



Владимир Александрович Фок.

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКPERSONALIA**ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ ФОК**

(к шестидесятилетию со дня рождения)

22 декабря 1958 г. исполняется шестьдесят лет со дня рождения одного из крупнейших физиков-теоретиков, академика Владимира Александровича Фока. В. А. Фок родился в С.-Петербурге в семье межевого инженера, ученого лесовода А. А. Фока, известного среди специалистов своими трудами по лесному делу. Окончив среднюю школу в Петрограде в 1916 г., В. А. Фок поступил на физико-математический факультет Петроградского университета, но затем добровольно зачислился в Артиллерийское училище и после прохождения ускоренного курса последнего был направлен на фронт. В 1918 г., вернувшись по демобилизации в Петроград, он возобновил занятия в университете.

В это время в Петрограде был только что организован Государственный оптический институт, и В. А. в числе лучших студентов физического отделения был приглашен Д. С. Рождественским в так называемую группу «лаборантов» (фактически стипендиатов) при институте.

В группу «лаборантов», составившую впоследствии ядро Научного отдела Оптического института, входил ряд ныне известных ученых: А. Н. Теренин, Е. Ф. Гросс, С. Э. Фриш и другие.

В студенческие годы проявились исключительные способности В. А. в теоретической физике и математике, и к окончанию университета, в 1922 г. он имел две законченные научные работы — одну по квантовой теории, другую — по математической физике². Эти два направления, квантовая теория и математическая физика, в широком их понимании, а также теория относительности определили круг научных интересов В. А.

Эпоха двадцатых годов характеризуется бурным послереволюционным развитием исследовательских работ по физике в только что созданных физических институтах. В начале двадцатых годов число физиков-теоретиков в СССР исчислялось единицами, и В. А. Фок принимает деятельное участие в работах ряда институтов: в 1924—1936 гг. он работает в теоретическом отделе Физико-технического института, в 1928—1941 гг. руководит теоретическими исследованиями в Государственном оптическом институте. Научно-педагогическая деятельность В. А. протекает непрерывно в Ленинградском университете, где он был последовательно студентом, аспирантом, доцентом, профессором и в настоящее время заведует кафедрой теоретической физики. Своими научными трудами и личным общением он сыграл большую роль в развитии теоретической физики в СССР и особенно в Ленинграде.

Большое влияние на научное творчество В. А. оказало его близкое общение с математиками-преемниками знаменитой Петербургской математической школы, и первые годы после окончания университета (1924—1926 гг.) он занимается, главным образом, решением трудных в математическом отношении задач прикладной физики. Многообразие и практический характер этих исследований явствуют из простого перечисления некоторых работ этого периода: расчет освещенности от поверхностей произвольной формы, теория размешивания оптического стекла при варке, решение одной задачи теории диффузии по методу конечных разностей и приложение его к диффузии света, расчет теплового сопротивления многожильного кабеля и т. п.

В этих и последующих работах В. А. по математической физике проявилось характерное для него сочетание физической интуиции, позволяющей отбросить несущественные черты физического явления и создать удобную для решения математическую схему, и виртуозного владения математическим аппаратом, позволяющим довести решение задачи до расчетных формул и таблиц.

В решении конкретных частных задач практической физики проявилось стремление и способность автора к созданию общих методов и теорий. Так, в задаче о расчете освещенности³ В. А. вводит новое понятие вектора освещенности и на его основе

создает теорию векторного светового поля, которая получила дальнейшее развитие в исследованиях других советских ученых и во многом определила развитие и высокий уровень светотехники в СССР. В качестве второго примера укажем статью В. А. по теории упругости³, в которой ему удалось плоскую задачу теории упругости привести к интегральному уравнению Фредгольма. Решение этой задачи, полученное вновь через семь лет Н. И. Мухелишвили, широко использовалось в работах грузинской школы.

Искусное владение математическим аппаратом особенно ярко проявилось в исследовании конформного преобразования четырехугольника с нулевыми углами на полуплоскость⁶. Решение этой задачи, связанной с определением теплового и электрического поля в кабеле и считавшейся некоторыми математиками практически неразрешимой, было получено В. А. Фоком в пригодной для расчетов аналитической форме.

Эти первые исследования В. А. Фока в области математической физики создали ему заслуженную известность в среде отечественных физиков и математиков.

