

СОВЕЩАНИЯ И КОНФЕРЕНЦИИ

539.125.5

**СЕМИНАР, ПОСВЯЩЕННЫЙ 70-ЛЕТИЮ Ф. Л. ШАПИРО**

6 апреля 1985 г. исполнилось 70 лет со дня рождения члена-корреспондента АН СССР Федора Львовича Шапира. Этой дате был посвящен научный семинар, состоявшийся 4 апреля 1985 г. в Лаборатории нейтронной физики (ЛНФ) Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна, Московская область), с которой научная деятельность Ф. Л. Шапира была связана с основания Лаборатории в 1957 г. и до дней его болезни и кончины 30 января 1973 г.

Во вступительном слове И. М. Франк коротко напомнил основные этапы научной деятельности Ф. Л. Шапира. С 1945-го по 1965 г. он работал в Физическом институте им. П. Н. Лебедева АН СССР. Его первые работы, в том числе и кандидатская диссертация 1949 г., были посвящены физике реакторов. Из них закономерным образом возник интерес к нейтронной физике, ставшей его основной специальностью, и к нейтронной спектроскопии в частности. В лаборатории атомного ядра ФИАНа, располагавшей в качестве источника нейтронов только нейтронными генераторами, использующими  $D + T$ -реакцию, работы в этой области были непростой задачей. Перевод нейтронного генератора в импульсный режим оказался плодотворным (изучение процессов нестационарной диффузии и замедления), но в сочетании с традиционными методами спектроскопии резонансных нейтронов такой источник излучения неперспективен. Большим успехом было развитие под руководством Ф. Л. Шапира метода спектрометрии по времени замедления в свинце (его теория была предложена Л. Е. Лазаревой, Е. Л. Фейнбергом и Ф. Л. Шапира). Этим методом получен ряд интересных результатов, в том числе и по изучению сечений радиационного захвата. Наибольшей известностью пользуется обнаружение отклонения от закона  $1/v$  в поглощении нейтронов и его интерпретация. Это привело Ф. Л. Шапира к открытию возбужденного состояния гелия-4 ( $E = 20,5$  МэВ,  $J^\pi = 0^+$ ), получившего всеобщее признание. Вполне естественно, что с началом создания в ЛНФ в 1957 г. первого импульсного реактора периодического действия — ИБР, специально предназначенного для целей нейтронной спектрометрии, Ф. Л. Шапира проявил к этой работе живейший интерес. Он немало сделал для того, чтобы ИБР был наилучшим образом приспособлен для физических исследований, и внес большой вклад в подготовку программы исследований на нем.

С 1959 г. начинается научная деятельность Ф. Л. Шапира в Дубне, о многих сторонах которой рассказано в докладах, аннотации которых приведены ниже. Для Ф. Л. Шапира была характерна широта научных интересов, сочетавшаяся с проницательностью в оценке перспективности тех или иных направлений исследования. Его живо интересовали, например, проблемы физики элементарных частиц. Так, ему принадлежит идея использовать ультрахолодные нейтроны для обнаружения дипольного электрического момента нейтрона. Она послужила стимулом к началу работ по получению ультрахолодных нейтронов, которые до этого времени экспериментально не

наблюдались. Нужно было большое экспериментальное искусство, чтобы обнаружить эти нейтроны с помощью реактора ИБР, имевшего небольшую среднюю мощность. Теперь исследования с ультрахолодными нейтронами стали самостоятельной областью нейтронной физики. Что касается дипольного момента нейтрона, то прекрасные работы в этой области выполнены в последние годы в Ленинградском институте ядерной физики им. Б. П. Константинова АН СССР.

Широко известен развитый под руководством Ф. Л. Шапиро метод получения поляризованных резонансных нейтронов, с помощью которого получен ряд существенных для изучения нейтронных резонансов результатов. Недавно выяснилось, что он плодотворен и в решении фундаментальных проблем физики. С его помощью было открыто резонансное усиление несохранения четности при взаимодействии нейтронов с ядрами.

Основы методов изучения конденсированных сред с помощью нейтронов на реакторе ИБР были заложены в начале 60-х годов Ф. Л. Шапиро с сотрудниками. Теперь для этих исследований открылись широкие возможности на пучках нейтронов реактора ИБР-2.

