

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОГО СЕМИНАРА
«ФОКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ:
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФИЗИКИ»



ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ ФОК
(1898–1974)

22–23 декабря 2008 г. в Санкт-Петербургском государственном университете состоялся международный семинар «Фоковские чтения: современные проблемы физики». Семинар был приурочен к памятной дате 110-летия со дня рождения русского советского физика, академика Владимира Александровича Фока.

УДК 001.92, 929

*Л. В. Прохоров***В. А. ФОК – КЛАССИК XX ВЕКА***

История и биография. В конце XVI века предки Владимира Александровича Фока, участники восстания против английского владычества, бежали из Шотландии в Голландию и Данию – страны, находившиеся тогда под властью Швеции. Столетие спустя вместе с армией Карла XII они оказались в России, попали в плен, были помещены в Нижегородскую губернию и с тех пор верно служили России [1, с. 8]. В дневнике А. С. Пушкина за 1831 г. читаем о представителе другой ветви рода: «Скончался Фон-Фок, начальник 3-го отделения государственной канцелярии, человек добрый, честный и твёрдый. Смерть его есть бедствие общественное».

Согласно семейным преданиям [2, с. 12], «предки Фока принадлежали древнему роду, жившему в XVI веке в Голштинии и переселившемуся оттуда в Россию в царствование Елизаветы Петровны» (1741–1761 гг.). Самым знаменитым из Фоков стал Владимир Александрович. Он прославил не только свой род и свою страну, но и отечество предков. Сегодня Фока чтут и в Шотландии, а сам он при жизни никогда не забывал о своей прародине.

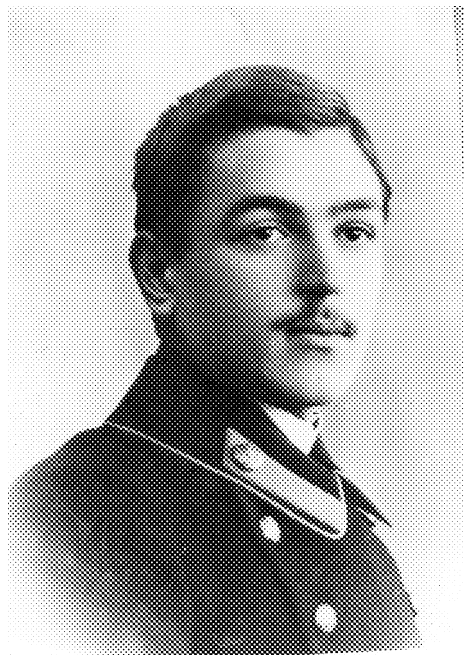


Рис. 1. Студент Петроградского университета В. А. Фок

Академик Фок (10 по ст. ст./22 по н. ст. декабря 1898, С.-Петербург – 27 декабря 1974, Ленинград) принадлежит к той блестящей плеяде физиков, которые в первой трети XX века в корне изменили наши представления о мире. Именно тогда создавались теория пространства-времени, теория тяготения и квантовая механика.

С 1909 по 1915 г. Владимир Александрович учился в реальном училище и по окончании специального класса сдал экзамен по латыни (он читал Тацита в оригинале). В 1916 г. его зачислили в Петроградский университет. Тогда же он начинает терять слух. В начале 1917 г. В. А. принимает решение идти на фронт и поступает в Константиновское артиллерийское училище, летом заканчивает его и в сентябре уже командует взводом на Румынском фронте. В феврале 1918 г. В. А. демобилизуется и возвращается в Петроград. Осенью он вновь поступает в Университет, а в декабре (вместе с Е. Ф. Гроссом, А. Н. Терениным, С. Э. Фришем и др.) по инициативе

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования России, грант № РНП.2.1.1/1575.

© Л. В. Прохоров, 2009

Д. С. Рождественского зачисляется по совместительству лаборантом в Оптический институт (ГОИ, создан в конце 1918 г.; тогда он помещался в здании Физического института). В 1922 г. В. А. закончил Университет и был оставлен на физико-математическом факультете, в отделении физики «для подготовки к профессорскому званию» (т. е. «зачислен в аспирантуру»). Его учителями были А. Н. Крылов, Ю. А. Крутков, В. Р. Бурсиан, В. К. Фридерикс, А. А. Фридман, В. И. Смирнов, Я. Д. Тамаркин.