Не имея возможности перечислить все математические исследования В. А. Фока, упомянем лишь его работы по теории интегральных уравнений^{2,28}, на основе которых были получены интересные и важные результаты по теории рассеяния света и теории береговой рефракции³² (совместно с Г. А. Гринбергом).

Начиная с 1926 г. научные интересы В. А. сосредоточиваются в области квантовой теории, и до 1941 г. он обращается к задачам математики и математической физики эпизодически, отываясь на появляющиеся время от времени запросы практики. В 1927 г. им разрабатывается тепловая теория электрического пробоя диэлектриков⁷, в 1930 г. дается изящное решение задачи о скин-эффекте в искривленном проводе¹¹. Ряд исследований В. А. посвящен теории электрических методов разведки полезных ископаемых, а в 1933 г. выходит из печати его монография по теории каротажа¹⁷. В 1935 г. им разрешена одна трудная задача внутренней баллистики — о движении газов в канале орудия при выстреле. В 1940 г. В. А. решается акустическая задача в теории резонансных поглотителей²⁷.

Первые работы В. А. Фока по квантовой механике появились в 1926 г. сразу после открытия Э. Шредингером квантового волнового уравнения. В первой работе⁴ было дано обобщение уравнения Шредингера на случай магнитного поля и отсюда получена формула простого расщепления Зеемана. В той же статье с применением метода возмущений была решена задача о расщеплении уровней водородного атома в электрическом поле. Во второй работе⁵ В. А. обобщил волновое уравнение на релятивистский случай движения заряженной частицы в электромагнитном поле и показал инвариантность уравнения по отношению к градиентному преобразованию. Эти работы, появившиеся в самом начале создания волновой механики, сыграли существенную роль в развитии последней. Во время заграничной командировки в Гёттинген и Париж в 1927—1928 гг. В. А. выполняет еще несколько крупных исследований по квантовой механике^{8,9} выдвигаясь в число ведущих физиков-теоретиков мира.

В 1929 г. им был опубликован цикл статей (частично в содружестве с Д. Д. Иваненко), посвященных геометризации уравнения Дирака, где была ясно установлена особая геометрическая природа волнового поля Дирака и с помощью понятия параллельного переноса полувектора было получено обобщенное уравнение Дирака в геометрии Римана.

В 1932 г. вышла из печати книга В. А. Фока¹³ «Начала квантовой механики» — первая советская книга по квантовой механике. Изложение ряда вопросов в ней основано на оригинальных работах автора.

Большой цикл исследований В. А. посвящен теории многоэлектронных систем и разработке приближенных методов в этой области. Эти работы начинаются в 1930 г. созданием метода самосогласованного поля с учетом обменных эффектов¹². Основная идея метода состоит в применении вариационного начала квантовой механики к выводу уравнений для одноэлектронных волновых функций. Таким путем было дано обоснование уравнений Хартри, полученных ранее из наглядных соображений, и затем показано, что учет принципа Паули приводит к системе уравнений, которые отличаются от уравнений Хартри наличием дополнительных, обменных членов. Метод Хартри — Фока был применен к расчету атомов в работах В. А. Фока и его сотрудников¹⁹ и сразу получил широкое распространение в теории многоэлектронных систем. Роль обменных членов в объяснении некоторых оптических свойств — обращение дублетов, отклонения от правила сумм для сил осцилляторов, некоторые аномалии в ходе интенсивностей линий серии — исследовалась В. А. в ряде работ. К этому же циклу исследований относятся статьи, посвященные полуклассическому методу построения волновых функций²⁰ и обобщению метода Фока на случай частичного отказа от одноэлектронного приближения²⁵ (совместно с сотрудниками).

Занимаясь вопросом построения многоэлектронной волновой функции, не содержащей спиновых переменных, В. А. в 1940 г. сформулировал впервые свойство циклической симметрии последней²⁶. В 1935 г. появилась изящная работа В. А. об атоме водорода²², в которой было показано, что вырождение уровней электрона в кулоновском поле связано с симметрией поля по отношению к группе четырехмерных враще-

ций. Упомянем еще работу 1954 г., в которой получено в форме некоторого ряда по степеням переменных точное решение уравнения Шредингера для гелиеподобного атома³⁶. Интерес к этому решению возник в последние годы в связи с проверкой радиационных поправок, даваемых современной квантовой электродинамикой.