Многие активно работающие сотрудники Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ считают Ф. Л. Шапиро своим учителем. Работы, выполненные в Лаборатории за последнее десятилетие, во многих случаях тесно связаны с направлениями исследований Ф. Л. Шапиро или с высказанными им идеями. Это нашло отражение в сообщениях, сделанных на семинаре.

Доклад Ю. С. Язвницкого «Развитие экспериментальной базы исследований по ядерной физике на реакторах ИБР» был посвящен тому, как развивалась нейтронная спектроскопия с использованием этих реакторов. К началу подготовки исследований на реакторе ИБР, т. е. к концу 50-х годов, уже сложилось понимание того, что нейтронная спектрометрия — мощный инструмент изучения атомных ядер. Вместе с тем основным ее направлением было измерение полных сечений взаимодействия нейтронов с ядрами. Оно требовало дальнейшего повышения разрешающей способности нейтронных спектрометров по времени пролета с целью получения более детальных сведений о полных сечениях и расширения доступного диапазона энергий нейтронов. Что касается парциальных сечений, то здесь сведения имели отрывочный характер и ограничивались главным образом данными о сечениях деления. Заметное продвижение в эту область было достигнуто в Физическом институте АН СССР на спектрометре по времени замедления. Реактор ИБР, как нейтронный спектрометр при большой светосиле и средней величине разрешения, представлялся особенно перспективным именно для изучения парциальных сечений взаимодействия нейтронов с ядрами. При непосредственном участии Ф. Л. Шапиро это направление работ было выбрано как основное и начата его разработка. Был создан ряд детекторов высокой эффективности, предназначенных для этих целей. Уже в начале 60-х годов в ЛНФ ОИЯИ был впервые реализован комплексный подход к изучению нейтронных резонансов (для каждого из ядер изучались  $\sigma_t$ ,  $\sigma_p$ ,  $\sigma_n$ ,  $\sigma_f$ ). Несколько позже начались исследования с поляризованными нейтронами. Совершенствование импульсного источника нейтронов (повышение мощности ИБР и создание импульсного бустера) позволило еще в 60-х годах заложить основы для создания ряда новых направлений — изучения  $\alpha$ -распада нейтронных резонансов, исследования спектров  $\gamma$ -лучей при захвате нейтронов в отдельных резонансах, а затем и исследования эффектов сверхтонких взаимодействий. Все эти направления успешно развиваются и до сих пор.

Доклад Э. И. Шарапова «Нейтронные исследования легких ядер» был посвящен проблеме легчайших ядер. Исследование реакций под действием медленных нейтронов на ядрах  ${}^3\text{He}$ ,  ${}^6\text{Li}$ ,  ${}^{14}\text{N}$ ,  ${}^{10}\text{B}$ ,  ${}^{37}\text{Cl}$  проводилось, начиная с 1957 г., Ф. Л. Шапиро с сотрудниками с помощью спектрометра по времени замедления в свинце. Они привели к существенным результатам. В частности, вопрос о природе возбужденного уровня  ${}^4\text{He}$ , существование

которого было доказано в этих работах, стал предметом плодотворных теоретических исследований. В Лаборатории нейтронной физики Ф. Л. Шапиро с сотрудниками выполнили эксперимент по рассеянию поляризованных нейтронов на поляризованной  $^2\text{D}$ -мишени и сделали выбор набора длин  $\text{nd}$ -рассеяния. Этот результат очень важен для теории малонуклонных систем.

В последующие годы теория малонуклонных систем интенсивно развивалась и поставила ряд новых задач перед экспериментом.

В 1977—1982 гг. в ЛНФ была выполнена серия спектрометрических измерений нейтронных сечений для легчайших ядер в диапазоне от тепловых энергий до 200 кэВ. Был установлен набор длин  $n$   $^3\text{He}$ -рассеяния; обнаружена сильная спиновая зависимость сечений рассеяния нейтронов на  $^3\text{He}$ ,  $^6\text{Li}$  и  $^7\text{Li}$ ; изучен радиационный захват нейтронов дейтонами и гелием-3 и при этом дана экспериментальная оценка примеси состояний со смешанной перестановочной симметрией для ядра  $^4\text{He}$ . Для ядер продуктов  $^7\text{Li}$  и  $^8\text{Li}$  существенно уточнены характеристики возбужденных состояний.

