ», работавших в ЛГУ. Вместе с портретами О. Д. Хвольсона, В. И. Смирнова, В. А. Фока, Е. Ф. Гросса, А. Н. Теренина, А. А. Лебедева, В. К. Фредерикса и других ученых в галерею был включен и портрет В. Р. Бурсиана работы художников А. П. Рабкина и О. Л. Ломакина. Кафедра геологии ЛГУ отметила 100-летие со дня рождения В. Р. Бурсиана (доклад Г. В. Молчанова). Памяти В. Р. Бурсиана было посвящено заседание во ФТИ им. А. Ф. Иоффе.

Выражаю признательность В. Я. Френкелю за ряд ценных советов при написании статьи. Благодарю А. В. Тимореву, А. С. Семенова, С. М. Шейнмана, Г. В. Молочного, Я. Г. Гиршберга, В. Я. Давыдовского, Л. М. Чиж и А. А. Ферхмин за участие в поиске материалов о В. Р. Бурсиане.

Литература

1. Личный архив семьи Бурсианов.
2. Личные дела профессорско-преподавательского состава // Архив ЛГУ им. А. А. Жданова. Св. 5 п/№ 208.
3. Архив ЛПИ им. М. И. Калинина. Ленинград.
4. Архив ФТИ им. А. Ф. Иоффе. Ленинград.
5. Френкель В. Я. Яков Ильич Френкель. М.; Л.: Наука. Ленингр. отд-ние. 1966. 474 с.