Это было нелёгкое время. Вот выдержки из студенческого дневника В. А. 1920 г., январь: «...Весь день голодал. Вернулся домой ... шатаюсь от голода и усталости»; февраль: «Картошки нет. Голодно. Голова не работает».

Поразительно, что Фок, находясь на периферии научных событий, в стране, ещё не оправившейся от Первой мировой и гражданской войн, сумел внести основополагающий вклад в новую механику, «родившуюся» в 1925 г. На следующий год появились две фундаментальные статьи молодого учёного. В первой из них было предложено одно из двух основных уравнений, которыми описывается вся известная материя, названное впоследствии уравнением Клейна–Фока. Второе уравнение было открыто великим физиком Полем Дираком в 1928 г. В следующей статье, написанной полтора месяца спустя, была предложена единая теория гравитации и электромагнетизма (модель Калуцы–Клейна–Манделя–Фока).

Эти работы произвели должное впечатление на современников. Фок получает стипендию Рокфеллеровского фонда и едет в Германию (август 1927). Это было началом его блистательной карьеры на поприще теоретической физики. В её обиход вошли: уравнение Клейна–Фока–Гордона, пространство Фока, представление Фока, симметрия Фока, метод Хартри–Фока, метод функционалов Фока, калибровка Фока, метод собственного времени Фока... Велик его вклад и в общую теорию относительности.

Но даже этот перечень не исчерпывает всех его свершений. Многие работы В. А. оказались незаслуженно забыты... Так, ещё в совместной статье с немецким физиком П. Йорданом (1930) было установлено существование кванта магнитного потока. «Нити Абрикосова» несут именно такие кванты. За предсказание этих нитей А. А. Абрикосову в 2003 г. была присуждена Нобелевская премия (вместе с В. Л. Гинзбургом и Э.-Дж. Леггетом).

Диапазон интересов В. А. Фока необъятен. Он профессионально работал не только в физике, но и в математике. Исследовал движение газов в канале орудийного ствола, написал монографию по геологоразведке. Применение рекомендации, содержащейся в его работе «О движении стержня в вязкой среде», сократило срок варки стекла в три раза, а себестоимость – вдвое. Исследования Фока по распространению радиоволн «несомненно, составили эпоху в теории дифракции» (академик В. И. Смирнов). Такое было под силу только титанам эпохи Возрождения или отечественным энциклопедистам М. В. Ломоносову и Д. И. Менделееву.

«В 1932 г. В. А. Фок был избран членом-корреспондентом Академии наук, но только в 1934 г. ему было присвоено звание профессора** и одновременно он был утверждён в учёной степени доктора физических наук» [2, с. 21]. В 1939 г. его избирают действительным членом Академии наук СССР.

Его трижды арестовывали: во время гражданской войны, в 1934 и в 1937 гг.

Во время Великой отечественной войны В. А. Фок до осени 1941 г. оставался в Ленинграде. Вместе с учениками он составил таблицы стрельб корабельных орудий

** Адресная и справочная книга «Весь Ленинград. 1934» уточняет: «Фок Вл. Алдр. Профессор, Мастерская ул., д. 12, кв. 3. Тел. 406-35». – *Прим. ред.*

(восемь тетрадей). 18 сентября он получил приказ вместе с семьёй вылететь из осаждаемого города. Ленинград обстреливался из орудий, аэродром перед вылетом подвергся бомбардировке. До лета 1943 г. В. А. находился в Елабуге, а затем переехал в Москву. В 1944 г. ему была вручена медаль «За оборону Ленинграда».

Ему предложили заняться вопросами распространения радиоволн. За эти работы в 1946 г. В. А. Фок был удостоен Сталинской премии I степени. В 1957 г. 13 его статей были опубликованы в США под названием “Diffraction, refraction and reflection of radio waves” [2, с. 29], а позднее его статьи в виде книги были изданы в Лондоне.