Фундаментальный характер носят исследования В. А. по квантовой теории поля, выполненные им в тридцатых годах. Идеи и методы, выдвинутые в этих исследованиях, получили особенно широкое применение на новом этапе развития теории поля в послевоенные годы. В первую очередь отметим большую работу 1932 г. по вторичному квантованию¹⁶, в которой был дан метод рассмотрения систем с переменным числом частиц в конфигурационном пространстве. В этой работе впервые ясно и последовательно изложен метод вторичного квантования и его связь с рассмотрением в конфигурационном пространстве. Система с переменным числом частиц описывается бесконечной системой уравнений для функций, описывающих состояния с определенным числом частиц. Этот метод ныне широко применяется в теории мезонного поля и получил обобщение в работе некоторых ученых в начале пятидесятых годов.

Несколько статей В. А. Фока, написанных совместно с Б. Подольским в 1932 г., посвящены разработке нового варианта квантовой электродинамики, предложенного Дираком на примере одномерного пространства. В этом варианте кулоновское взаимодействие появляется в результате исключения продольного электромагнитного поля. Далее в совместной работе П. А. Дирака, В. А. Фока и Б. Подольского в форме так называемого многовременного формализма была завершена инвариантная схема электродинамики, в которой каждой частице, равно как и полю, приписывается свое время. Многовременная теория получила дальнейшее обобщение в методе сверхмноговременного формализма в работах Томонага и Швингера (1946—1947 гг.).

Труды В. А. Фока по квантовой теории поля завершились созданием строгой теории систем с переменным числом бозе-частиц в форме так называемого метода функционалов. Идея об описании системы с неопределенным числом частиц с помощью производящей функции вместо бесконечной последовательности функций, относящихся к системам с определенным числом частиц, рассматривалась еще в одной из работ В. А. 1928 г.⁹, а в окончательной форме, с приложениями к электродинамике была разработана в 1934 г.²¹. В методе функционалов Фока волновая функция поля, или функционал состояния, является производящей функцией для амплитуд вероятности состояний поля с определенным числом частиц.

В основной статье В. А. и в работах его учеников новый метод был с успехом использован в некоторых задачах квантовой электродинамики.

Идея о производящем функционале широко используется в квантовой теории поля в последние годы: применяя для описания поля вместо амплитуд вероятности в конфигурационном пространстве последовательность функций иного типа (например, фейнмановские амплитуды), вводят для таких последовательностей производящие функционалы.

Несколько особняком в этой области стоит весьма оригинальная работа В. А. 1937 г. о собственном времени²³; введя в уравнение Дирака параметр, имеющий смысл собственного времени электрона, автор дал способ решения задачи Коши для уравнения Дирака. Решение уравнения представляется в форме контурного интеграла по собственному времени. Так как собственное время является инвариантом, то в задачах квантовой теории поля, где требование релятивистской инвариантности играет существенную роль, метод собственного времени оказался весьма плодотворным. Любопытно отметить, что значение этого метода было понято только в начале пятидесятых годов.

Значительную часть научного творчества В. А. Фока составляют его труды по теории относительности. В двадцатых годах он отдал дань модным тогда попыткам построения единой теории поля в форме пятимерной теории, но скоро отказался от этого направления, считая его формальным и малоплодотворным.

Началом его известных работ по теории тяготения явилась большая статья о движении конечных масс в общей теории относительности²⁴. В этой статье 1939 г. проведен приближенный метод решения уравнений Эйнштейна для конечных сферически протяженных масс в предположении евклидовости пространства на бесконечности. При этом было показано, что уравнения движения Ньютона для этих масс получаются как условия разрешимости уравнений тяготения для фундаментального тензора. В этой же статье впервые вводится гармоническая координатная система, которая определяется с точностью до преобразования Лорентца и представляет собой обобщение ньютоновых инерциальных систем на теорию тяготения.

В дальнейшем В. А. рассмотрел ряд других важных задач теории тяготения: вывод уравнений движения тел с учетом их структуры и вращения, получение десяти интегралов уравнений движения, теория астрономической аберрации и другие.

Основываясь на своих исследованиях, В. А. пришел к некоторым общим выводам принципиального характера относительно понимания физического смысла теории Эйнштейна. Он отмечает, что ковариантная форма уравнений не связана с понятием относительности и что отказ от однородности пространства — времени в римано-

вом пространстве означает не расширение, а ограничение понятия относительности, так как последнее связано с однородностью пространственно-временного континуума. Таким образом, название «общая теория относительности» отражает неправильный взгляд на теорию тяготения. Далее В. А. подчеркивает локальный характер эквивалентности между полем ускорения и полем тяготения и придает большое значение предельным условиям и введению гармонических координатных систем, обеспечивающих единственность решения.