6. Архив АН СССР. Ленинград. Д. 970.
7. Бурсиан В. Р. Воспроизведение явления аномальной дисперсии в парах натрия // ЖРФХО. Физич. отд. 1908. Т. 40, вып. 1. С. 72—74.
8. Бурсиан В. Р. Опыт Майкельсона и его значение для теории оптических явлений в движущихся телах // ЖРФХО. Физич. отд. 1909. Т. 41, вып. 8. С. 284—297.
9. Бурсиан В. Р. Избирательное отражение света от паров ртути // ЖРФХО. Физич. отд. 1908. Т. 41, вып. 9. С. 361—365.
10. Бурсиан В. Р. Новые исследования в области больших длин волн // ЖРФХО. Физич. отд. 1911. Т. 43, вып. 4. С. 123—125.
11. Бурсиан В. Р. Радиомикрометр // ЖРФХО. Физич. отд. 1911. Т. 43, вып. 4. С. 304—307.
12. Бурсиан В. Р. Опытные исследования по вопросу о влиянии движения вещества на эфир // Новые идеи в физике. Сборник 3 / Под ред. И. И. Борзмана. СПб.: Образование, 1911. С. 1—36.
13. Бурсиан В. Р. Интерференция рентгеновских лучей // ЖРФХО. Физич. отд. 1913. Т. 45, вып. 6. С. 216—238.
14. Бурсиан В. Р. Строение алмаза по В. Брэггу и В. Л. Брэггу // ЖРФХО. Физич. отд. 1913. Т. 45, вып. 11. С. 266—278.
15. Бурсиан В. Р. Фотографирование спектров рентгеновских лучей // ЖРФХО. Физич. отд. 1914. Т. 46, вып. 21. С. 35—39.
16. Бурсиан В. Р. Об условиях устойчивости термодинамического равновесия в связи с точной формулировкой принципа Ле Шателье—Брауна // ЖРФХО. Физич. отд. 1917. Т. 49, вып. 3—9. С. 87—100.
17. Бурсиан В. Р. Прохождение термоионического тока между плоскими электродами в пустоте // ЖРФХО. Физич. отд. 1919. Т. 51, вып. 4—6. С. 289—311.
18. Бурсиан В. Р. Методы получения спектров рентгеновских лучей // Вестник рентгенологии и радиологии. Отд. физ.-техн. 1919. Т. 3, вып. 1. С. 26—32.
19. Бурсиан В. Р. Расчет коэффициента полезного действия при трансформации энергии рентгеновских лучей посредством флюоресценции // Вестник рентгенологии и радиологии. Отд. физ.-техн. 1919. Т. 3, вып. 1. С. 22—25.
20. Бурсиан В. Р. О влиянии однородной деформации на картину интерференции, получаемую по методу Дебая—Шерера // ЖРФХО. Физич. отд. 1922. Т. 54, вып. 1. С. 23—31.
21. Бурсиан Э. В. Электрическая природа молекулярных сил в кристаллах // УФН. 1922. Т. 3, вып. 1. С. 65—88.
22. Бурсиан В. Р. О влиянии объемного заряда на прохождение тока в вакууме // ЖРФХО. Физич. отд. 1922. Т. 54, вып. 1—3. С. 139—148.
23. Бурсиан В. Р. Распределение интенсивности при рассеянии рентгеновских лучей от тел с ориентированными частицами // ЖРФХО. Физич. отд. 1923. Т. 55, вып. 1—3. С. 21—35.
24. Бурсиан В. Р., Крутков Ю. А. Примечания к книге С. Карно. Размышления о движущей силе огня и о машинах, способных развивать эту силу / Пер. с фр. С. Э. Фриша, под ред. В. Р. Бурсиана, Ю. А. Круткова. Л.: Госиздат, 1923. 128 с.
25. Бурсиан В. Р., Павлов В. И. Об одном частном случае влияния объемного заряда на прохождение потока электронов в пустоте // ЖРФХО. Физич. отд. 1923. Т. 55, вып. 1—3. С. 71—80.
26. Бурсиан В. Р. Электромагнитная теория света. Л.: КУБУЧ, 1926. 148 с.
27. Фок В. А., Бурсиан В. Р. Электромагнитное поле переменного тока в цепи с двумя заземлениями // ЖРФХО. Физич. отд. 1926. Т. 58, вып. 2. С. 3555—3363.
28. Bursian V. Über die mechanischen Grundgleichungen der statistischen Mechanik // Zs. Phys. 1926. Bd 38, Hf 1/2. S. 116—118.
29. Bursian V., Timoreva A. Zur Theorie der optisch aktiven isotropen Medien // Zs. Phys. 1926. Bd 38, Hf 6/7. S. 475—484.
30. Бурсиан В. Р. Волновая механика Шредингера // Основания новой квантовой механики / Под ред. А. Ф. Иоффе. М.; Л.: Гостехиздат, 1927. С. 53—82.
31. Bursian V. Notiz zu den Grundlagen der Dispersionstheorie von E. Schrödinger // Zs. Phys. 1927. Bd 40, Hf 9. S. 708—713.
32. Bursian V. Notiz über Herleitung der Minkowskischen Gleichungen für die Weltlinie eines Electrons aus einem Variationsprinzip // Zs. Phys. 1927. Bd 42, Hf 5/6. S. 443—447.
33. Бурсиан В. Р. О получении уравнений мировой линии электрона из вариационного принципа // ЖРФХО. Физич. отд. 1927. Т. 59, вып. 2. С. 175—182.
34. Bursian V. Zur Berechnung der Mittelwerte in der Lorentzischen Electronentheorie // Zs. Phys. 1927. Bd 43, Hf 5/6. S. 416—426.
35. Бурсиан В. Р. О вычислении средних значений в электронной теории Лоренца // ЖРФХО. Физич. отд. 1927. Т. 59, вып. 2. С. 201—218.
36. Труды I конференции по физико-химическим вопросам / Под ред. В. Р. Бурсиана, И. И. Жуклова, В. Н. Кондратьева. М.: Хим.-технол. изд-во, 1927. 168 с.
37. Бурсиан В. Р. Испускание электронов накаливаемыми телами // Труды II конференции по физико-химическим вопросам / Под ред. В. Р. Бурсиана и др. М.: Хим.-технол. изд-во, 1928. С. 90—110.
38. Bursian V., Fréedericks V. Communication relative a deux methodes de prospection electrique // II Congres international de forage. Paris: Saint-Etienne societe anonyme, 1929. 33 p.
39. Бурсиан В. Р. Электродинамика. Л.: Изд-во Политехн. ин-та им. М. И. Калинина, 1929. 190 с.
40. Бурсиан В. Р., Дедушкович С. И., Родионов П. Ф., Софронова Н. И. Физические и экспериментальные основания метода эквипотенциальных линий // Геол. ком. материалы по общей и прикладной геологии. Вып. 137. Сер. работ по методике разведок в геофизике. 1929. № 7. 85 с.
41. Бурсиан В. Р. Термодинамика. Лекции. Л.: Изд-во ЛГУ, 1929. 429 с.
42. Bursian V., Sorokin V. Anwendung der Diffusionsgleichung auf die Theorie der Kettenreaktionen // Zs. Phys. Chemie. Abt. B. 1931. Bd 12, Hf 4. S. 247—267.
43. Бурсиан В. Р. Эффективный диаметр и силы химического сродства // ЖЭТФ. 1931. Т. 1, вып. 2—3. С. 93—97.
44. Бурсиан В. Р. Химические силы и эффективные сечения, по Сюзерленду // ЖФХ. 1931. Т. 2, вып. 3—4. С. 405—406.
45. Bursian V., Fock V. Table of the Functions $\int_0^x K_0(x) dx$, $\int_0^x I_0(x) dx$. // Тр. ин-та / Физ.-мат. ин-т им. В. А. Стеклова. 1931. Т. 2, вып. 1. С. 1—10.
46. Бурсиан В. Р. Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке. Ч. 1. Постоянные поля. М.; Л.: Гостехтеоретиздат, 1933. 230 с.
47. Бурсиан В. Р., Пыласв А. М. Определение глубины и отношения полей в методе индукции с помощью палетки. Л. и др.: НКТП—ОНТИ, 1933. 11 с.
48. Бурсиан В. Р. Нормальное поле прямолинейного бесконечно длинного кабеля. Л. и др.: НКТП—ОНТИ, 1934. 23 с.
49. Бурсиан В. Р., Соколов П. Т. Лекции по термодинамике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1934. 352 с.
50. Каротаж. Различные операции в скважинах / Пер. с фр. Под ред. И. Г. Медовского, под общей ред. В. Р. Бурсиана. М. и др.: НКТП—ОНТИ, 1934. 224 с.
51. Бурсиан В. Р. Орест Данилович Хвольсон. Некролог // Природа. 1934. Т. 7, № 1. С. 77.