Экспериментальные исследования легчайших ядер актуальны для проверки принципа зарядовой инвариантности ядерных сил, выявления роли обменных мезонных токов в процессах радиационного захвата, оценки проявления кварковых степеней свободы в легких ядрах и для решения ряда других вопросов современной теории малонуклонных систем.

Доклад В. П. Алфименкова «Исследования с поляризованными нейтронами и ядрами в ЛНФ ОИЯИ» содержал обзор исследований с резонансными нейтронами, начатых в 60-х годах под руководством Ф. Л. Шапиро. Основой этих исследований служила установка для поляризации нейтронов путем пропускания нейтронного пучка сквозь поляризованную протонную мишень (метод Ф. Л. Шапиро и Ю. В. Тарана). С помощью этой установки были проведены первые исследования спиновой зависимости взаимодействия нейтронов с ядрами.

К середине 70-х годов был создан новый, существенно модернизированный вариант установки, который в процессе эксплуатации совершенствуется и до сих пор. Действующая установка позволяет получать пучок поляризованных нейтронов сечением  $5 \times 6 \text{ см}^2$  с поляризацией  $P_n = 60\%$  в диапазоне энергий нейтронов 0,1 эВ — 100 кэВ. На установке реализованы три способа реверса поляризации, в том числе весьма быстрый ( $\sim 10 \text{ с}$ ), что позволяет часто чередовать измерения с противоположной поляризацией нейтрона и осуществлять поиск достаточно малых поляризационно-чувствительных эффектов во всем диапазоне энергий нейтронов.

Другая существенная часть установки — поляризованная ядерная мишень, использующая криостат с растворением гелия-3 в гелии-4. Этот криостат позволяет получать на мишени стационарную низкую температуру 20—30 мК в магнитном поле до 15 кЭ. В этих условиях поляризация ядер по методу Гортера — Роуза для поликристаллических редкоземельных металлов достигает 50—60%. Успешно были поляризованы ядра  $\text{Ho}$ ,  $\text{Er}$ ,  $\text{Tb}$ ,  $\text{Dy}$ ,  $\text{Tm}$  и др. Следует подчеркнуть, что вплоть до последнего времени этот комплекс поляризующих устройств не имел в мире ни аналогов, ни серьезных конкурентов.

Научные исследования, выполненные с поляризованными нейтронами и ядрами, дали много существенно новых результатов. Для большого количества ядер были определены спины резонансов и исследована спиновая зависимость усредненных полных нейтронных сечений в области энергий нейтронов до 100 кэВ. В результате этих исследований получена спиновая зависимость  $s$ -волновых силовых функций и дана экспериментальная оценка мнимой части спин-спинового потенциала в оптической модели ядра.

Впервые были определены магнитные моменты ряда ядер при энергиях возбуждения близких к энергии связи нейтрона ( $\sim 7 \text{ МэВ}$ ). Определены наборы длин рассеяния для  $^2\text{H}$  и  $^7\text{Li}$ , играющие важную роль для проверки теоретических моделей легчайших ядер.

С 1981 г. на поляризованной установке исследуется  $P$ -нечетная зависимость полных нейтронных сечений ядер от спиральности нейтрона вблизи низколежащих  $p$ -волновых резонансов сложных ядер. Открыто явление резонансного усиления  $P$ -нечетного эффекта в полном сечении, причем в случае резонанса 0,75 эВ ядра  $^{139}\text{La}$  усиление достигает  $10^5$ — $10^6$ , а экспериментально наблюдаемая зависимость сечения от спиральности нейтрона достигает 15%, или  $\sim 0,1$  бн. К настоящему времени исследовано около 15 резонансов, на четырех из них обнаружен  $P$ -нечетный эффект. Резонансный характер эффекта подтверждает справедливость модельных представлений, согласно которым слабые взаимодействия в ядрах могут приводить к смешиванию волновых функций возбужденных состояний ядер, отличающихся по четности.

Доклад Л. Б. Пикельнера «Сверхтонкие взаимодействия в нейтронной резонансной спектроскопии» был посвящен исследованиям проявления сверхтонких взаимодействий в нейтронных резонансах.

