

Часть I

Дубна, Шапиро, сквиды
и многое другое

В середине 90-х в издательстве Объединенного института ядерных исследований вышла книга воспоминаний о чл.-корре АН СССР Федоре Львовиче Шапиро (1915-1973).

Эта книга написана его учениками и другими людьми, близко его знавшими. Я не могу себя причислить ни к тем, ни к другим, так как пришел в научный коллектив, руководимый Федором Львовичем, на позднем этапе его жизни и, как мне тогда казалось, уже сформировавшимся ученым — до этого я успешно закончил аспирантуру в Курчатовском институте под руководством академика И.К.Кикоина. При этом мне посчастливилось обнаружить несколько новых особенностей в поведении облученных ферромагнетиков, так сказать, новых физических эффектов, что придавало мне некоторую самоуверенность, кажущуюся сейчас, по прошествии многих лет, не столько смешной, сколько неумной.

Однако теперь мне захотелось написать о том времени и в частности о Ф.Л.Шапиро несколько слов, потому что он сыграл решающую роль в моей научной жизни, определив ее направленность на многие годы вперед и закалив мое формирование как ученого.

До перехода в Дубну, в Курчатовском институте я работал близко и часто активно общался с целым рядом прекрасных физиков, например, с будущими членами Академии - Леней Максимовым, Юрием Моисеевичем Каганом, Сашей Афанасьевым и многими другими менее знаменитыми учеными, так и не ставшими академиками, что, впрочем, совсем не умаляет их достоинств как ученых, и еще более как мудрых и порядочных людей, например, с Яковом Абрамовичем Смородинским, с которым я подружился позже, живя в Дубне.

Но, конечно, наибольшее влияние на меня, оно и естественно, тогда оказывал мой непосредственный руководитель - Исаак Константинович Кикоин, обладавший, действительно, очень широким научным кругозором и каким-то внутренне-интуитивным глубоким пониманием сложных вопросов физики.

В то время я был дипломником физико-технического факультета Уральского политехнического института. Моей специализацией было разделение изотопов. Разделение изотопов урана - важнейший этап приготовления атомной бомбы. В пятидесятые годы эта задача решалась диффузионным методом, что обуславливало огромные размеры разделительных заводов и их умопомрачительную энергоемкость. В конце пятидесятых в научной литературе появились сообщения о создании лазеров, и я написал курсовую студенческую работу с предложением и некоторыми расчетами по применению лазеров для разделения изотопов. Выглядело довольно заманчиво. Один из руководителей факультета - профессор П.Е.Суетин (позже ставший ректором Уральского госуниверситета) и зав. кафедрой теоретической физики проф.Г.В.Скороцкий - выдали мне направление и рекомендательные письма к И.К.Кикоину, которого они лично знали, чтобы он принял меня на дипломирование.

Исааку Константиновичу было в то время немногим больше 50. Он был Великим - академиком и дважды Героем соцтруда, Лауреатом полудюжины сталинско-

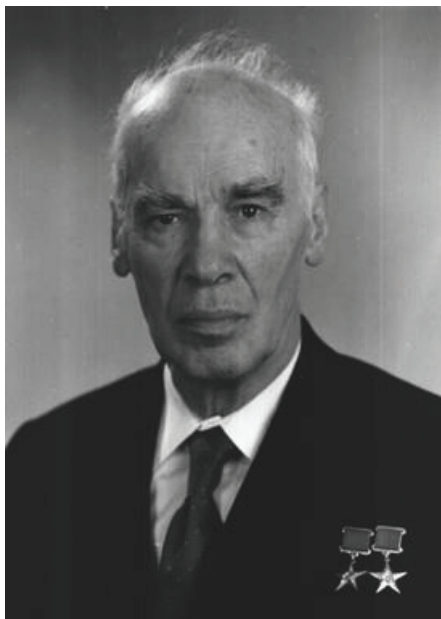


Рис. 1: Исаак Константинович Кикоин

ленинских премий, заместителем И.В.Курчатова по науке.