52. Бурсиан В. Р. К вычислению кривых электробурения // Уч. зап. ЛГУ. Сер. физ. наук. 1936. Т. 8, вып. 2. С. 113—149.
53. Бурсиан В. Р. Таблицы значений функции $\Gamma_{1/2}$ // Уч. зап. ЛГУ. Сер. физ. наук. 1936. Т. 2, вып. 1. С. 4—9.
54. Бурсиан В. Р., Ферхмид А. А. К теории метода сравнения длин эталонов по наблюдению положения интерференционных полос в спектре // Учен. зап. ЛГУ. Сер. физ. наук. 1936. Т. 8, вып. 2. С. 150—158.
55. Бурсиан В. Р. Теория излучения. Л.: Изд-во ЛГУ, 1936. 96 с.
56. Бурсиан В. Р. Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке. Ч. 2, вып. 1. Переменные поля. Л.: Изд-во ЛГУ, 1936. 128 с.
57. Бурсиан В. Р. Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке. 2-е изд. / Под ред. А. С. Семенова, С. М. Шейнмана. Л.: Недра. Ленингр. отд-ние, 1972. 368 с.
58. Новик Ф. Т. К 30-летию кафедры электроники твердого тела // Уч. зап. ЛГУ. Сер. физ. наук. 1978. Т. 398, вып. 20. С. 3—24.
59. Незлин М. В. Динамика пучков в плазме. М.: Энергоиздат, 1982. 264 с.
60. Борн М., Геппсерт-Майер М. Теория твердого тела / Пер. с нем. Под ред. Я. И. Френкеля. М.: Гл. ред. технико-теор. лит., 1938. 364 с.
61. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. 2-е изд., перераб. и доп. Е. М. Лифшицем, Л. П. Питаевским. М.: Наука, Главн. ред. физ.-мат. лит., 1982. 620 с.
62. Агранович В. М. Теория экситонов. М.: Наука, Главн. ред. физ.-мат. лит., 1968. 382 с.
63. Ehrenfest P. On interference phenomena to be expected when Röntgen rays pass through a di-atomic gas // Koninklijke Akad. Proseed. sect. Science. Amsterdam, 1915. Vol. 17, pt 2. S. 1184—1190.
64. Debye P. Zerstreuung von Röntgenstrahlen // Ann. der Phys. Vierte Folge. 1915. Bd 46, Hf 6. S. 809—823.
65. Каули Дж. Физика дифракции / Пер. с англ. М.: Мир, 1979. 432 с.
66. Новожилов Ю. В., Япп Ю. А. Электродинамика. М.: Наука, Главн. ред. физ.-мат. лит., 1978. 351 с.
67. Архив ГАОРСС, ЛО. Ф. 1858. Оп. 1. Д. 4233, л. 89, 627.
68. Семенов А. С., Шейнманн С. М. От редакторов // Теория электромагнитных полей, применяемых в электроразведке. 2-е изд. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1972. С. 6—8.
69. Тиморева А. В. Из воспоминаний. Архив ФТИ им. А. Ф. Иоффе. Ленинград.
70. Ступени вузовской науки. Из истории физики в ЛГУ // Ленинградский университет. 1979. № 12 (6 апр.).
71. Френкель В. Я. Пауль Эренфест. М.: Атомиздат. 1971. 144 с.
72. Кокин Л. Годы рождения // Знание — сила. 1967. № 10. С. 41—43.
73. Bursian V. R. // J. C. Poggendorff biographisch-literarisches handwörterbuch. 1967. Bd 47, Hf 4. S. 667.
74. Основатели советской физики. М.: Просвещение, 1970. 224 с.
75. Кокин Л. М. Юность академиков. М.: Сов. Россия, 1970. 190 с.
76. Бессараб М. Страницы жизни Ландау. М.: Моск. рабочий, 1971. 136 с.
77. Воспоминания об А. Ф. Иоффе / Под ред. В. П. Жузе и др. Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1972. 252 с.
78. Иойрыш А. И., Морохов И. Д., Хиросима. М.: Атомиздат, 1979. 288 с.
79. Иойрыш А. И., Морохов И. Д., Иванов С. К. А-бомба. М.: Наука, 1980. 424 с.
80. Семенов А. С. Истоки разведочной геологической геофизики // Вестн. ЛГУ. Геология. География. 1969. Вып. 1. С. 40—54.
81. Семенов А. С. Основоположник разведочной геофизики // Ленинградский университет. 1986. № 39 (19 дек.).