



ИЛЬЯ МИХАЙЛОВИЧ
ФРАНК

PERSONALIA

53(092)

ИЛЬЯ МИХАЙЛОВИЧ ФРАНК**(К семидесятилетию со дня рождения)**

Выдающееся значение ученого в развитии науки становится очевидным для всех, если можно указать непрерываемо связанные с его именем переломные исследования, работы, положившие начало новым направлениям, открывшие новые пути, по которым за ним устремились другие. Этому критерию с несомненностью удовлетворяют научные труды Ильи Михайловича Франка.

Конечно, при этом прежде всего вспоминается ассоциирующееся с именем Франка возникновение новой области оптики и электродинамики — физики излучения заряженных частиц при их равномерном движении в однородных и макроскопически неоднородных средах. Возникшая здесь литература количественно неисчислима, множество разновидностей связанных с этими явлениями других эффектов необычайно разнообразно, а применения в экспериментальной физике и даже технике трудно переоценить. Новые идеи, предлагавшиеся и разрабатывавшиеся самим Ильей Михайловичем, составляют в этой литературе весомый вклад и во многом определяют современное состояние вопроса.

Однако и в совсем другой области науки — в нейтронной физике — мы находим его основополагающие работы, хотя, быть может, и не столь широко известные и не столь сильно повлиявшие на понимание общих вопросов физики. Так, имя Ильи Михайловича неразрывно связано с возникновением, развитием и применением метода нестационарной диффузии, оказавшегося исключительно плодотворным.

Естественно, что вокруг такого человека собираются многочисленные ученики и сотрудники, возникают школы. Свообразный педагогический стиль Ильи Михайловича, в основе которого ставка на самостоятельность, сдержанная и ненавязчивая, но вполне определенная критика и над всем этим личный пример — этот стиль обеспечил успех возникших школ и появление среди его учеников значительных имен (с грустью мы можем назвать здесь безвременно ушедшего, самого близкого и самого замечательного его ученика — Федора Львовича Шапиро).

Илья Михайлович родился 23 (10) октября 1908 г. в Петербурге. В 1926 г. он поступил в Московский государственный университет. После окончания университета (1930 г.) Илья Михайлович в течение нескольких лет работал в лаборатории А. Н. Теренина в Государственном оптическом институте (Ленинград), занимаясь изучением фотохимических реакций оптическими методами. Его работы в этом направлении выделялись изяществом и оригинальностью методики, исчерпывающим анализом экспериментальных данных. Они послужили основанием для присуждения 26-летнему И. М. Франку докторской степени.

В 1934 г. Илья Михайлович перешел в отделившийся от Физико-математического института Академии наук ФИАН — Физический институт им. П. Н. Лебедева, который возглавил (и, по существу, заново организовал) С. И. Вавилов, а затем вместе с институтом переехал в Москву. Отчетливо понимая значение зарождавшейся в то время «большой» ядерной физики, С. И. Вавилов предложил группе молодых сотрудников, в том числе Илье Михайловичу, переключиться на новую область. Илья Михайлович — оптик по специальности, по образованию и по опыту работы — не без труда согласился. В этом эпизоде проявились и удивительные качества С. И. Вавилова как организатора науки: ради интересов дела он пошел на то, чтобы в собственных исследованиях по оптике лишиться одного из своих самых талантливых сотрудников.

Совместно с Л. В. Грошевым Илья Михайлович начал и через несколько лет завершил обширное экспериментальное исследование незадолго до того открытого процесса рождения электронно-позитронных пар γ -лучами. Он изучался в газе камеры Вильсона. Ничего неожиданного открыто не было, но теория была подтверждена с высокой точностью.

Примерно в это же время П. А. Черенков начал знаменитые исследования свечения жидкостей под действием γ -лучей радия (грамм радия был едва ли не основным богатством ФИАН). Как известно, П. А. Черенков обнаружил, что под действием γ -лучей все исследованные им чистые жидкости испускают слабый свет. В то время казалось естественным предположение, что это простая люминесценция. Однако серия различных экспериментов убедительно установила необычность свойств нового свечения. С. И. Вавилов показал, что оно вызывается электронами, выбитыми γ -лучами, и не является люминесценцией. Природа его оставалась загадочной до 1937 г., пока И. Е. Тамм и И. М. Франк в работе, ставшей классической, не дали этому «свечению Вавилова — Черенкова» исчерпывающее объяснение.