Идея о возможности измерения магнитных моментов ядер в состояниях, близких к энергии связи нейтрона, по энергетическому сдвигу нейтронных резонансов в магнитном поле была высказана Ф. Л. Шапиро в 1966 г. Он же отметил и трудности экспериментального решения этой задачи. Однако развитие методики исследований с поляризованными нейтронами и поляризованными ядрами позволило уже в 70-х годах приступить к исследованиям сверхтонких взаимодействий в нейтронных резонансах. Такие исследования сильно затруднены тем, что энергия исследуемых взаимодействий много меньше ширины нейтронных резонансов, и поэтому наблюдаемый эффект сводится к сдвигу энергии нейтронного резонанса на величину, составляющую  $10^{-3}$ — $10^{-4}$  от его ширины. Тем не менее прецизионная методика измерений и математической обработки результатов позволили его обнаружить и исследовать.

В случае взаимодействия магнитного момента ядра с внутриатомными магнитными полями энергетический сдвиг резонанса обусловлен различием заселенностей зеemanовских уровней основного состояния ядра при низкой температуре в поляризованной ядерной мишени. Энергетический сдвиг резонанса, возникающий при поляризации мишени,  $\Delta E \approx f_N H (\mu_{\text{возб}} - \mu_{\text{осн}})$ , и позволяет найти магнитный момент возбужденного состояния ядра  $\mu_{\text{возб}}$ . Этим методом были определены магнитные моменты ряда уровней для пяти изотопов редкоземельных элементов.

Другой тип сверхтонкого взаимодействия проявляется в нейтронных резонансах при помещении исследуемого ядра в различные химические соединения. Его аналог — так называемый химический сдвиг в ядерной гамма резонансной (ЯГР) спектроскопии. Этот сдвиг пропорционален произведению  $\Delta r_e(0) \cdot \Delta \langle r^2 \rangle$ , где  $\Delta r_e(0)$  — разность электронных плотностей на месте ядра для рассматриваемой пары химических соединений, а  $\Delta \langle r^2 \rangle$  — разность среднеквадратичных зарядовых радиусов ядра с массой  $A$  в основном состоянии и  $A + 1$  — в возбужденном, образованном при резонансном захвате нейтрона. Химический сдвиг был экспериментально исследован для 10 резонансов  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  и  $^{234}\text{U}$ . Из этих исследований найдены изменения  $\langle r^2 \rangle$ , связанные с возбуждением ядра. Обнаружена ранее неизвестная корреляция: для компаунд-состояний с низкой делимостью среднеквадратичный радиус при возбуждении ядра несколько уменьшается, тогда как для состояний с большой делительной шириной  $\langle r^2 \rangle$  при возбуждении ядра практически не изменяется.

Развитая методика определения малых сдвигов нейтронных резонансов позволила, также впервые, выполнить эксперименты по наблюдению еще одного сходного эффекта — температурного сдвига нейтронных резонансов, тоже имеющего аналог в ЯГР спектроскопии. Любопытно, что нейтронный аналог температурного сдвига имеет в 3 раза меньшую величину, чем в случае ядерного  $\gamma$ -резонанса.

В. И. Луциков в докладе «Ультрахолодные нейтроны» отметил, что для физики элементарных частиц, помимо продвижения в область сверхвысоких энергий, несомненный интерес представляет «прорыв» в область сверхнизких энергий, произошедший в 1968 г., когда Ф. Л. Шапиро с сотрудниками экспериментально обнаружили ультрахолодные нейтроны (УХН), имеющие энергию  $\sim 100$  наноэлектрон-вольт. Независимо это было сделано А. Штаерлом в ФРГ. УХН обладают рядом удивительных свойств, среди которых выделяется их способность удерживаться в замкнутых сосудах длительное время. Выход ультрахолодных нейтронов из реакторов непривычно мал, в первых экспериментах в распоряжение экспериментаторов поступал всего 1 нейтрон в минуту. В настоящее время техника получения УХН существенно продвинулась, выход УХН на стационарных реакторах достигает  $10^3$ — $10^4$  нейтрон/с, и с ними ведутся разнообразные физические эксперименты.

Так, продемонстрировано хранение газа УХН в замкнутых сосудах. Наибольшее достигнутое время хранения  $\sim 700$  с, ограничено оно как периодом  $\beta$ -распада нейтрона (1000 с), так, по-видимому, и нагревом УХН при столкновениях со стенками сосуда. На первый взгляд удивительно, что газ УХН, имеющий эффективную температуру всего 0,001 К, в течение 10 минут остается холодным в сосуде с комнатной температурой стенок. Этот результат, однако, находится во вполне разумном соответствии с теоретически ожидаемым и качественно связан с малой скоростью нейтрона ( $\sim 5$  м/с) и малостью амплитуды нейтронной волны, проникающей в стенку сосуда.