После войны В. А. приходится работать и в Москве, и в Ленинграде. Примерно с 1953 г. он окончательно оседает в Ленинграде, читает лекции по теории тяготения (курс возобновлён в 1948-м). В 1961 г. образуется теоретический отдел, которым он заведует до своей кончины.

Основное место работы:

Петроградский, Ленинградский университет: 1922–1924 гг. – аспирант, с 1924 по 1932 г. – ассистент, доцент, 1932–1961 гг. – профессор, заведующий кафедрой квантовой механики, с 1961 г. – руководитель теоретического отдела Института физики при ЛГУ.

Другие научные учреждения:

Государственный оптический институт, с 1918 по 1923 г. – сотрудник, и с 1928 по 1941 г. – научный сотрудник.

Главная геофизическая обсерватория, 1924–1925 гг. – научный сотрудник.

Ленинградский физико-технический институт, 1924–1936 гг. – научный сотрудник.

Геологоразведочный геофизический институт, 1929–1931 гг. – научный сотрудник.

Ленинградский промышленный (политехнический) институт, 1930–1933 гг. – профессор кафедры теоретической физики.

Физико-математический институт АН СССР в Ленинграде, 1931–1934 гг. – научный сотрудник.

ФИАН (Москва), 1934–1941 и 1944–1953 гг. – старший научный сотрудник.

Институт физических проблем АН СССР (Москва), 1954–1961 гг. – старший научный сотрудник.

Государственные награды, почётные звания:

Медаль «За оборону Ленинграда» (1944),

Орден Ленина (1945),

Сталинская премия I-й степени (1946),

Орден Ленина (1953),

Орден Трудового Красного Знамени (1953),

Орден Ленина (1958),

Звание Героя Социалистического Труда с вручением медали «Золотая Звезда» и ордена Ленина (1968).

Другие награды:

Премия им. Д. И. Менделеева (1936),

Почётный отзыв на Международном конкурсе им. Н. И. Лобачевского с присвоением звания почётного члена Казанского физико-математического общества (1937),

Медаль им. Г. Гельмгольца (1971).

Членство в иностранных академиях:

Датское и Норвежское Королевские общества, Немецкая Академия наук в Берлине, Международная Академия квантовой теории молекул, почётный доктор Лейпцигского, Делийского и Мичиганского университетов.

Научные командировки:

Германия, Франция (1927–1928), Венгрия (1952), Польша (1953), ГДР, Швейцария, Чехословакия (1955), Франция (1956), Дания (1957), США, Франция (1958), Норвегия, Англия (1960), Польша (1962), Венгрия (1963), Италия, Югославия (1964), Англия, ГДР (1965), Индия, Франция (1965–1966), Франция, США (1967), Триест, Швейцария (1968), Италия, ГДР (1969), Швейцария (1970), Дания, ГДР (1971), ГДР, Болгария (1973).

Большая наука. Редко кому удаётся сделать работу, указывающую новое направление в науке, вносящую вклад в наше миропонимание, являющуюся вехой в истории физики. Ещё меньше авторов двух-трёх работ такого уровня. В. А. Фок опубликовал более дюжины статей, результаты которых вошли «в плоть и кровь» современной физики.

Уже первая его работа середины 1920-х гг. по квантовой механике [3] содержала уравнение Клейна–Фока. Была решена задача о движении релятивистской заряженной частицы нулевого спина в электрическом и магнитном полях. Рассмотрены эффекты Зеемана и Штарка, обнаружена тонкая структура энергетических уровней атома водорода.

Во второй работе [4], отосланной в печать через полтора месяца, было предложено объединение гравитации и электромагнетизма в рамках пятимерия (независимо от Т. Калуцы и О. Клейна; в этом томе публиковалась статья на ту же тему и другого ленинградского физика Г. Манделя). А. Эйнштейн в письме Х. Лоренцу (16 февраля 1927) писал: «Кажется, что гравитацию и теорию Максвелла удалось объединить вполне удовлетворительным образом в рамках пятимерной теории (Калуцы–Клейна–Фока)» [2, с. 67]. Идея многомерия является ключевой в современной физике. В этой же работе впервые был корректно сформулирован принцип калибровочной инвариантности в квантовой теории – фундаментальный принцип теории квантованных полей. Использованный В. А. термин «градиентное преобразование» ныне почти не употребляется.