Объяснение И. Е. Тамма и И. М. Франка было для того времени в высшей степени парадоксальным. Тогда всех гипотизировали два вывода из теории относительности, выразившиеся расхожими, но неточными фразами: во-первых, электрон не может двигаться быстрее света; во-вторых, равномерно движущийся заряд не излучает. Нужно было преодолеть высокий психологический барьер, чтобы понять, что эти фразы, относящиеся к вакууму, не применимы к движению в преломляющей среде. В наше время трудно представить себе сопротивление, которое пришлось при этом преодолеть. Илья Михайлович близко стоял к опытам Черенкова и правильно оценил их достоверность. Здесь ярко проявились свойственные ему непредрядность мысли, способность к глубокому физическому анализу, внимание к эксперименту, упорство в преследовании цели, умение выделить основные, определяющие черты явления.

Вряд ли стоит распространяться о значении этого открытия. Оно положило начало развитию новой главы физики, которую можно назвать оптикой или электродинамикой релятивистски движущихся источников в преломляющей среде. Неудивительно, что за него С. И. Вавилову, И. Е. Тамму, И. М. Франку и П. А. Черенкову еще в 1946 г. была присуждена Государственная премия, а в 1958 г. И. Е. Тамму, И. М. Франку и П. А. Черенкову (С. И. Вавилова уже не было в живых) — Нобелевская премия по физике. Однако и без этой ссылки на высокое официальное признание, каждый физик на Земле знает, как значителен этот шаг в науке.

Но и далее все это направление, вот уже в течение 40 лет, неизменно привлекает внимание Ильи Михайловича.

Успех подлинно совместной работы Тамма и Франка, несомненно, был в значительной степени связан с тем, что каждый из авторов внес в нее свой стиль, свой подход. В то время как И. Е. Тамм предпочитал рассмотрение прямыми методами теории Максвелла — Лоренца (ср. его работу в «Journal of Physics», 1939, v. 1, p. 439), оптику И. М. Франку был ближе метод зон Френеля. Даже волновое уравнение он решал, разлагая ток движущегося заряда на систему излучающих осцилляторов.

Действуя этими методами, Илья Михайлович затем выявил многие интересные особенности самого излучения Вавилова — Черенкова (длительность вспышки излучения; роль групповой скорости света; излучение движущихся источников, обладающих мультипольными моментами и др.). В этих работах очень ярко проявляется подход, основанный в первую очередь на четких физических идеях, и уже во вторую очередь — на использовании математического аппарата.

Затем И. М. Франк перешел к изучению других явлений, которые, конечно, генетически связываются с теорией эффекта Вавилова — Черенкова, но образуют уже свой чрезвычайно обширный и самостоятельный круг проблем. Так, он рассмотрел особенности излучения движущегося осциллятора в преломляющей среде (1942). Эта работа («Эффект Доплера в преломляющей среде») содержала много результатов, важных как в научном, так и в методическом отношении.

В работе была рассмотрена интересная модель преломления и отражения электромагнитной волны на границе раздела двух сред. Когда плоская электромагнитная волна падает на границу раздела, то точка пересечения фронта волны (или поверхности постоянной фазы) с границей раздела перемещается вдоль границы со скоростью, превышающей фазовую скорость падающей волны. Отраженную и преломленную волны можно считать излучением такого сверхсветового источника. Сравнительно недавно эта идея была вновь развита в работах В. Л. Гинзбурга, который заметил, что таким путем можно создать источник излучения, скорость которого превышает скорость света в пустоте.

В этой работе 1942 г. впервые встречается одно очень важное для всего круга явлений понятие. Рассматривая излучение равномерно движущихся источников с помощью принципа Гюйгенса, Илья Михайлович определил ту длину пути, на которой, при пренебрежении отдачи, испускаются волны, складывающиеся (при наблюдении под данным углом) так, что они усиливают друг друга. По аналогии с теорией дифракции он назвал ее зоной Френеля. Теперь эта величина, появляющаяся в самых разных процессах излучения ультррелятивистских частиц, в несколько более общем виде (при учете отдачи на электрон), много лет спустя переоткрытая другими авторами, называется иначе — «зоной формирования» или «когерентной длиной». Но смысл ее, по существу, тот же.

