

И.М. Франк — создатель и руководитель лаборатории атомного ядра в ФИАНе

Б.А. Бенецкий

Этот доклад посвящён основанию и развитию лаборатории И.М. Франка, нейтронным и ядерным экспериментам и решению так называемой атомной проблемы.

Когда И.М. Франк в 1934 г. по предложению С.И. Вавилова перешел из Государственного оптического института (ГОИ) в Физический институт АН СССР (ФИАН) он был молодым человеком, но уже сложившимся исследователем с примерно девятилетним стажем научной работы. Первую самостоятельную научную работу Илья Михайлович выполнил в Математическом обществе при Таврическом университете, временно преобразованном тогда в педагогический институт, где он, не будучи студентом этого института, слушал лекции в 1925–1926-м учебном году и работал в учебной физической лаборатории. Эта первая работа по геометрии, появившаяся, вероятно, не без влияния его отца, талантливого математика Михаила Львовича Франка, была опубликована в 1928 г. В то время И.М. Франк учился на физико-математическом факультете Московского государственного университета (1926–1930 гг.), сочетая выполнение учебных планов по физике (кафедра Л.И. Мандельштама) и математике с постановкой новых задач в специальном физическом практикуме. Тогда же И.М. Франк под руководством С.И. Вавилова выполнил работу по исследованию тушения люминесценции, опубликованную ими в 1931 г.

Илья Михайлович с огромным уважением и теплотой относился к Сергею Ивановичу Вавилову, называл его своим Учителем, и даже в устном упоминании это слово всегда и безусловно звучало с большой буквы. Свидетельством того, как Сергей Иванович оценивал своего ученика, служит его отзыв о научной работе И.М. Франка [1], данный в 1938 г. в связи с рекомендацией И.М. Франка в члены-корреспонденты АН СССР. "Илья Михайлович Франк ... зарекомендовал себя как прекрасный, чрезвычайно разносторонний физик-экспериментатор с выдающейся теоретической эрудицией. В одной из первых работ [посвящённых процессам тушения во флюоресцирующих жидкостях. — *Б.А.Б.*] ... обнаружил большое экспериментальное умение и исключительную физическую интуицию... В этих [по исследованию фотохимических реакций. — *Б.А.Б.*] работах проявилась инициатива и оригинальность экспериментальной методики и научного мышления И.М. Франка. Работы интересны изяществом метода и исчерпывающим анализом экспериментальных данных... По моему предложению в 1933 г. И.М. Франк перешёл к работе в совершенно другой области — физике атомного ядра. С поразительной быстротой он освоился с методикой... вошёл в курс состояния мировой литературы и стал руководящим работником в молодой лаборатории атомного ядра*...

* Будущий ядерно-физический отдел Д.В. Скобельцына в ФИАНе. (Примеч. Б.А.Б.)

Живейшее участие принял И.М. Франк в осуществлении и объяснении опытов П.А. Черенкова... В частности, И.М. Франку принадлежит блестящая догадка о том, что перед нами совершенно новое явление, специфическое для распространения электронов, движущихся со скоростью больше фазовой скорости света в плотной среде. Эта идея получила полное и вполне строгое развитие в теоретической работе И.Е. Тамма и И.М. Франка ... Незаурядная одарённость, эрудиция и прекрасные научные результаты И.М. Франка уже нашли своё выражение в том, что Президиум АН СССР присудил И.М. Франку степень доктора физико-математических наук в 1934 г., когда ему было 26 лет".

Эта диссертационная работа, которая была выполнена в течение трёх лет в ГОИ в лаборатории А.Н. Теренина, посвящена экспериментальному исследованию фотохимических реакций оптическими и спектрометрическими методами.

Для понимания масштаба широты интересов и возможностей Ильи Михайловича к сказанному необходимо добавить следующее. В 1934–1935 гг. он проводил исследования космических лучей методом камеры Вильсона на Эльбрусе, в 1937–1940 гг. совместно с Л.В. Грошевым изучал рождение электронно-позитронных пар гамма-квантами (по характеристике С.И. Вавилова "с исключительной тщательностью и полнотой"), в эти же годы принимал участие совместно с Н.А. Добротиним и П.А. Черенковым в работе Стратосферной комиссии АН, приведшей к открытию эффекта резкой вариации интенсивности свечения ночного неба, в 1942 г. методами классической электродинамики провёл исследование эффекта Доплера в преломляющих средах, в 1946 г. совместно с В.Л. Гинзбургом предсказал существование нового явления — переходного излучения.