Результаты всех этих исследований изложены в книге В. А. Фока. «Теория пространства, времени и тяготения», вышедшей в конце 1955 г.³⁷ и представляющей обстоятельное и оригинальное изложение частной теории относительности и теории тяготения. В книге, наряду с изложением общих вопросов, рассмотрен ряд конкретных результатов теории, причем часть из них здесь опубликована впервые.

Большое теоретическое и прикладное значение имеют труды В. А. по теории дифракции, которыми он занимался в военные и послевоенные годы. Как и в других исследованиях, здесь им разработаны эффективные математические методы и получены результаты общего характера, определяющие современное состояние теории дифракции и ее приложений. Разработав приближенный метод вычисления бесконечных рядов и интегралов, которыми выражается точное решение задач дифракции, он построил строгую теорию распространения радиоволн над поверхностью земного шара без учета атмосферы³⁹. В работе «Распространение прямой волны вокруг земли при учете дифракции и рефракции»³³ задача была решена в предположении неоднородности атмосферы по высоте. Далее В. А. установил важный принцип локальности электромагнитного поля в области полутени и, используя известные условия М. А. Леонтовича для приближенной формулировки задач, получил возможность приближенного, но достаточно точного решения дифракционной задачи для вышуклых проводников произвольной формы³⁵. Работы В. А. по дифракции получают все большее признание и популярность среди ученых и инженеров, работающих в области радиотехники как у нас, так и за границей.

В настоящем беглом обзоре, естественно, невозможно дать надлежащее представление о богатстве научного творчества В. А. Фока. Более того, целый ряд очень оригинальных и интересных исследований не удается даже перечислить. Ограничимся замечанием, что список всех книг и статей В. А., включая его выступления по общим и философским вопросам физических теорий, содержит более двухсот названий.

Научные заслуги В. А. получали неоднократно признание. Его работы по теории атома отмечены присуждением в 1936 г. премии имени Д. И. Менделеева; за работы по распространению радиоволн в 1946 г. присуждена Сталинская премия I степени. Он награжден двумя орденами Ленина и орденом Трудового Красного Знамени. В 1932 г. В. А. избран членом-корреспондентом, а в 1939 г. — действительным членом АН СССР.

Большое количество столь сложных и важных научных исследований свидетельствует о большом таланте и работоспособности В. А. Фока. Тем не менее этим не исчерпывается его деятельность. В течение многих лет он руководит кафедрой теоретической физики Ленинградского университета, посвящая много времени руководству научной работой всех сотрудников кафедры. В течение ряда лет он читал курсы квантовой механики и теории относительности. Наконец, нельзя не отметить его активное участие в дискуссиях по общим вопросам, касающимся как физического понимания современных теорий, так и философского значения последних. Он неоднократно выступает против неправильных и антинаучных статей по теории относительности и квантовой теории в защиту прогрессивной передовой науки. Его доклады и статьи по общим вопросам теоретической физики, всегда отличающиеся глубиной и строгостью рассуждений, немало способствовали выяснению дискуссионных вопросов и распространению правильного понимания сущности современных теорий. В этих выступлениях всегда проявляются присущие его характеру принципиальность и прямота, те гражданские качества, которые, наряду с высоким научным авторитетом, снискали Владимиру Александровичу всеобщее уважение.

М. Г. Веселов

СПИСОК ВАЖНЕЙШИХ НАУЧНЫХ РАБОТ В. А. ФОКА

1. Освещенность от поверхностей произвольной формы, Труды ГОИ 3, вып. 28 (1924).
2. Об одном классе интегральных уравнений, Math. Zs 21, стр. 161 (1924).
3. Приведение плоской задачи теории упругости к интегральному уравнению Фредгольма, ЖРФХО 58, стр. 11 (1926).
4. К волновой механике Шредингера, Zs f. Phys. 28, стр. 242 (1926).
5. Об инвариантной форме волнового уравнения и уравнений движения для заряженной материальной точки, там же 29, стр. 226 (1926).
6. О конформном отображении четырехугольника с нулевыми углами на полушарность, Ж. Лен. мат. об-ва 1, стр. 147 (1927).