Именно Исаак Константинович и его сотрудники разрабатывали методики разделения изотопов. Он был идейным создателем и научным руководителем тех заводов-гигантов Урала и Сибири, которые обеспечили страну атомным оружием. Да и без этого он был окутан легендами - ученик Иоффе, завершивший обучение в лаборатории Рентгена (учителя самого Иоффе), открыл несколько новых явлений в физике твердого тела и т.д. Он действительно был Физиком. За всю научную жизнь я не встречал такой ясности и глубины физического мышления, чем та, которую легко и непринужденно демонстрировал И.К., пересказывая суть сложных исследований, которые часто путано и непонятно докладывались другими учеными у него на семинарах.

Меня он принял весьма дружелюбно. Выслушал про лазеры. Хмыкнул как-то невразумительно (у него вообще с дикцией были сложные отношения), потом произнес что-то типа "Вам, молодой человек, нужно учиться заниматься наукой", отправил меня в существовавшее при его департаменте небольшое научное подразделение. Позже я узнал, что для лазерного разделения создан специальный отдел, и мне тогда стало обидно, но сейчас я ему глубоко благодарен, что он спас меня от участи заниматься прикладной технологией, привив любовь к фундаментальной физике.

После того как я отдипломировал и окончил институт, И.К. оставил меня у себя в аспирантуре. Несмотря на загруженность государственно важными делами, он был вполне доступен для меня как аспиранта, что позволяло заниматься наукой без существенных мешающих проблем. Я бы даже сказал, что условия были в каком-то смысле тепличными, потому что постоянно чувствовалось его доброжелательное отношение и заинтересованная готовность обсуждать (мои!) научные вопросы. (Позже подобную заинтересованность святой наукой я встретил, пожалуй, только у Б.М.Понтекорво). Однажды после традиционного вечернего рассказа о научных результатах я сказал И.К., что полученные данные требуют моего более детального теоретического обдумывания, но он пресек мою попытку переквалифицироваться в теоретики, пошутив: "Вы же понимаете, что это дело не для настоящего мужчины. Посмотрите на наших теоретиков. Неужели Вы хотите стать таким же?" Действительно, многие теоретики были на вид весьма невзрачны, а сам-то он был хорошо сложен при своем двухметровом росте.

Но время учебы в аспирантуре скоро истекло, и тут обнаружилось, что у меня нет московской прописки. Думаю, И.К. мог бы решить эту проблему, но я постеснялся его просить об этом, тем более, что в Средмаше мне предложили на выбор с десяток мест в подмосковных научных институтах. Среди них был и Объединенный институт ядерных исследований в Дубне. Я знал, что Я.А.Сморodinский, руководивший у Кикоина теоретическим сектором и с которым я работал на одном этаже почти в соседних комнатах, совместительствует в Дубне. Поговорил с ним и принял решение устраиваться туда. Немало важно было и то, что ОИЯИ давал мне сразу квартиру.

После перехода в Дубну я попал как бы в некий вакуум. Из всех знакомых - один Я.А.Сморodinский, который бывает там наездами. Правда, часто он вместе с женой прямо с поезда заходил к нам в гости передохнуть. Мы жили возле вокзала, а Сморodinские - в коттедже на другом конце города. Но в этом была скорее заслуга моей тещи - человека легкого, дружелюбного и общительного. Она относилась к тому же поколению, что и Сморodinские, и скоро мы стали дружить домами.

Вскоре я ближе познакомился с Ф.Л.Шапиро, про которого я знал, что Л.Д.Ландау приносил ему извинения за ошибочность критики его работы и цитировал его в своей "Квантовой механике". После защиты кандидатской диссертации передо мной и, как я теперь понимаю, в не меньшей степени перед Федором Львовичем, стал вопрос: чем мне заниматься дальше? Идей у меня было много. Особенно интересным мне тогда казалось изучить возможность существования орто-пара состояний в воде, что представлялось важным и с физической, и с биофизической точки зрения. (Эти состояния через 30 лет были действительно обнаружены, но только в парах воды). Но Федор Львович думал по-другому. Он деликатно заставлял меня снова и снова идти в библиотеку, просиживать там дни, недели, месяцы, выискивая новые идеи, задачи, эксперименты и предложения. Раз или несколько раз в неделю, в зависимости от "улова", я приходил к нему и рассказывал научные новости, иногда не очень уверенно предлагая попытаться поставить тот или иной эксперимент или решить ту или иную проблему,