1946 год явился для Ильи Михайловича годом признания и новых проблем. Он стал лауреатом премии, ныне называемой Государственной Премией I степени, за открытие и объяснение природы излучения Вавилова–Черенкова (именно так он сам называл это явление), был избран в члены-корреспонденты Академии наук и стал основателем и руководителем лаборатории в Физическом институте АН СССР. Эта лаборатория была образована 1 апреля 1946 г., когда ядерно-физический отдел Д.В. Скобельцына в ФИАНе был разделен на три лаборатории: И.М. Франка, Н.А. Добротина и В.И. Векслера. Лаборатория И.М. Франка просуществовала в ФИАНе до 1 января 1971 г., когда на основе трёх лабораторий ФИАНа — атомного ядра, фотоядерных реакций и нейтрино — был организован Институт ядерных исследований (ИЯИ) АН СССР (теперь ИЯИ РАН).

В 1946 г. основные направления работы лаборатории И.М. Франка определялись необходимостью решения "атомной проблемы", а конкретно — определения микроскопических характеристик процессов деления ядер и взаимодействия нейтронов с ядрами, макроскопических параметров ядерных реакторов, исследований реакций с легчайшими ядрами (таких как взаимодействие нейтронов с литием, дейтронов с дейтерием, дейтронов с тритием).

Никаких экспериментальных средств у вновь образованной лаборатории не было, за исключением того, что ФИАН обладал самым мощным в Союзе радиевым источником. Кроме этого, не было фактически ничего [2].

В момент образования в состав лаборатории входили, включая руководителя, пять научных сотрудников, к концу года — пятнадцать, среди которых — специалист по радиоэлектронике и ещё три инженерно-технических работника. К концу 1949 г. в лаборатории работало уже 25 сотрудников. В этих условиях Илья Михайлович проявил себя как выдающийся организатор и руководитель научного коллектива — работы были начаты незамедлительно.

По свидетельству очевидца: "Когда мы пришли в 1946 г., было только центральное здание и больше ничего. Там помещалась лаборатория Франка. На втором этаже было, по-видимому, три комнаты, две из них смежные. Был вход в комнату и из неё направо и налево. Было ещё две комнаты, в которых я никогда не был, потому что они были секретные. Там, собственно, и начались работы по размножению нейтронов в уран-графитовых системах для реакторов. Их вели И.М. Франк, Л.В. Грошев, Л.Е. Лазарева, Е.Л. Фейнберг уже позже. Что там делалось, я не знаю. Были три комнаты, мы находились в центральной, они бегали из одной в другую. Охраны не было, только, так сказать, внутренняя дисциплина" [2].

В то время первой задачей было измерение отклонения от единицы коэффициента размножения нейтронов, равного произведению числа образующихся при делении урана вторичных нейтронов ν на вероятность их замедления до тепловых энергий ϕ и на вероятность остаться в размножающей системе θ :

$$\nu\phi\theta - 1.$$

По меткому высказыванию В. Вайскопфа, несчастье человечества было следствием того, что Бог сделал эту разность хотя и малой, но положительной. Если бы она оказалась равной, например, двум десяткам, то реактор на естественном уране был бы непомерно велик. Поэтому необходимо было не только определить эту величину, но и попытаться найти пути её увеличения. Этим и занимались "люди, бегавшие из комнаты в комнату".

Остальной состав лаборатории только формировался. Лаборатория была укомплектована физиками, пришедшими с войны, т.е. молодыми сотрудниками, не имевшими опыта работы в этой области. "Мы пришли после годичного курса. Некоторые пришли, минуя его... Для остального состава лаборатории формулировались общезначимые ядерные задачи, а средства были весьма ограничены" [2]. И далее: "Илья Михайлович понимал, по-видимому, что нужны какие-то технические средства для работы в ядерной физике, и в комнате на первом этаже главного корпуса начали собирать ускорительную трубку. Каскадный генератор Кокрофта–Волтона. Е.М. Балабанов (который был специалистом по электрическим явлениям в газах и занимался коронным разрядом) и Л.Н. Кацауров строили эту трубку. Причём Е.М. Балабанов по своим связям доставал конденсаторы, фарфор какой-то, предназначенный не для этой цели. В общем, из подручных материалов они собрали ускорительную трубку". Таких ускорителей было собрано не менее трёх, и их энергия оказалась достаточной для создания источников быстрых нейтронов и исследований реакций с легчайшими ядрами.