Возможность продолжительного наблюдения за нейтроном в экспериментальной установке открывает путь для прецизионных исследований характеристик самого нейтрона с точностью, определяемой только принципом неопределенности Гейзенберга. В частности, эта возможность эффективно может быть использована для поиска электрического дипольного момента нейтрона (Ф. Л. Шапиро, 1968), измерения периода полураспада нейтрона и поиска электрического заряда нейтрона. Первый из указанных экспериментов успешно выполнялся группой В. М. Лобашева (ЛИЯФ, Ленинград), которая уже получила самую низкую оценку возможного электрического дипольного момента нейтрона  $d < 3 \cdot 10^{-26}$  см/е.

Возможности исследований с УХН выходят далеко за этот короткий перечень. Так, например, как в СССР, так и за рубежом сейчас работают над созданием нейтронного микроскопа, использующего в качестве «нейтронного света» ультрахолодные нейтроны.

Тема доклада Ю. М. Останевича «Зарождение и развитие исследований по физике конденсированных сред в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ». Конец 50-х — начало 60-х годов были связаны с широким распространением в мире двух ядерно-физических методов исследований по физике твердых тел и жидкостей — эффекта Мёссбауэра и рассеяния медленных нейтронов. Оба эти метода были взяты на вооружение в ЛНФ уже в 1960 г. по инициативе и при непосредственном участии Ф. Л. Шапиро. Исследования со сверхузким гамма-излучателем  $^{67}\text{Zn}$ , выполненные в начале 60-х годов, долгое время оставались рекордными по наблюдаемому отношению  $\Gamma/E$  — ширины линии к энергии гамма-кванта, а классическая теория эффекта Мёссбауэра (Ф. Л. Шапиро, 1960) до сих пор не теряет своей актуальности. Исследования с помощью эффекта Мёссбауэра в ЛНФ продолжались достаточно долго и эффективно и только в 1974 г. участники этих работ полностью переключались на подготовку исследований по физике конденсированных сред на реакторе ИБР-2.

Развитие нейтронных исследований по физике конденсированных сред в ЛНФ началось практически одновременно с пуском первого импульсного реактора ИБР (1960). При этом задача была существенно более сложной в методическом плане, поскольку к тому времени полностью отсутствовал какой-либо опыт использования импульсных источников нейтронов для этих ис-

следований, а прямое сопоставление средних мощностей реактора ИБР (3 кВт) и типичного пучкового реактора стационарного действия  $((10-20) 10^3 \text{ кВт})$  как будто делало соперничество в этой области для импульсного реактора безнадежным. Нужны были прозорливость, талант и энтузиазм Ф. Л. Шапиро для того, чтобы в течение двух-трех лет с участием ряда сотрудников ЛНФ (В. В. Голиков, И. Яник, А. Байорек, Н. Сосновска, Е. Сосновски и др.) создать практически полный арсенал методов нейтронных исследований конденсированных сред (дифракция по времени пролета, неупругое рассеяние с бериллиевым фильтром перед детектором и др.). В результате ЛНФ быстро завоевала в мире известность и как обладатель нового типа высокоэффективного нейтронного источника. Успехи работ, выполненных на реакторе ИБР и ИБР с инжектором как в области ядерной физики, так и физики конденсированных сред, были убедительны. Они привели к появлению ряда проектов импульсных реакторов периодического действия для физических исследований. Из них осуществлен был только ИБР-2. Что касается соревнования импульсных и стационарных источников нейтронов для физики конденсированных сред, то оно продолжалось ряд лет. Оно привело к пониманию их различий и достоинств, а также к пониманию перспективности импульсных источников для дальнейшего прогресса исследований в физике конденсированных сред.

В тематическом отношении нейтронные исследования в Лаборатории нейтронной физики охватывают вопросы атомной структуры и динамики. При этом должное внимание уделялось фундаментальному объекту — квантовой жидкости He II, исследованиям которого посвящен отдельный доклад. Структурные исследования довольно быстро достигли уровня, достаточного для исследований биологических объектов — иммуноглобулина IgG, рибосомных частиц, биологических мембран, а также весьма сложных представителей неорганического мира — суперионных проводников, магнетиков вида  $\text{Ba}(\text{TiCo})_{2x}\text{Fe}_{12-2x}\text{O}_{19}$  с длиннопериодной магнитной структурой и др. Самостоятельным направлением, представляющим значительный практический интерес, является текстурная нейтронография на импульсном источнике нейтронов, впервые развитая в ЛНФ.

