

# Несколько слов о Мите Дьяконове

М. И. Эйдес

17 февраля 2013 г.

Выдающийся физик-теоретик Дмитрий Игоревич Дьяконов внезапно умер 26 декабря 2012 года в результате обширного инфаркта. Его кончина была тяжёлым и неожиданным ударом для его семьи и друзей.

В течение многих лет Митя был моим близким другом и соавтором. Я знал Митю со студенческих времён. Он был на курс младше меня и подружился со своими сокурсниками, которые были выпускниками 239-ой физматшколы. Я тоже заканчивал эту школу, и участвовал в работе школьных физико-математического и туристского клубов и после окончания школы. Так что Митины приятели были и моими друзьями. Так мы и познакомились, но в студенческие годы близкими друзьями не стали. Наше близкое знакомство и дружба начались позднее, через несколько лет после окончания университета, вскоре после того, как каждый из нас защитил свою кандидатскую диссертацию. Диссертации были посвящены настолько разным темам, что казалось бы мы практически не имели точек соприкосновения. Но тут надо принять во внимание, что мы были участниками теорсеминара ЛИЯФ, а на семинаре обсуждалась практически вся теоретическая физика, и для молодого человека было просто невозможно сознаться, что ты чего-то не понимаешь. То есть, конечно, мы многого не понимали, но это означало только то, что после семинара мы обсуждали непонятое, читали оригинальные работы, и не успокаивались до тех пор, пока не разбирались в вопросе. Вот с таких обсуждений и началась наша совместная работа. Это были годы, когда активно развивалась современная теория сильных взаимодействий – квантовая хромодинамика (КХД). Митя к тому моменту (вместе с Юрой Докшицером и Серёжей Трояном) уже внёс свой вклад в эту теорию, подытоженный в знаменитой работе DDT. В этой работе был проведён всесторонний анализ жёстких процессов и получены предсказания их сечений в рамках пертурбативной КХД. Я до того времени хромодинамикой не занимался, а работал над первой инкарнацией теории струн, которая первоначально рассматривалась как возможная альтернативная хромодинамике теория сильных взаимодействий. Ноябрьская революция 1974 года, состоявшая в открытии  $J/\psi$  резонанса и тем самым  $c$ -кварка, практически положила конец теории струн как теории сильных взаимодействий. Так получилось, что и Митя и я одновременно искали новую область для приложения своих сил, и мы оба всерьёз заинтересовались непертурбативными проблемами сильных взаимодействий. Экспериментально при низких энергиях мы не наблюдаем никаких кварков и глюонов. Вместо них существует богатый мир адронов: протоны, нейтроны, пионы, каоны и т.д. Описание реально существующих адронов и их взаимодействий невозможно в рамках теории возмущений КХД. Дело в том, что константа связи КХД становится большой на больших расстояниях (малых энергиях) и поэтому теория возмущений в таких условиях не работает. В то же время теория поля – это больше чем теория возмущений, и некоторые результаты могут быть получены и вне рамок теории возмущений. Мы с Митей решили применить точные результаты КХД к так называемой  $U(1)$  проблеме – давно существовавшей загадке, почему в природе не существует девятого лёгкого псевдоскалярного мезона.

Чтобы сделать последующее более понятным, я попытаюсь кратко объяснить суть проблемы. Было давно известно, что сильные взаимодействия приближённо кирально инвариантны. В квантовой хромодинамике это означает, что лёгкие кварки в ведущем приближении не имеют массы. Тогда в хромодинамике имеется девять векторных и девять аксиальных токов, которые,