В период до 1952 г. в целом были созданы новый научный коллектив, экспериментальная и измерительная

базы, разработаны теоретические основы и измерительные методы. Были проведены исследования по физике взаимодействия нейтронов с веществом; физике взаимодействия быстрых нейтронов с ядрами (в том числе, с ураном для решения задачи бланкета — делящейся оболочки термоядерного реактора); измерены сечения реакций с легчайшими ядрами (nLi , DD , DT); определены практически важные характеристики деления и параметры реакторов (в том числе, коэффициенты размножения нейтронов, геометрические параметры, вероятности замедления до тепловых энергий). При этом реакторные параметры определялись способом альтернативным методу сборки критических систем — "методом призмы".

Первоначально теория призмы была развита И.И. Гуревичем и М.Я. Померанчуком для гомогенной системы, но априори было известно, что это не оптимальный вариант. Илья Михайлович с сотрудниками исследовали подкритические уран-графитовые системы, в которых наблюдалось экспоненциальное затухание нейтронного потока после впрыска в такую призму импульса нейтронов (так называемый метод нестационарной диффузии). В 1946–1949 гг. были выполнены работы по изучению равновесных спектров и диффузионных параметров нейтронов в размножающих и замедляющих средах. При этом было показано, что эффективная температура вытекающих из замедлителя нейтронов может отличаться от температуры среды. Был открыт эффект диффузионного охлаждения — зависимость средней скорости нейтронов в среде и, следовательно, их коэффициента диффузии от размеров замедлителя.

Логическим продолжением этого направления явилась разработка способа спектрометрии медленных нейтронов по времени замедления. В лаборатории в короткие сроки был разработан и осуществлён проект оригинального спектрометра по времени замедления в свинце (СВЗ) на основе построенного силами того же коллектива генератора Кокрофта – Уолтона.

Ещё в 1944 г. Е.Л. Фейнберг, рассматривая процесс замедления нейтронов в среде тяжёлых атомов, заметил эффект, напоминающий принцип автофазировки частиц при ускорении. В такой среде нейтрон с большей скоростью чаще сталкивается с тяжёлыми ядрами и более эффективно замедляется, а с меньшей — менее эффективно. При одновременном начале процесса замедления происходит группировка спектра замедляющихся нейтронов около средней энергии \bar{E} . Эта энергия функционально связана с временем замедления t , например для значений $\bar{E} \gg 1$ эВ [3]:

$$\bar{E} = \frac{K}{(t - t_0)^2},$$

где K и t_0 — параметры, зависящие от характеристик замедлителя и источника нейтронов. В этом состоит принцип спектрометрии нейтронов по времени замедления. Спектрометр по времени замедления нейтронов в свинце оказался очень эффективным средством исследований по реакторной тематике, в том числе для измерений сечений захвата нейтронов.

Когда в 2003 г., к 95-летию со дня рождения Ильи Михайловича, мне довелось собирать соответствующий материал, оказалось невозможным обнаружить ссылку, содержащую дату запуска первого в мире СВЗ в лаборатории И.М. Франка. Объяснение столь странного

факта, как оказалось, содержится в воспоминаниях Евгения Львовича Фейнберга. Необходимо отметить, что И.М. Франк многократно и по разным поводам подчёркивал вклад Е.Л. Фейнберга в становление и развитие лаборатории, он даже ввёл в употребление специальный термин "ассоциированный член нашей лаборатории".

Евгений Львович в книге воспоминаний о Ф.Л. Шапиро [4] доходчиво пояснил суть дела: «Те, "кому полагается", внимательно вчитались в мою анкету, и в 1950 г. я был отстранён от закрытых работ (по-видимому, я был допустим на ранней стадии развития атомной проблемы, когда людей было катастрофически мало...) ... А тогда "представитель Совета Министров при ФИАНе", генерал из "органов" Ф.П. Малышев, оценив успех, предложил Фёдору Львовичу [Шапиро] и Л.Е. Лазаревой оформить патент на этот спектрометр и диплом на открытие. Однако они согласились на это только в том случае, если в число авторов буду включен и я. Генерал был против, но они упорно не уступали. Так дело и кончилось ничем».