Через два года появилась работа [5], в которой были введены «функционалы Фока» – основной рабочий инструмент современной квантовой теории поля.

В работе [6] определена операция параллельного переноса спинора в римановом пространстве и построена соответствующая ковариантная производная. Достижение 1929 г. громадное! При этом было ещё установлено, что наряду с коэффициентом римановой связности в выражении для ковариантной производной спинора появляется векторное поле A_μ . По сути, это ещё один путь объединения гравитации и электромагнетизма (наряду с теорией Калуцы–Клейна–Манделя–Фока). Там же было выписано тождественное соотношение между произведениями четырёх спиноров, одно из «тождеств Фирца»; все такие тождества были получены Фирцем только в 1937 г.

В 1930 г. В. А. Фок опубликовал статью [7], содержащую метод приближённого описания многочастичных систем в рамках квантовой теории (метод Хартри–Фока). На нём базируются современные теории атомов, ядер, твёрдых тел.

В совместной с П. Йорданом работе [8] был, как уже упоминалось, впервые корректно определён квант магнитного потока. Именно такой квант обнаружен в сверхпроводниках второго рода. В. А. понимал важность этого результата и при случае о нём упоминал. Между тем эта работа была предана забвению и в связи с квантованием магнитного потока, к сожалению, не цитируется.

Далее, в совместной работе 1932 г. с П. А. М. Дираком и Б. Подольским [9] был введён так называемый «многовременной формализм». Уже в послевоенных работах

С. Томонаги и Ю. Швингера он был обобщён («сверхмноговременной формализм»), что позволило сформулировать квантовую теорию полей в явно релятивистски инвариантном виде. В том же году вышла ещё одна работа В. А. [10], посвящённая теории квантованных полей, в которой (вкуче с работами [11, 12]) оттачивались метод функционалов и теория пространства Фока.

Одной из важнейших следует признать работу 1935 г. [13], посвящённую выяснению природы скрытой симметрии атома водорода. Введённое в ней понятие «динамической симметрии» существенно расширило горизонты теоретической физики.

Ещё один важный шаг вперёд был сделан в работе 1937 г. [14], где был сформулирован «метод собственного времени» (точнее, метод пятого параметра). Этот метод излагается ныне в учебниках. Но работа [14] содержала и ещё одно открытие – калибровку Фока. Она позволяет выразить потенциалы через напряжённости и является как бы центром, объединяющим многие физически важные калибровки.

Наконец, последняя предвоенная фундаментальная работа [15] посвящена выводу уравнений движения материи из гравитационных полевых уравнений. Работа появилась вслед за известной статьёй А. Эйнштейна, Л. Инфельда и Б. Гоффмана (1938 г.) и выполнена независимо. В отличие от работы трёх авторов, рассматривавших нефизический случай материальных точек (в теории гравитации такие объекты не существуют), В. А. Фок рассмотрел «протяжённые массы»; вычисления этих трёх авторов оказались столь громоздки, что не поместились в статью, тогда как все выкладки В. А. «приведены с большой подробностью» [15].

Далее, нельзя обойти вниманием работы В. А. Фока по теории дифракции радиоволн [16]. Их научная оценка академиком В. И. Смирновым уже приводилась. Надо только добавить, что эти работы велись во время войны по предложению адмирала А. И. Берга [2, с. 28].

Наконец, в одной из последних своих работ [17] В. А. ввёл понятие «физического пространства», важность которого в полной мере выяснилась гораздо позднее. Он писал: «Понятие физического пространства тесно связано с представлением о движении физического тела. ...Можно предположить, что в квантовой физике простейший возможный объект обладает свойствами электрона» [2, с. 322]. Состояние электрона помимо координат характеризуется ещё и поляризацией σ , поэтому волновая функция зависит от четырёх переменных x, y, z, σ . Это пространство В. А. предлагает назвать «спинорным пространством». Осталось сделать один шаг, чтобы ввести понятие суперсимметричного физического пространства с переменными $t, x, y, z, \theta, \theta^2 = 0$. Именно такая концепция пространства появляется при его моделировании трёхмерной квантовой сетью, построенной из суперструн [18].