как и соответствующие им заряды, сохраняются. В простейшем варианте такая симметрия должна реализовываться на спектре наблюдаемых сильно взаимодействующих частиц – адронов. В случае такой реализации киральной симметрии все наблюдаемые адроны должны были бы быть массивными дублетами по чётности, то есть каждой частице с положительной чётностью (переходящей в себя при пространственном отражении) должна соответствовать наблюдаемая частица с отрицательной чётностью. Однако удвоение по чётности на эксперименте не наблюдается, и поэтому мы вынуждены заключить, что киральная симметрия реализуется в спонтанно нарушенной форме, то есть в физическом вакууме развиваются конденсаты, которые нарушают киральную симметрию. Давно было известно, что в КХД таким конденсатом является конденсат лёгких кварк-антикварковых пар. Платой за образование конденсата является появление безмассовых гудстоуновских бозонов, их возникает столько, сколько симметрий нарушено. Экспериментально давно известен псевдоскалярный октет мезонов, которые являются (псевдо)гудстоуновскими бозонами. Но кварк-антикварковый конденсат нарушает и сохранение синглетного аксиального тока, и поэтому наивно должен существовать и девятый лёгкий псевдоскалярный мезон. Он действительно существует, но оказался тяжёлым, с массой порядка протонной массы. Теория должна объяснить, почему он тяжёлый. Первый намёк на разрешение проблемы существования девятого лёгкого псевдоскалярного мезона появился, когда было осознано, что в КХД имеется аксиальная аномалия, и девятый (синглетный) аксиальный ток не сохраняется. Само по себе наличие аномалии не решает  $U(1)$  проблему, поскольку аномалия является плотностью топологического заряда, и в то же время может быть представлена в виде дивергенции калибровочно-неинвариантного тока. В рамках теории возмущений эта аномалия невидима, и мы всё равно должны ожидать появления лёгкого мезона. Позже т'Хоофт обнаружил, что инстантоны дают ненулевой вклад в аномалию. Но и это не привело к решению проблемы, поскольку инстантоны явно предсказывали неправильную зависимость от числа цветов и других параметров. Наконец, в пределе большого числа цветов проблема была решена Виттеном и Венециано. Решение Венециано требовало существования в теории безмассового духового полюса в корреляторе топологических токов. Причина возникновения такого полюса оставалась при этом неясной. Эту-то причину мы и решили выяснить.

Совместная работа началась с обсуждений после регулярных понедельничных семинаров теоретдела в Физтехе. Семинары начинались в десять утра и продолжались без ограничения времени, заканчиваясь обычно что-нибудь около двух часов. После семинара мы небольшой компанией шли обедать в столовую Дома учёных в Лесном (могли ли мы себе представить, что много лет спустя поминки по Мите пройдут именно в этом помещении). За обедом шли жаркие обсуждения всего на свете, начиная с темы только что прошедшего семинара и заканчивая политикой. Наши основные интересы были сосредоточены на физике, мы пришли к ней не в поисках карьерного успеха или высокой зарплаты, а в поисках ответа на вопрос, как же устроен окружающий мир. Мы были уверены, что многие ответы будут найдены при нашей жизни, и что мы сможем внести свой вклад в разрешение самых важных загадок природы. Устав от науки, мы свободно и нелицеприятно обсуждали и осуждали "текущую политику советской власти," но потом снова возвращались к физике. После обеда мы с Митей возвращались в Физтех и продолжали работать над проблемами сильных взаимодействий. Прежде всего нам пришлось освоить новые новые технические методы и подходы, которые мы до того не знали, например, алгебру токов, аномальные коммутаторы и т. д. Я помню, что на меня большое впечатление произвела скорость, с которой Митя усваивал новые методы и превращал их в часть своего теоретического арсенала. Он очень быстро проходил стадию ученичества, и вскоре был уже способен не только применять новую технику, но и развивать её дальше. Творческое начало в нём было необычайно сильным.

Вскоре у нас возникли некоторые интересные идеи, и еженедельных обсуждений стало мало. Мы начали интенсивно работать вместе практически каждый день. Я в тот момент работал в институте метрологии, где было обязательное посещение, поэтому наша работа была организована следующим образом. Я появлялся в большой Дьяконовской квартире на Суворовском

после полудня, мы с Митей усаживались друг напротив друга в старинные кресла за громадным письменным столом и рассказывали друг другу, что мы поняли с тех пор как расстались предыдущей ночью. Дальше начинались обсуждения, вычисления, споры, и продолжалось всё это до часу-двух ночи, когда я отправлялся домой спать.