Как знают работавшие с ним люди, Илья Михайлович был чрезвычайно деликатный и не слишком открытый человек, что некоторым могло показаться проявлением слабости, но на самом деле его принципы были незыблемы. Сейчас не каждый может представить себе, каким гражданским мужеством должны были обладать сотрудники и руководитель лаборатории в то время (примерно 1948–1949 гг.) в описанном выше противостоянии.

Спустя примерно четыре десятилетия, в 1988 г., на основании результатов исследований стационарной и нестационарной диффузии нейтронов было зарегистрировано открытие. Позднее в нашей стране и ряде других стран (США, Япония) на базе более мощных источников нейтронов были созданы спектрометры, аналогичные первому СВЗ, который проработал в лаборатории атомного ядра до 2005 г. А в 2003 г. на "Большом кубе" — новом СВЗ на пучке протонов линейного ускорителя ИЯИ, превосходящем в момент запуска по эффективности другие спектрометры подобного типа не менее чем на пять порядков, были получены первые научные результаты. "Нейтроны, — как говорил Илья Михайлович, — специальность нашего дома".

В 1953 г. И.М. Франку и ещё шести сотрудникам его лаборатории была присуждена Государственная премия "за работы по физике реакторов и исследования ядерных реакций с легчайшими ядрами". В целом за эти работы был отмечен правительственными наградами 31 сотрудник лаборатории, т.е. практически все, работавшие в лаборатории с момента её образования по 1950 г. включительно. Из-за ограниченности объёма доклада я не буду далее излагать материал в историческом аспекте, сославшись на нашу публикацию [5] (дополнение, начиная со с. 12).

Если верно утверждение М. Монтеня, что человек — это стиль, то оно, вероятно, справедливо и в отношении научного и вообще творческого коллектива. А Илья Михайлович, как известно всем, кто имел счастье общаться с ним, как учёный и научный руководитель был носителем черт особого стиля "старого" ФИАНа. Что определяло этот стиль научной деятельности? Это, как мне представляется:

— во-первых, стремление к предельной ясности и полноте понимания сущности изучаемого предмета вне

зависимости от предполагаемой ценности результата исследования. Или, что не менее важно, — четкого определения границ такого понимания;

— во-вторых, убеждение в единстве и равноценности всех составляющих того, что мы понимаем под словами "наука" и "физика" в частности;

— в-третьих, признание в физической науке первенства экспериментальных методов исследования. "Любовь хорошо, а золотой браслет — лучше". Под золотым браслетом подразумевался результат опыта (с оговоркой: "если он не дутый");

— в-четвертых, стремление найти наиболее простой (в лучшем смысле слова) путь исследования, при котором главным инструментом изучения природы служит голова экспериментатора, а остальное — дополнением к ней. В этом случае он бывал довольно жёсток в оценках: "NN — человек аппаратный";

— в-пятых, высокая критичность при определении степени достоверности собственных результатов и выводов. Мне хорошо памятен случай, когда Илья Михайлович в течение восьми лет "тормозил" публикацию экспериментальных данных, полученных в работе с его участием, пока не удостоверился в их правильности. Зато попутно была выполнена и успешно защищена кандидатская диссертация, исходным пунктом которой была проверка ранее полученных результатов. "Вы очень деликатно покритиковали американцев", — похвалил автора Илья Михайлович;

— в-шестых, способность восприятия обоснованного суждения сотрудника, независимо от его возраста и положения, а также уважение к результатам работы коллег и учеников. "Лучше делать свои работы, чем критиковать чужие". "Ну как там эта работа, которой я не патриот?" Первое он внушал мне, когда я был молодым младшим научным сотрудником. Второе я услышал от Ильи Михайловича при нашей предпоследней в жизни встрече в палате академической больницы;

— в-седьмых, строгое соблюдение этических норм во всех, в том числе деловых, отношениях. Как мне представляется, Илья Михайлович был достаточно избирателен в контактах с окружающими его людьми. Будучи сам исключительно интеллигентным, он высоко ценил это качество в других. Однако, придавая большое значение правилам "хорошего тона", Илья Михайлович не переносил автоматически оценку личностных качеств человека на результаты его труда.