и всегда получал аргументированное объяснение, почему как раз этого делать не нужно. Так продолжалось довольно долго - года полтора. Я заметно повышал свой научно-интеллектуальный уровень, ставил некоторые не очень сложные эксперименты, даже опубликовал описание одного из них в "Письмах ЖЭТФ", но найти задачу, постановка которой понравилась бы Федору Львовичу, не мог. Однажды в середине 68 года я принес из библиотеки информацию о возможности создания сверхчувствительного сверхпроводящего интерферометра. Было ясно, что с помощью такого прибора можно поставить целую серию красивых экспериментов, в частности, макроскопический опыт по проверке самой актуальной, как тогда казалось, задачи - нарушению СР-инвариантности. Федор Львович с энтузиазмом поддержал постановку такого эксперимента и тем самым определил мою профессиональную специализацию почти на два десятилетия вперед. Мне нравилась такая тематика, так как после построения интерферометра открывалась возможность принципиально новых подходов к ряду задач фундаментальной физики.

Однако первые годы моих занятий тем, что позже стало называться сквид (сверхпроводящий квантовый интерференционный детектор), были очень трудными - ничего не получалось. Вообще-то сейчас, по прошествии десятилетий, и после того, как я сам приобрел опыт организации научных исследований, пробыв больше десятка лет начальником крупного научного отдела, а потом директором института, мне стало понятно, что Федор Львович "пожадничал". Он толкнул меня на довольно сложную разработку без достаточной инженерной поддержки. Сквиды требуют от персонала высокой квалификации в криогенике, электронике и точной технологии. После приобретения необходимого опыта эксплуатация этих устройств оказывается несложной. Но на раннем этапе сложностей было столько, что она, казалось, граничила с искусством. Да и просто технически это было трудоемко. Чего стоило самое простое - заливка жидкого гелия в хрупкий стеклянный сосуд Дьюара с одновременной закачкой испаряющегося гелия в баллоны высокого давления? По-моему, эта процедура устоялась еще во времена Камерлинг-Оннеса, а у нас она велась на нервах из-за необходимости одновременного контроля за хрупким криостатом, за газгольдером, за компрессором и за баллонами высокого давления, которые располагались в разных концах и на разных этажах внутри лабораторного корпуса и снаружи него, а нас было слишком мало. Но это так, мелкие неудобства, усугубляемые требованиями техники безопасности. Главное - в сосуде Дьюара должна была работать радио-электронная и сверхпроводящая начинка, а они не работали. Все заливки шли впустую.

Когда я начал заниматься этой проблемой, мне в помощь были выделены один инженер и один лаборант. Оба практически без каких-либо навыков работы с жидким гелием и далекие от электроники. Да и мой опыт работы с криогеникой тогда был весьма мал, а знание маломощнейшей электроники ограничивалось ламповыми устройствами, а тут нам самим предстояло разработать маломощный усилитель на полевых транзисторах и совсем непростую систему обработки сигнала, называемую модулятор-демодулятор, поддерживающую обратную связь в приборе. Вообще-то, ситуация с криогеникой и особенно с электроникой была еще

сложнее: сначала нужно было еще понять, что конкретно и с какими параметрами требуется разработать. Но главное было, конечно, "извлечь" работоспособный контакт Джозефсона с размерами порядка 10^{-5} см и нужной величиной сверхпроводящего тока, который выдерживал бы несколько циклов охладжений от комнатной температуры до гелия. Заливки гелия в криостаты со сверхпроводящими устройствами шли непрерывно, серии измерений регулярно заканчивались в час-два ночи. Сил это требовало очень много, но результатов не было. Мои сквиды не работали. Сначала Федор Львович почти каждый день заходил в лабораторию, спрашивал, как дела, часто "стрелял" сигаретку, и, услышав, что ничего хорошего нет, как казалось, погрузившись, уходил. Так время шло до 1971 года. К этому времени приход Федора Львовича уже не радовал, а скорее пугал необходимостью оправдываться, объясняя, почему опять ничего не получилось. По-видимому, у него теперь укоренилось впечатление, что решить задачу мы неспособны, и нужно нас "переключать" на нейтронную тематику. Лаборанта забрали. Но ни о чем, кроме сквидов, я слышать уже не мог. К нейтронной физике у меня никакого интереса не было, а Федор Львович потерял интерес к моей работе. Таким образом, постепенно наше общение, бывшее ранее почти ежедневным и почти дружеским, полностью сошло на нет. Ситуация приближалась к конфликтной.