К вопросам, так или иначе связанным с излучением осциллятора, движущегося в преломляющей среде, Илья Михайлович обращался и впоследствии. Им было, в частности, рассмотрено рассеяние плоской электромагнитной волны на движущейся в преломляющей среде частице. В этой работе Илья Михайлович изучил особенности многофотонного излучения и поглощения и получил соответствующие обобщения ранее выведенных формул для эффекта Доплера в преломляющей среде.

Все эти исследования сменились изучением новой проблемы, которая оказалась необычайно значительной. В совместной работе В. Л. Гинзбурга и И. М. Франка было рассмотрено поле равномерно движущегося заряда (сверхсветовая скорость здесь уже не обязательна), проходящего через плоскую границу раздела двух сред с разными коэффициентами преломления. Авторы обнаружили, что при этом должно испускаться электромагнитное излучение, которое они назвали переходным. Оно было обнаружено на опыте лишь в конце пятидесятых годов, через десять лет после теоретического предсказания.

В последующие годы интерес к этому явлению неуклонно возрастал. Число посвященных ему опубликованных теоретических и экспериментальных работ превышает пять сотен. Значение этого явления после разработки мною его разновидностей стало, пожалуй, сравнимым со значением эффекта Вавилова — Черенкова. Речь идет о новом крупном направлении. Оказалось, что переходное излучение может служить эффективным средством для определения оптических свойств неоднородных сред, их поверхностей, а также для определения параметров излучающих частиц, например энергии движущегося заряда.

Пониманием основных особенностей излучения в неоднородных средах, в частности слоистых, мы во многом обязаны И. М. Франку, давшему в своих работах простые и общие объяснения.

Не меньшее значение, чем конкретные результаты всего этого обширного комплекса работ Ильи Михайловича, имеет возникающее из них единое физическое понимание множества столь многообразных и по своим проявлениям столь различных процессов.

До сего дня Илья Михайлович проявляет активный интерес к проблемам электромагнитного излучения, оптики равномерно движущихся заряженных частиц и руководит в Дубне экспериментальными исследованиями переходного излучения протонов и электронов очень низких энергий.

Очевидно, что все эти работы лишь с большой натяжкой можно отнести к ядерной физике, к переключению на которую Илью Михайловича подталкивал в свое время С. И. Вавилов (хотя и изучение рождения электронных пар в поле тяжелых ядер, и занятия радиоактивностью, о которых мы не упоминали, и организаторская деятельность этого периода, о которой еще будет упомянуто, все время держали его в сфере интересов физики ядра). Но этот переход все же совершился, в основном во время войны. В течение последних трех десятилетий деятельность Ильи Михайловича основанно сконцентрировалась именно в этой совершенно новой для него области, точнее, в нейтронной и ядерной физике низких энергий.

Илья Михайлович является организатором (1946 г.) и руководителем Лаборатории атомного ядра ФИАН (ныне входит в состав Института ядерных исследований АН СССР), организатором (1957 г.) и директором Лаборатории нейтронной физики Объединенного института ядерных исследований в Дубне. В период с 1946 по 1956 гг. он завсегод также Лабораторией радиоактивных излучений Научно-исследовательского института ядерной физики МГУ. Еще в 1943 г. Илья Михайлович интенсивно включился в работу над вопросами, поставленными необходимостью решить в кратчайший срок атомную проблему. Одна из важнейших в то время задач заключалась в максимально точном определении основных нейтронно-физических параметров уран-графитовых решеток и в выяснении физических закономерностей переноса нейтронов в таких решетках. Ряд сложных и интересных теоретических и экспериментальных вопросов был успешно решен Илеей Михайловичем совместно с группой товарищей и учеников, работавших в его лаборатории в ФИАНе. Экспериментальные исследования проводились общепринятыми методами, восходящими к работам Ферми с сотрудниками и основанными на измерениях пространственного распределения нейтронов, испускаемых стационарным источником. Здесь были получены ценные результаты при исследовании коэффициента использования тепловых нейтронов (т. е. вероятности избежать поглощения в замедлителе), роли воздушного зазора, а также слоя воды между блоками урана и замедлителем, необходимых для охлаждения реакторов, и влияния температуры замедлителя и урана.