Вот что писал Илья Михайлович о своем понимании интеллигентности [6, с. 85]: «Сам я выходец из интеллигентной семьи, из среды так называемой трудовой интеллигенции. Почти всю мою жизнь слово "интеллигент" звучало пренебрежительно, а с добавкой "гнилой" — ругательно. Мой отец, которым я очень горжусь, и ряд моих учителей были значительно интеллигентнее меня». И далее: "Я далёк от мысли считать всех работников управленческого аппарата чиновниками. Среди них много знающих и дельных работников, но есть и чиновники. А чиновники всегда были и остаются главными недоброжелателями интеллигенции. Не менее опасны и ученые-бюрократы. Бюрократ в науке не менее опасен, чем чиновник... А интеллигент и бюрократ всегда были и всегда будут злейшими врагами" [6, с. 89].

Как воспитатель молодых кадров Илья Михайлович последовательно проводил в жизнь принцип "лучше позже, но лучше". "Сначала защищаются те, кто очень

хочет, затем — наиболее талантливые, потом — все остальные". "Экзамен по специальности (как говорил Сергей Иванович) нужен для того, чтобы не пропустить, кого не следует".

Я позволю себе закончить эту статью размышлениями Ильи Михайловича о душе. Привожу эти строки не по тексту отредактированной рукописи из архива [6, с. 85], а по факсимиле [6, с. 170, 171 (фотоблок)] в том же издании, поскольку при чтении именно факсимильного текста мне внутренне слышится голос Ильи Михайловича и его манера говорить.

"Людам моего возраста необходимо заботиться о своей душе. У человека душа не только имеет, но и часто болит. И всё же, пусть простят мне это верующие, я не думаю, что она бессмертна. Но каждому из нас необходимо оставаться наедине со своей совестью, она подскажет, надо ли при этом повторять слова молитвы.

Никто не уходит из жизни бесследно. Что-то от нас остаётся жить в тех, кто нас окружал. Живёт же в нас нечто от тех, кого мы потеряли".

Приношу благодарность всем, кто помогал мне в подготовке этого доклада, в частности научному сотруднику лаборатории атомного ядра ИЯИ РАН М.М. Салохиной.

Список литературы

1. Вавилов С И, в сб. *Илья Михайлович Франк. 1908–1990: К 90-летию со дня рождения* (Под общ. ред. В Л Аксенова, ред.-сост. А С Гиршева) (Дубна: ОИЯИ, 1998) с. 5
2. Барит И Я, Беловицкий Г Е, Бенецкий Б А, Препринт № 1161/2006 (М.: ИЯИ РАН, 2006)
3. Исаков А И и др. *Нестационарное замедление нейтронов: Основные закономерности и некоторые приложения* (М.: Наука, 1984) Гл. 2
4. Фейнберг Е Л, в сб. *Ф.Л. Шапиро: ученый и человек: Книга воспоминаний* (Сост. Л Б Пикельнер, А В Стрелков) (Дубна: ОИЯИ, 1998) с. 62
5. Барит И Я, Бенецкий Б А, Казарновский М В, в сб. *Илья Михайлович Франк. 1908–1990: К 90-летию со дня рождения* (Под общ. ред. В Л Аксенова, ред.-сост. А С Гиршева) (Дубна: ОИЯИ, 1998) с. 7
6. Франк И М, в сб. *Илья Михайлович Франк. 1908–1990: К 90-летию со дня рождения* (Под общ. ред. В Л Аксенова, ред.-сост. А С Гиршева) (Дубна: ОИЯИ, 1998) с. 85

PACS numbers: **01.65.** + g, 03.75.Be, **28.20.** – v
DOI: 10.3367/UFN.0179.2009041.0424

И.М. Франк и оптика ультрахолодных нейтронов

А.И. Франк

К проблемам нейтронной оптики Илья Михайлович Франк обратился в начале 1970-х годов, вскоре после открытия Ф.Л. Шапиро с сотрудниками ультрахолодных нейтронов (УХН). Разумеется, это не было случайностью. В экспериментах с УХН столь ярко проявлялись необычные волновые свойства нейтрона, что это не могло не волновать Илью Михайловича, которому столь близок был именно волновой подход к физике. В нейтронной оптике он, вероятно, увидел область, где тесно смыкаются столь любимая им оптика и нейтронная физика, которой он отдал не один десяток лет.