Наконец в 1971 году нам сопутствовал успех - заработал первый сквид. Это был первый сквид в России и второй после Америки в мире. Федор Львович пришел в нашу лабораторию радостный, уже услышав от кого-то об этом успехе и сказал, что рад видеть, что мы сами себе сделали подарок. По прошествии года мы научились делать сквиды достаточно стабильно, процедура их изготовления становилась все более рутинной, но интерес научного сообщества к квантовым макроскопическим приборам, какими являются сквиды, не был насыщен, и в мою лабораторию потек ручеек визитеров.

Это явление имело две стороны. Во-первых, было, конечно, лестно то внимание, которое проявляли известные ученые к нашей работе, но, с другой стороны, давать одни и те же объяснения о природе квантовой интерференции в макроскопических приборах становилось довольно скучным делом. Чтобы преодолеть это и сделать визит нашего очередного гостя более живым, сама по себе возникла новая процедура. Сначала в своем кабинете у доски я рассказывал гостю о квантовании магнитного потока, интерференционном эффекте Джозефсона и особенностях макроскопических квантовых объектов. При этом я рассказывал, какую высокую чувствительность к магнитному полю реально имеют эти макроскопические квантовые приборы - сквиды. В конце концов, я задавал вопрос: "Не хотите ли Вы посмотреть это в "живом" виде?" и, конечно, получал ответ, что именно для этого мой гость и пришел. Тогда наш путь лежал из кабинета в лабораторию, которая располагалась напротив кабинета через коридор. Я, вежливо пропуская гостя вперед, отставая от него на пол-шага, незаметно клал в карман небольшой магнит, который заранее специально был положен на шкаф около двери. Зайдя в лабораторию, которая была метров 10 в длину и почти столько же в ширину, я оставался около дверей, а гость уходил в дальний конец лаборатории, где стоял криостат со сквидом, осциллографы и другая аппаратура. И только тут я "со-



Рис. 2: В нашу лабораторию пришел проф. Д.А.Киржниц (ФИАН). Вероятно, 1973 г.

вершено неожиданно" вспоминал, что с применением квантово-механического уравнения Шредингера к макроскопическим объектам не все так просто - кроме чувствительности к магнитному полю квантовый макроскопический прибор проявляет некую "лингвистическую" чувствительность, а именно проявляет реакцию на произнесение некоторых слов. Даже, точнее, установлена его реакция только на одно слово - "жопа" . Действительно, при произнесении этого слова вслух, стрелка прибора заметно отклонялась - это я, стоя в другом конце лаборатории, немного смещал ногу и с ней магнит, лежавший в кармане брюк. "Покупались" практически все и затем втягивались в веселую дискуссию о том, что вызывало отклик прибора: упоминание о части тела или резонанс с состоянием души. Несмотря на все мои рассказы об очень высокой чувствительности к магнитному полю, представить себе, что с расстояний около 10 метров можно влиять на прибор без сколько-нибудь заметного движения, казалось неправдоподобным.

Были, конечно, и мои "неудачи" . Профессор Михаил Исаакович Подгорецкий, прошедший войну командиром артиллерийской батареи, был серьезным и обстоятельным человеком, тонким знатоком квантовой механики. Позже, когда он стал моим ближайшим старшим другом, я его узнал близко. Тогда стало ясно, что такая шутка с ним и не могла пройти. После моих слов о странной лингвистической чувствительности прибора он просто с неким неудовольствием буркнул что-то типа: "Боря, что за чепуху вы говорите."