Но эксперименты со стационарными источниками позволяют получить лишь довольно ограниченную информацию. Из них, например, нельзя по отдельности определить такие важные параметры, как средний коэффициент диффузии и среднее время жизни нейтронов в веществе. Измерения дают лишь их произведение. Необходимы были новые крупные идеи, и они были выдвинуты.

Илья Михайлович показал, что для подобных исследований могут оказаться весьма эффективными эксперименты с импульсными источниками нейтронов. Соответ-

ствующие эксперименты были выполнены под руководством Ильи Михайловича в ФИАНе в 1954 г. и продемонстрировали высокую эффективность импульсного метода. Они привели, в частности, к обнаружению зависимости среднего коэффициента диффузии от геометрического размера исследуемого вещества.

Используя простую и наглядную двухгрупповую модель диффузии нейтронов, Илья Михайлович показал, что из-за различия в скорости утечки нейтронов разных энергий равновесный спектр нейтронов, устанавливающийся в объеме конечных размеров, отличается от максвелловского — он обогащен наименее подвижными нейтронами. Это явление называется «диффузионным охлаждением». Параметр, характеризующий отклонение спектра нейтронов от максвелловского (коэффициент диффузионного охлаждения), также оказалось возможным измерять в импульсных экспериментах.

Таким образом, предложенный Ильей Михайловичем импульсный метод изучения диффузии тепловых нейтронов оказался значительно более информативным и требует значительно меньшего количества исследуемого вещества, чем использовавшиеся ранее методы на основе стационарных источников. В связи с этим импульсный метод быстро получил широкое распространение и в настоящее время стал общепринятым как для изучения диффузии тепловых нейтронов в различных веществах, так и для решения различных прикладных задач (в ядерной геофизике, приборостроении и других областях науки и техники).

Другой цикл работ был посвящен экспериментальному изучению реакций на легких ядрах, в которых испускаются нейтроны, изучению взаимодействия быстрых нейтронов с ядрами трития, лития и урана и изучению процесса деления.

Выполнение этих работ потребовало разработки ряда тонких и новых по тем временам экспериментальных методов. Так, значительные трудности представляли абсолютные нейтронные измерения и измерения эффективных сечений ядерных реакций для заряженных частиц очень малых энергий (десятки *кэв*). Этот цикл работ, выполненных под руководством Ильи Михайловича, отличался высокой точностью, тщательностью и законченностью. Такой стиль он передал и своим ученикам, которые уже самостоятельно развили заложенные им направления исследований.

При изучении деления ядер И. М. Франком было начато еще одно новое направление — изучение деления под действием мезонов и частиц высоких энергий. Было показано, что при таком возбуждении ядра основная часть привносимой энергии расходуется на испускание нейтронов, а энергия осколков такая же, как при малых возбуждениях. Но деление становится более симметричным, и появляется значительная вероятность испускания быстрых протонов и α -частиц.

В 1957 г. при организации Объединенного института ядерных исследований было принято решение о создании Лаборатории нейтронной физики на базе весьма оригинальной установки — импульсного реактора на быстрых нейтронах (ИБР). Организация и руководство этой Лабораторией были поручены Илье Михайловичу. Реактор был запущен в 1960 г. и с тех пор успешно работает и совершенствуется. Молодой интернациональный коллектив руководимый Ильей Михайловичем Лаборатории (около 200 научных работников из СССР и других социалистических стран) убедительно продемонстрировал все преимущества нового типа импульсного источника нейтронов, в частности, его рекордную (для источников многократного действия) светосилу, в результате чего в ряде стран появились проекты сооружения новых исследовательских импульсных реакторов. Впоследствии использование ускорителей электронов (микротрона, а затем и линейного ускорителя) в качестве инжекторов нейтронной вспышки позволило более чем на порядок улучшить разрешение спектрометра нейтронов на базе ИБРа. За эту работу И. М. Франк и руководимый им коллектив получили Государственную премию СССР.

За прошедшие двадцать лет Лаборатория стала одним из крупнейших в мире центров нейтронных исследований в области физики ядра, элементарных частиц, физики твердого тела и жидкости, биологии и радиационной медицины. Большой заслугой Ильи Михайловича является привлечение к сотрудничеству по этим исследованиям многих институтов АН СССР, Академии медицинских наук и стран — участниц ОИЯИ.