Но и этим не исчерпывается его влияние на современную науку. В. А. Фок первым дал строгое определение δ -функции Дирака [2, с. 72], а его идея перехода к комплексным значкам в разложении функции по полиномам сыграла существенную роль при построении реджистики. Подробнее относительно тождеств Фока–Фирца и калибровки Фока в [19, с. 55, 273, 286]. Библиография работ В. А. Фока приведена в [2, 20].

На два фронта. В. А. Фок не принадлежал к числу учёных, замыкавшихся в «башне из слоновой кости». С одной стороны, он боролся против властей и «иже с ними» (официальными философами и журналистами), которые отстаивали «чистоту» диалектического материализма, хотя и не понимали новой физики, что, впрочем, было извинительно.

Неоценимую роль В. А. сыграл в 1949 и 1953 гг.; во многом благодаря его принципиальной позиции был предотвращён разгром физики, затевавшийся вслед за разгромом

биологии в 1948 г. Е. Л. Фейнберг [21, с. 302] приводит такой эпизод одного обсуждения в ФИАНе (1952). Конец выступления В. А.: «Мы с вами спорим 25 лет. За это время мы, физики, выучили диалектический материализм и знаем его, а вы, философы, так ничему в физике и не научились, не понимаете её». После этого, «сложив свой слуховой аппарат в портфель ... он прошествовал по длинному проходу до выхода и не слишком тихо затворил за собой дверь». Надо знать те времена, чтобы оценить такой поступок.

Или вот ещё эпизод [22, с. 251]. Примерно в те же годы на совещании у министра высшего образования С. В. Кафтанова выступали противники теории относительности и квантовой механики, пытаясь доказать их неприемлемость «с философской точки зрения». Выступив первым, В. А. «очень серьёзно и обстоятельно, пункт за пунктом опроверг противников современной физики... В конце С. В. Кафтанов сказал: „Мы были бы варварами, если бы стали отбрасывать теорию относительности и квантовую механику“».

С другой стороны, Владимир Александрович отстаивал правильное понимание «новой физики». Это была нелёгкая задача. Её не понимали и сами «отцы основатели», что, само по себе, не может быть поставлено им в упрёк. Но даже они позволяли себе непростительные неточности (отождествление понятий причинности и детерминизма, введение понятия «неконтролируемого взаимодействия объекта с прибором» и т. п.). В. А. Фок неоднократно выступал в печати, вёл дискуссии с Нильсом Бором. И хотя Бор на склоне лет и отрицал влияние Фока на его взгляды [21, с. 294], он всё же вынужден был изменить терминологию.

Впрочем, скоро появился и «третий фронт». Получив приглашение войти в состав экспертной группы по Нобелевским премиям, В. А. Фок в 1954 г. писал в Нобелевский комитет: «Прежде всего я приветствую тот факт, что Вы запрашиваете мнение также и о советских учёных. Вместе с тем я считаю необходимым высказать следующие соображения.

До сих пор Нобелевские премии не являлись действительно международными. В самом деле, просматривая списки награждённых за 1901–1953, я не вижу в них ни одного русского имени. Между тем ряд крупнейших открытий по физике этого периода принадлежат русским учёным, начиная с изобретения радио Поповым (1895) и открытия светового давления Лебедевым (1899), кончая открытием сверхтекучести гелия Капицей (1939) или второго звука Ландау и Пешковым, сделанным уже после войны.

Таким образом, в практике Нобелевского комитета установился обычай не давать премий русским и советским учёным, как бы ни были значительны их работы. Это можно рассматривать либо как дискриминацию, либо как отказ от международного характера Нобелевской премии.

Такого рода дискриминацию можно усмотреть и в том, что, например, Ваше письмо отпечатано на четырёх европейских языках, включая даже немецкий, не отпечатано на языке великого и высококультурного русского народа, моральное влияние которого в настоящее время стоит особенно высоко.