Нейтронные исследования по физике конденсированных сред после освоения реактора ИБР-2 получили новые превосходные возможности и сопровождаются быстрым ростом международного научного сотрудничества. К 1985 г. в этих исследованиях в различных формах участвуют 67 научных организаций из 10 стран-участниц ОИЯИ, и это число продолжает быстро увеличиваться.

Доклад И. Натканца «Возникновение и развитие метода обратной геометрии для нейтронных исследований конденсированных сред на импульсных реакторах ОИЯИ» был посвящен исследованиям неупругого рассеяния нейтронов, отражающим атомную и молекулярную динамику исследуемых объектов. В основе этого метода лежат измерения по времени пролета энергии нейтронов, падающих на образец, и фиксация конечной энергии рассеянных нейтронов с помощью бериллиевого фильтра. Метод был создан в 1963 г. при непосредственном участии Ф. Л. Шапиро. Дальнейшее развитие метода велось группой физиков из ИЯФ в Кракове (ПНР) и включала применение монокристаллического анализатора энергии нейтрона после Ве-фильтра, увеличение числа одновременно действующих детекторов до 8, одновременную регистрацию дифракционных спектров и спектров неупругого рассеяния, применение вращающегося коллиматора для подавления фона и другие усовершенствования.

Главной тематикой исследований на Краковско-дубненском спектрометре обратной геометрии (КДСОГ) была динамика молекулярных кристаллов. Эти исследования дали много интересных результатов. В качестве примера можно назвать работы (совместно с ИФТТ АН, Черногловка) по изучению гармонических колебаний и ангармонических эффектов в типичных

молекулярных кристаллах (бензол, нафталин, антрацен и др.), в ходе которых было достигнуто полное понимание гармонических колебаний в сложных кристаллах, а также выявлены ангармонические сдвиги частот, вызванные как тепловым расширением решетки, так и собственным ангармонизмом молекулярных взаимодействий.

Метод обратной геометрии был также успешно применен для исследования локальных уровней легких примесных атомов, расщепления электронных уровней парамагнитных ионов в кристаллических электрических полях в металлах и сплавах, колебаний водорода, адсорбированного на поверхности катализаторов, и др. В настоящее время в ЛНФ действуют два спектрометра обратной геометрии. На них, помимо перечисленной выше тематики, развиваются и новые направления, например, исследования колебательных спектров аморфных материалов, молекул, адсорбированных на цеолитах, исследования электронной структуры редкоземельных металлов и др. Ведется работа по созданию варианта спектрометра, обладающего разрешением в несколько микроэлектронвольт.

Доклад Ж. А. Козлова «Исследования гелия-II методом рассеяния нейтронов» был посвящен экспериментальному наблюдению и изучению квантового эффекта бозе-конденсации в сверхтекучем гелии. Эксперименты в этом направлении были начаты в начале 70-х годов по предложению Ф. Л. Шапиро и проводились совместно группой физиков из ОИЯИ и ФЭИ. В ходе этих исследований, позволяющих найти из эксперимента распределение атомов гелия по импульсам, впервые было показано, что существует температура бозе-конденсации ( $2,24 \pm 0,04$ ) К, которая совпадает с температурой перехода жидкого гелия в сверхтекучее состояние. Ниже этой температуры при ее понижении наблюдается возрастание количества атомов гелия с нулевым импульсом (бозе-конденсата, БК). При  $T \geq 0,6$  К температурная зависимость плотности БК совпадает с аналогичной зависимостью для сверхтекучей компоненты гелия. Современные теоретические описания сверхтекучести не пользуются представлениями о бозе-конденсации, в связи с чем наблюдаемая корреляция между плотностями БК и сверхтекучей компоненты пока не имеет ясной интерпретации.

Состоявшийся в Дубне семинар памяти Ф. Л. Шапиро вызвал большой интерес среди ученых ОИЯИ и из других институтов. Участники дискуссий отмечали высокую научную значимость и актуальность проводимых в ЛНФ исследований.

*Ю. М. Останевич, И. М. Франк*