В наших ежедневных дискуссиях бывал обычно один перерыв в пять часов на ежевечерний чай. На чай собирались все обитатели Дьконовской квартиры и обычно ещё несколько человек. Здесь уместно сказать несколько слов о большой интеллигентной семье Дьяконовых. Митин отец, Игорь Михайлович, был всемирно известным исследователем Древнего Востока (Шумера, Аккада, Ассирии и т.д.) и необычайно ярким человеком. Он был избран членом ведущих западных академий (но не АН СССР). Митина мать, Нина Яковлевна, была известным филологом, специалистом по английской литературе. Её сестра, Елена Яковлевна, была физиком и работала в Физтехе. Все эти члены старшего поколения семейства Дьяконовых были окружены молодыми аспирантами и сотрудниками, поэтому на пятичасовой чай обычно собиралось много народу. Разговоры за этим чаем были необычайно интересны, невозможно назвать тему, которая там не обсуждалась, мнения высказывались самые разные, в соответствии с разнообразным составом присутствующих. Солировал всегда Игорь Михайлович, слушать его было необычайно интересно. Должен сознаться, что разговоры с Игорем Михайловичем были пожалуй не менее интересны, чем наша с Митей наука, и от них трудно было оторваться.

После чая мы с Митей с новыми силами принимались за физику, и работали до поздней ночи. В таком практически ежедневном ритме мы жили года два-три. В какой-то момент мы поняли, что причиной существования безмассового духа является структура основного состояния в КХД, аналогичная структуре, которую чувствует электрон в кристалле. Как и в кристалле, энергия основного состояния в КХД периодична по некоторой обобщённой координате. Как и в кристалле, канонически сопряжённой переменной является аналог обобщённый сохраняющийся квазиимпульс. Если барьеры проницаемы, то электрон может практически свободно двигаться сквозь кристалл, его состояние характеризуется значениями эффективной массы и квазиимпульса. Аналогичный эффект наблюдается и в КХД, система может свободно двигаться по одной из обобщённых координат и характеризуется определённым квазиимпульсом. Эта возможность свободного движения и проявляется в существовании духового полюса в корреляторе топологических токов. Чтобы связать эти абстрактные рассуждения с феноменологией мы выписали полную систему аномальных тождеств Уорда для векторных и аксиальных токов, и насытили её состояниями из псевдоскалярного нонета. Мы обнаружили, что существование безмассового духа приводит к тому, что девятый псевдоскалярный мезон оказывается существенно тяжелее остальных мезонов. Из тождеств Уорда мы получили набор констант, которые описывают константы связи в массы псевдоскалярного нонета, и ведут к разрешению  $U(1)$  проблемы. С теоретической точки зрения наиболее интересным было заключение о том, что наличие тяжёлого девятого мезона доказывает проницаемость барьеров в основном состоянии КХД независимо от инстантонного приближения. Последнее было важно, поскольку инстантонное приближение в КХД не является самосогласованным (позднее а работах Мити и Вити Петрова был развит самосогласованный подход, основанный на инстантонах).

Работали мы дружно, хотя со стороны должно было казаться, что у нас непрерывные конфликты. Во время работы всё время появлялись новые идеи, по большей части неправильные, и только после длительных горячих дискуссий выяснялось, что правильно, а что отправляется "на свалку истории". Самые "серьёзные" проблемы возникли, когда наступило время писать нашу первую статью. Дело в том, что до этого все статьи с другими соавторами каждый из нас писал сам, и каждый хотел поступить так и в этот раз, так что потребовались длительные переговоры, прежде чем мы договорились. Тогда это казалось очень важным, но, смешно сказать, сейчас я даже не помню, кто же написал первый черновик. Статью мы собирались послать в ЖЭТФ, который в то время публиковал только по-русски, но мы прежде всего собирались выпустить препринт ЛИЯФ по-английски. Проблем с языком у нас не было, каждого из нас учили язы-

ку с детства. Но проблема всё-таки возникла. Нам надо было упомянуть про "Wick rotation" и возникла трудность, преследующая всех носителей русского языка – проблема артикля. Писать ли артикль "the" или не писать? Дилемма почти Гамлетовская. Разрешить разногласия по этому поводу самостоятельно мы не смогли, но в Дьяконовском доме было кого спросить. Мы для душевного спокойствия по отдельности спросили Нину Яковлевну и Игоря Михайловича, они дали одинаковые ответы, и задача была решена.