Если Нобелевский комитет действительно желает, чтобы присужденные им премии стали международными, он должен в ближайшие годы, в знак своего отказа от дискриминации, присудить ряд премий по разным отраслям наук также и советским учёным. В частности, премию по физике 1955 года ... академику Капице за открытие им явления сверхтекучести гелия».

Нобелевская премия П. Л. Капице была присуждена только в 1978 г. Фок также предложил включить в число претендентов кроме А. М. Прохорова также и его ученика Н. Г. Басова (премия им присуждена в 1964 вместе с Ч. Таунсом).

При этом сам Фок явно превзошёл «нобелевскую планку». Наиболее очевидное из достижений нобелевского уровня – метод Хартри–Фока, без которого немислимы ни теория твёрдого тела (в частности, современная наноэлектроника), ни теория ядра, ни теория атома. Увы, рано умер (в 1958) соавтор метода английский физик Д.-Р. Хартри, и проблема для Нобелевского комитета разрешилась сама собой (по завещанию А. Нобеля премия не даётся посмертно).

Хороший человек – это важнее, чем хороший учёный. В. А. Фок был не только великим учёным, но и исключительно порядочным человеком. Он любил повторять: «Хороший человек – это важнее, чем хороший учёный». Приведём выдержку из письма П. Л. Капицы и его супруги, А. А. Капица, по случаю 50-летия В. А. Фока. «За что мы любим Фока? Мы любим его за верность друзьям. Мы любим его за гражданское мужество. Мы любим его за доброту его сердца, мы знаем его прямооту и щедроту... Мы любим его за упорство и упрямство, которые заставляют его добираться до сути дела и держаться своего мнения. Мы любим его за чуткость, за его детские хитрости и за его смешливость».

А вот конец шутивого стихотворения самого В. А. «Хвалебная ода Бору» [20, с. 62]:

Ликуй же Бор! Ты победил,
Ты физиков всех с толку сбил.
Хвала тебе! Ты слово рек –
И одуревший человек
Уж полон верою в него,
Не понимая ничего.

Лишь сейчас становится ясно, что это не только шутка, это – диагноз. Ода даёт точную картину состояния квантовой физики в XX веке. Редкие люди осмеливались признаться в том, что они «ничего не понимают». Приведём выдержку из книги другого великого физика Р. Фейнмана [23, с. 139]: «Было время, когда газеты писали, что теорию относительности понимают только двенадцать человек. Мне лично не верится, что это правда. Возможно, было время, когда её понимал всего один человек, так как только он разобрался в том, что происходит и не написал ещё об этом статьи. После же того, как учёные прочли эту статью, многие так или иначе поняли теорию относительности, и, я думаю, их было больше двенадцати. Но мне кажется, я смело могу сказать, что квантовой механики никто не понимает» (1965). Подтверждение диагноза. Ситуация с квантовой механикой и теорией относительности начала проясняться только в XXI веке [18].

Остро стоит вопрос об увековечении памяти Фока. Российская академия наук учредила премию имени В. А. Фока. В Петербургском университете есть НИИ Физики имени В. А. Фока. Но этим дело и ограничилось. Нет памятных досок ни на доме, в котором он жил, ни на ректорском флигеле в СПбГУ, где был его кабинет, ни на здании ГОИ (ныне ликвидированного), в котором он долгое время работал.

Известный оптик А. И. Стожаров, знавший В. А. Фока с 1919 г., писал [20, с. 62]: «Я бы поставил В. А. Фоку памятник на площади между ГОИ, БАНом и ЛГУ». Но недавно там был установлен памятник академику А. Д. Сахарову, который жил и работал в Москве. Увековечен и подпоручик Кижe (Университетский двор). Сейчас всерьёз обсуждается вопрос об установке памятника лошади Петра I по кличке Лизетт (газета «Известия» от 29 октября 2008, с. 8)...