Бруно Максимович Понтекерво разоблачил меня своим особым способом. Он, будучи многоязычным, после некоторой растерянности от моего заявления быстро что-то забормotal себе под нос и, как оказалось, выяснил, что прибор действительно реагирует только на одно слово, но обязательно произнесенное по-



Рис. 3: М.И.Подгорецкий

русски. Ни на итальянский синоним, ни даже на английский реакции у прибора нет. «Так не должно быть. Сознавайтесь в чем здесь фокус?» - спросил смеясь Бруно Максимович. Пришлось сознаться.

Зато потом я от души "отыгрался" на другом госте, своем друге, известном физике N. Этот блестящий эрудит и порядочнейший человек был неспособен себе представить, что показания научного прибора могут быть умышленно сфальсифицированы. Благодаря своей природной наблюдательности, он обнаружил, что величина отклонения стрелки прибора примерно пропорциональна громкости, с которой он произносит слово "жопа". Присущая ему любознательность вызвала желание изучить эту зависимость и проверить ее линейность, что заставило его, совсем не хилого тогда человека, орать это слово так, что это породило некоторое изумление и объяснимое любопытство у людей, работавших в соседних лабораториях. Некоторые стали заглядывать в нашу дверь со смущенной улыбкой и с вопросом: «Что у вас здесь такое происходит?»

Но Федор Львович в это время уже был смертельно болен и ничего этого не знал, но как мне рассказывал Смородинский, он радостно смеялся, услышав от него о визите в мою лабораторию и его - Смородинского - знакомстве с "лингвистическими" способностями нашего квантового макроскопического прибора.

В общем, на решение задачи, выбранной Федором Львовичем, - создание и применение сквидов - сил было положено много, но и научную отдачу они имели заметную. С их помощью удалось впервые ввести ограничение на дипольный электрический момент электрона, тем самым определив границу нарушения СР-инвариантности (или, другими словами, на границу эффектов, связанных с обращением времени). Этот результат даже вошел в международный атлас свойств элементарных частиц.

Другой интересный эффект - это эффект общей теории относительности. Согласно ей в присутствии гравитационного поля с перекрестными компонентами



Рис. 4: Б.М.Понтекорво и М.И.Подгорецкий. После ученого совета.



Рис. 5: С академиком С.С.Герштейном на фоне Лаборатории теоретической физики в Дубне.

метрического тензора происходит "искривление" электрической и магнитной восприимчивости вакуума - в присутствии такого гравитационного поля под действием электрического поля в вакууме возбуждается магнитная индукция и наоборот. Попытка обнаружить такой эффект, проведенная нами с помощью сквида, позволила определить его верхнюю границу.

Довольно красивый результат дало применение сквидов в медицине. В частности, на базе сквида нами был построен первый в СССР магнитный кардиометр, имевший значительные преимущества по сравнению с электрокардиографом. К сожалению, в практику он не пошел в первую очередь из-за большой его сложности и трудности эксплуатации.

Были и другие эксперименты. Обсуждалась идея применения сквида для поиска нейтрино. Однажды В.Б.Брагинского, С.С.Герштейна и меня по этому поводу пригласил Я.Б.Зельдович, но дальше этого обсуждения дело не пошло.

В начале 80-х мне удалось написать теорию высоко-частотных сквидов. Объединение теории и практики особенно радовало многих специалистов целого ряда НИИ, разрабатывавших технику для нужд обороны, стажировавшихся в нашей лаборатории. Сами такой тематикой в международном институте мы не занимались, но зато у нас работал целый ряд ученых из Чехословакии, ГДР, Польши, Венгрии и других стран, которые приносили много полезного в нашу научную жизнь, да и повседневную тоже.

Навыки, полученные при работе с низкотемпературными сквидами, позволили нам создать первые высокотемпературные сквиды, обогнав в этом и американцев, и все другие мировые лаборатории. Но потом последовал закат. Я потерял к этой



Рис. 6: Друзья-теоретики М.И.Подгорецкий, Г.И.Копылов и Я.А.Сморodinский. Дубна, 1974 г.

проблематике интерес, переориентировавшись сначала на астрофизику, а потом на физику частиц.