Успех с  $U(1)$  проблемой нас сильно воодушевил, и мы занялись эффективным киральным Лагранжианом. Как я уже отмечал, Лагранжиан КХД сформулирован в терминах кварков и глюонов, а наблюдаем мы нуклоны и мезоны. Для описания последних использовались так называемые киральные Лагранжианы, которые по построению обладали теми же симметриями, что и фундаментальный Лагранжиан КХД. Но точное соотношение между фундаментальным Лагранжианом КХД и эффективным киральным Лагранжианом всегда оставалось до конца не прояснённым. Мы предположили, что после нарушения киральной симметрии фазы полей кварков превращаются в псевдоскалярные поля нонета мезонов. При киральном преобразовании полей кварков Лагранжиан КХД в силу наличия аксиальной аномалии сдвигается. Используя это свойство нам удалось проинтегрировать уравнение для аномалии и формально вычислить эффективный киральный Лагранжиан. В результате мы получили эффективный киральный Лагранжиан, включающий недавно открытый тогда член Весса-Зумино-Виттена, непосредственно из фундаментального Лагранжиана КХД. Мы были очень довольны этим результатом. После этого наши научные пути несколько разошлись. Митя продолжил работу над развитием непертурбативного подхода к низкоэнергетическим взаимодействиям и добился там больших успехов, а мои интересы сместились к теории связанных состояний в квантовой электродинамике. Наши ежедневные занятия физикой постепенно прекратились, и я стал более редким посетителем квартиры на Суворовском.

Мы с Митей остались близкими друзьями на всю жизнь, есть что вспомнить и помимо науки. Много лет почти каждый Новый год мы встречали в большой компании или на Суворовском, или на Митиной даче в Ушково. На Новый год играли в шарады, а иногда разыгрывались небольшие самодеятельные спектакли содержания, сценарии которых были продуктом коллективного творчества, причём Митя обычно был одним из ведущих авторов и актёров (сценарии можно теперь найти в библиотеке Мошкова). Он был разносторонне талантлив, и его творческая натура проявлялась отнюдь не только в физике. На Новый год обычно готовился список вопросов-предсказаний, на которые отвечали все присутствующие. На каждый следующий Новый год старые предсказания анализировались, и выяснялось, у кого был самый реалистический взгляд на развитие событий. Было бы очень интересно найти эти старые предсказания конца 80-х, и посмотреть, что мы тогда ожидали.

Но я и без того помню эйфорию, охватившую нас в эпоху перестройки. Казалось, что ещё немного, и страна станет нормальной (в понимании того, что значит "нормальность" разногласий не было). Помню, как вернувшись из своей первой поездки в Америку, Митя рассказывал о посещённых им университетах, проведённых семинарах и разговорах с американскими физиками. Почти всё за океаном оказалось знакомым и привычным, интересы людей в основном не отличались от наших, научный уровень уж никак не был выше нашего, никаких существенных культурных барьеров не наблюдалось. Значительное отличие было, конечно, в уровне и устройстве повседневной жизни, американских автострадах, машинах и т.д. Удивительным казался тогда рассказ Мити о том, как он арендовал машину, чтобы перебраться из одного университетского городка в другой, пропустил нужный съезд с автострады, и был вынужден сделать из-за этого лишнюю сотню миль. Эти бытовые различия казались в тот момент легко преодолимыми, нужно было лишь избавиться от противоестественного общественного устройства, которое разваливалось на глазах. Задача перехода к нормальному (читай демократическому) устройству общества представлялась легко решаемой. Теперь, по прошествии двадцати с лишним лет, мы знаем, что тогдашние надежды не оправдались.

Последние годы были временем расцвета Митиной научной работы. Они с Витей Петровым и Максимом Поляковым предсказали существование принципиально нового долгоживущего адрона. Работы по экспериментальной поиску этого адрона активно проводятся в ведущих научных центрах по всему миру. Митя успешно работал в разных областях, руководил студентами и аспирантами, преподавал, активно общался с коллегами из разных стран. Митю всегда беспокоило будущее страны и российской науки. В последнее время он стал предпринимать активные попытки изменить ситуацию. Он стал заметным общественным деятелем, был одним из основных создателей Общества научных работников, активно боролся за выживание российской науки. Внезапная смерть застала его на пике научной и общественной активности. Это колоссальная и невозполнимая потеря для его родных и близких, друзей и коллег, российской и мировой науки.