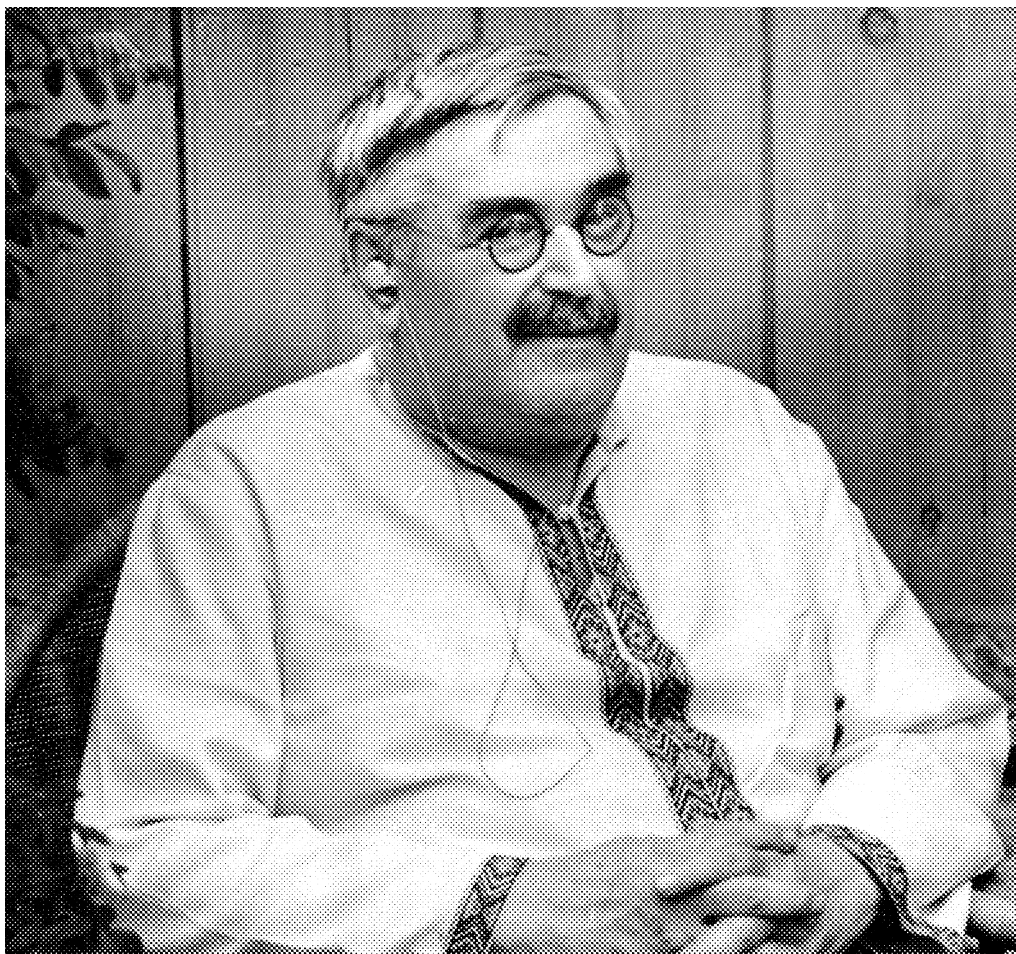


Рис. 2. Владимир Александрович Фок:

«Хороший человек – это важнее, чем хороший учёный»

Владимир Александрович Фок был великий труженик. Из его последней записи в дневнике (26 декабря 1974, больница): «Пульс всё-таки 80. ...После дневного отдыха занимался часа два с половиной». На следующий день его не стало.

Согласно древнегреческим мифам, титаны, дети Урана (неба) и Геи (земли), вступили в борьбу с Зевсом за обладание небом и были сброшены в Тартар. В отличие от мифологических титанов В. А. Фок попал на небо – его именем названа одна из малых планет Солнечной системы: 10 728 VLADIMIRFOCK.