Началось это с того, что летом 1981 года меня пригласил в гости мой друг чл.корр. Д.А.Киржниц, у которого, когда я приехал, уже был незнакомый мне ранее профессор В.И.Григорьев из МГУ. Они-то за коньяком и обратили мое внимание на опыты П.Н.Лебедева, которые тот провел еще в 1911 году. П.Н.Лебедев с помощью очень чувствительного по тем временам магнитометра изучал намагничивание быстро вращающихся металлических образцов. В.И.Григорьев создал теорию этого эффекта и просил меня проверить ее на новом техническом уровне, используя сквиды. Такую установку мы сделали, но она оказалась довольно сложной. Поскольку быстро вращать металлическую болванку в гелии невозможно, пришлось вводить в криостат со сквидом теплый объем. Магнитный подвес использовать было нельзя из-за влияния магнитного поля на сквид, а вращение в подшипниках приводило к биениям, что тоже мешало измерениям, ведь при этом их нужно было вести в магнитном вакууме. Хорошо, что соответствующие исследования и разработки получения магнитного вакуума были у нас сделаны ранее. В целом, сложностей было много и усилий тоже. Но теперь в силу своего взрослого статуса, взявшись за эту работу, я мог ее обеспечить необходимым количеством конструкторов, инженеров, механиков, электронщиков и лаборантов. В конце концов все-таки удалось внутри криостата в магнитном вакууме раскрутить примерно килограммовую ампулу с жидкой ртутью до частоты близкой к 1 кГц. В ряде серий проводившихся экспериментов, казалось, мы видим положительный эффект, который я называл "бароэлектрическим".

По поводу этих измерений я консультировался с таким экспертом как академик Ю.В.Шарвин, и, конечно, обсуждал результаты этих измерений со многи-



Рис. 7: С проф. М.И.Кагановым (Институт физ-проблем). Дубна. Примерно 1985 г.

ми доступными теоретиками (цитируя Г.И.Копылова, «собрав профессоров кагал...»).

Особенно часто, конечно, с самыми близким друзьями - энциклопедически эрудированным в физике М.И.Подгорецким и сильнейшим советским специалистом по теоретической физике металлов М.И.Кагановым.

В конце пришлось прийти к заключению, что то, что мы видим на опыте - это паразитные наводки, настоящий эффект отсутствует, а теория Григорьева не работает.

И все-таки я понял, что эффект электрической поляризации, индуцированной тяготением, должен существовать, но не в металле, как думал В.И.Григорьев, а в плазме, такой, которая образуется внутри космических тел, и это должно быть причиной возникновения у них магнитного поля. Осмысливание этой задачи потребовало нового многолетнего углубления в статфизику, физику плазмы, астрофизику и т.д. Сквиды стали не нужными и ушли в прошлое.

Результатом стала теория внутреннего строения звезд, учитывающая электрическую поляризацию плазмы, возникающую под действием их собственного гравитационного поля. Эта теория хорошо согласуется с соответствующими данными астрономических измерений.

Потом я увлекся теорией сверхтекучести и сверхпроводимости, ядерной физикой и физикой частиц. Я написал статьи и опубликовал монографии по этим тематикам. Результаты этих моих увлечения можно увидеть на сайте

<http://www.bv-vasiliev.narod.ru>

Кажется, к Ф.Л.Шапиро и сквидам это не имеет прямого отношения.



Рис. 8: Из семейного архива. Слева направо: Мусик (Каганов), дядя Миша (Подгорецкий) и я. Начало 90-х.

При внимательном подходе оказывается, что хотя выводы, получающиеся из моих теорий, радикально меняют взгляд на эти физические проблемы, сами эти теории не содержат никаких новаторских изобретений. Они могли бы быть построены другими учеными предыдущего поколения на несколько десятков лет раньше. Вполне возможно, что и я мог бы решить эти задачи в более молодые годы, тогда, когда все горизонты были шире и в пространстве, и во времени. Но тут я начинаю думать, что, по-видимому, все-таки этап работы над сквидами, стимулированный Ф.Л.Шапиро и отнявший у меня столько времени и сил, был необходим для становления меня как ученого, а потому он явился важной ступенью для последующего перехода к другим физическим проблемам.