7. К тепловой теории электрического пробоя, Тр. Лен. физ.-техн. лаб., вып. 5, стр. 52 (1928).
8. Об отношении между интегралами квантовомеханических уравнений движения и уравнением Шредингера, *Zs f. Phys.* 49, стр. 323 (1928).
9. Обобщение и решение статистического уравнения Дирака, там же 51, стр. 165 (1928).
10. Волновое уравнение Дирака и геометрия Римана, *ЖРФХО* 62, стр. 133 (1930).
11. Скин-эффект в кольце круглого сечения, там же, стр. 281.
12. Приближенный способ решения квантовомеханической задачи многих тел, *Zs f. Phys.* 61, стр. 126 (1930).
13. Начала квантовой механики, Л., Кубуч, 251 стр., 1932.
14. О квантовании электромагнитных волн и взаимодействии зарядов по теории Дирака, *Sow. Phys.* 1, стр. 801 (1932) (совместно с Б. Подольским).
15. О квантовой электродинамике, там же 2, № 6, стр. 468 (1932) (совместно с П. А. Дираком и Б. Подольским).
16. Конфигурационное пространство и вторичное квантование, *Zs f. Phys.* 75, стр. 622 (1932).
17. Теория определения сопротивления горных пород по способу каротажа, М.—Л., ГТТИ (1933).
18. Об энергии квантового обмена, *Zs f. Phys.* 81, стр. 195 (1933).
19. О численном решении обобщенных уравнений согласованного поля, *ЖЭТФ* 4, вып. 4, стр. 295 (1934) (совместно с М. И. Петрашень).
20. Приближенное представление волновых функций проливающих орбит, *ДАН СССР* 1, № 5, стр. 241 (1934).
21. О квантовой электродинамике, *Sow. Phys.* 6, № 5, стр. 425 (1934).
22. Атом водорода и неевклидова геометрия (предварительное сообщение), *Изв. АН СССР, ОТН*, № 2, стр. 169 (1935).
23. Собственное время в классической и квантовой механике, *Изв. АН СССР, серия физ.*, № 4—5, стр. 551 (1937).
24. О движении конечных масс в общей теории относительности, *ЖЭТФ* 9, вып. 4, стр. 375 (1939).
25. Неполное разделение переменных для двухвалентных атомов, *ЖЭТФ* 10, вып. 7, стр. 723 (1940) (совместно с М. Г. Веселовым, М. И. Петрашень).
26. О волновых функциях многоэлектронных систем, *ЖЭТФ* 10, вып. 9—10, стр. 961 (1940).
27. Теоретическое исследование проводимости круглого отверстия в перегородке, поставленной поперек трубы, *ДАН СССР*, 31, № 9, стр. 875 (1941).
28. О некоторых интегральных уравнениях математической физики, *Матем. сб.* 14, № 1—2, стр. 3 (1944).
29. Дифракция радиоволн вокруг земной поверхности, М.—Л., АН СССР (1946).
30. Решение задачи о распространении электромагнитных волн вдоль поверхности земли по методу параболического уравнения, *ЖЭТФ* 16, вып. 7, стр. 557 (1946) (совместно с М. А. Леонтовичем).
31. О двух основных толкованиях соотношения неопределенности для энергии и времени, *ЖЭТФ* 17, 2, стр. 93 (1947) (совместно с Н. С. Крыловым).
32. К теории береговой рефракции электромагнитных волн (совместно с Г. А. Гринбергом). В сборнике «Исследования по распространению радиоволн», т. 2, М.—Л., АН СССР (1948).
33. Распространение прямой волны вокруг земли при учете дифракции и рефракции, *Изв. АН СССР, серия физ.* 12, № 2, стр. 81 (1948).
34. Теория распространения радиоволн в неоднородной атмосфере для приподнятого источника, *Изв. АН СССР, серия физ.* 14, № 1, стр. 70 (1950).
35. Обобщение отражательных формул на случай отражения произвольной волны от поверхности произвольной формы, *ЖЭТФ* 20, 11, стр. 961 (1950).
36. Об уравнении Шредингера для атома гелия, *Изв. АН СССР, серия физ.* 18, № 2, стр. 161 (1954).
37. Теория пространства, времени и тяготения, М., Гостехиздат, 1955.