От редакции. Бернгард (Борис) Фок при Екатерине II заведовал садами придворного ведомства. Его сын генерал-лейтенант Александр Борисович Фок (1763–1825) проявил героизм в русско-турецкой войне 1788 г. и в Отечественной войне 1812 г.; портрет его находится в Военной галерее Зимнего дворца. Недавно выяснилось, что семейное место А. Б. Фока находилось на несохранившемся лютеранском кладбище села Мартышкино в километре от нынешней железнодорожной станции Университет. Об этом подробнее: *Парахуда В. А., Панов В. А.* Ораниенбаумский некрополь. Опыт исторической реконструкции // Невский архив. Вып. VII. СПб., 2006. С. 384–389. – *Прим. ред.*

Литература

1. *Владимирова Л. Ф.* В. А. Фок – жизнь и творчество. СПб., 2000. 236 с.
2. *Фок В. А.* Избранные труды. СПб., 2003. 488 с.
3. *Fock V.* Zur Schrödingerschen Wellenmechanik // *Zs. f. Phys.* 1926. Bd. 38. N 3. S. 242–250.
4. *Fock V.* Über die invariante Form der Wellen und die Bewegungsgleichungen für einem geladenen Massenpunkt // *Ibid.* 1926. Bd. 39. N 2–3. S. 226–232.
5. *Fock V.* Über die Beziehung zwischen den Integralen der quantenmechanischen Bewegungsgleichungen und der Schrödingerschen Wellengleichung // *Ibid.* 1928. Bd. 49. N 5–6. S. 339–357.
6. *Fock V.* Geometrisierung der Diracschen Theorie des Electrons // *Ibid.* 1929. Bd. 57. N 3–4. S. 261–277.
7. *Fock V.* Näherungsmethode zur Lösung des quantenmechanischen Mehrkörperproblem // *Ibid.* 1930. Bd. 61. N 1–2. S. 126–148.
8. *Jordan P., Fock V.* Neue Unbestimmtheitseigenschaften des electromagnetischen Fields // *Zs. f. Phys.* 1930. Bd. 66. N 3–4. S. 206–209.
9. *Dirac P. A. M., Fock V. A., Podolsky B.* On quantum electrodynamics // *Phys. Zs. Sowjet.* 1932. Bd. 2. N 6. S. 468–479.
10. *Fock V.* Konfigurationsraum und zweite Quantelung // *Zs. f. Phys.* 1932. Bd. 75. N. 9–10. S. 622–647.
11. *Fock V.* Zur Quantenelectrodynamik // *Phys. Zs. Sowjet.* 1934. Bd. 6. N 5. S. 425–469.
12. *Фок В. А.* Метод функционалов в квантовой электродинамике // *Учён. зап. ЛГУ. Сер. физ. наук.* 1937. Т. 3. № 17. С. 109–124.
13. *Фок В. А.* Симметрия атома водорода // *Социалист. реконстр. и наука (СОРЕНА).* 1935. Вып. 5. С. 3–9.
14. *Фок В. А.* Собственное время в классической и квантовой механике // *Изв. АН СССР. Сер. физ.* 1937. № 4–5. С. 551–568.
15. *Фок В. А.* О движении конечных масс в общей теории относительности // *Журн. эксп. и теор. физики.* 1939. Т. 9. С. 375–410.
16. *Фок В. А.* Проблемы диффракции и распространения электромагнитных волн. М., 1970. 520 с.; *Fock V. A.* Electromagnetic diffraction and propagation problems. Internat. Series of Monographs in Electromagn. Waves. Vol. 1. London: Pergamon Press, 1965. 414 p.
17. *Fock V.* A possible generalization of the concept of physical space // *Phys. Norveg.* 1971. Vol. 5. P. 149–150.
18. *Прохоров Л. В.* О физике на планковских расстояниях. Пространство как сеть // *Физ. элементарн. част. атом. ядра.* 2007. Т. 38. Вып. 3. С. 696–733.
19. *Прохоров Л. В.* Вопросы теории калибровочных полей. СПб., 2007. 304 с.
20. Сб. статей, посвящённый 80-летию со дня рождения академика В. А. Фока / под ред. М. М. Мирошникова // *Тр. ГОИ.* 1978. Т. 43. Вып. 177.
21. *Фейнберг Е. Л.* Эпоха и личность. Физики. М., 2003. 416 с.
22. *Бозуш А. А.* Очерки по истории физики микромира. М., 2004. 304 с.
23. *Фейнман Р.* Характер физических законов. М., 1968. 232 с.

Принято к публикации 1 июня 2009 г.