В настоящее время в Лаборатории закончено строительство и при непосредственном участии Ильи Михайловича ведется запуск нового импульсного реактора ИБР-2 с потоком нейтронов на два порядка выше, чем у первого. Он обеспечит выполнение научной программы на ближайшие 15—20 лет.

Из экспериментов, выполненных с помощью реактора ИБР, можно отметить получение новых характеристик нейтронных резонансов (компаунд-состояний ядер) магнитных моментов, α -ширин и др., в том числе опыты с поляризованными нейтронами и поляризованными ядерными мишенями и ряд исследований по физике конденсированных сред.

Особый отклик получили работы по ультрахолодным нейтронам (УХН), экспериментально полученным здесь впервые 10 лет назад. Специфические свойства УХН привлекли к ним внимание многих лабораторий в СССР и за рубежом. Ильей Михайловичем в связи с этим было опубликовано несколько работ, в которых он рассмотрел

с теоретической точки зрения оптические свойства УХН, особенности их поведения в нейтропроводах и возможные причины, сокращающие время жизни УХН в замкнутых сосудах.

В Лаборатории нейтронной физики в Дубне и в Лаборатории атомного ядра ИЯИ АН СССР продолжаются также исследования реакций на легких ядрах и исследования с быстрыми нейтронами.

Много сил Илья Михайлович отдавал и отдает научно-общественной деятельности. Еще в довоенные годы, в качестве ученого секретаря Комиссии АН СССР по атомному ядру, он принимал активное участие в организации научных совещаний. После войны он как член Ученого совета при Президенте АН СССР много сил отдавал координации исследований в СССР в области ядерных реакций, возглавляет организационный комитет всесоюзных конференций «Ядерные реакции при малых и средних энергиях» и т. д. Все его обязанности подобного рода не перечислить. Его педагогическая деятельность много лет протекала в Московском университете, где он заведовал кафедрой. Его лекции по нейтронной оптике на Международной школе Объединенного института ядерных исследований, проводимой под его руководством, приобрели широкую известность.

Но образ Ильи Михайловича как ученого будет неполон, если мы не вспомним о его научно-литературной деятельности. К каждой работе, посвященной истории науки или популяризирующей физику, Илья Михайлович относится с предельной ответственностью. Результатом являются блестящие по форме, всегда содержащие интересные мысли статьи, такие, как большая статья о Марии и Пьере Кюри (предисловие к книге супругов Жолио-Кюри), статьи о С. И. Вавилове и др. Популярные статьи и публичные лекции о физике ядра и атомной энергии, о переходном излучении и эффекте Вавилова — Черенкова, о соотношении вещество — свет — частица и т. д. никогда не бывают для него отпиской. Ясность и содержательность — основные черты этих широко известных выступлений.

Из всего сказанного встает образ ученого со своим особым стилем работы. Вероятно, его следует считать прежде всего тонким, вдумчивым, изобретательным экспериментатором, получающим абсолютно достоверные результаты. В то же время его глубокое понимание физики в целом, уверенное владение необходимым ему теоретическим аппаратом не позволяет ограничиться этим узким определением. Ведь его работы по излучению зарядов и мультиполей, равномерно движущихся в однородной или неоднородной преломляющей среде — это работы по теории процессов. Да и в нейтронно-ядерных вопросах, как видно из приводившихся выше примеров, много его работ было посвящено теоретическому анализу проблем. Но и в эксперименте, и в теории Илья Михайлович прежде всего физик вообще, исследователь, мыслящий ясно и точно, не поддающийся шаблону и потому способный к крупным свершениям.

То, что Илья Михайлович сделал в науке, принесло ему заслуженное, широко распространявшееся, глубокое уважение. Оно далеко выходит за пределы круга его многочисленных учеников и друзей. Поэтому добрые пожелания, которые будут к нему стекаться в день его юбилея, будут горячими и искренними. Со всей силой к ним присоединяются и авторы этой статьи.

*И. Я. Барит, В. М. Болотовский, Л. Е. Лазарева,
В. И. Луцкова, Ю. П. Попов, Е. Л. Фейнберг*