

ЭНЕРГИЯ



Институт
ядерной физики
им. Г.М. Будкера
СО РАН

№ 6-7
июнь
2000 г.

-континентос

Поздравляем!

Александра Николаевича
Скринского
с избранием иностранным членом
Королевской академии Швеции.

Поздравляем!

Иосифа Бенционовича
Хриповича
с избранием
в члены-корреспонденты
Российской академии наук.

Поделись улыбкою своей!

1 июня — День защиты детей



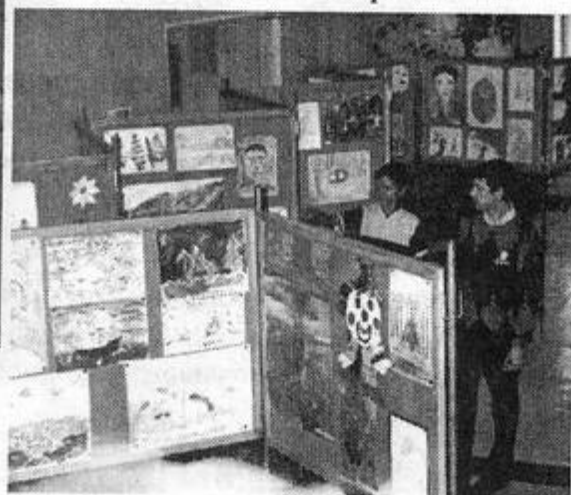
Как всегда, в первых числах июня в нашем институте проводится Праздник детского рисунка, приуроченный к Дню защиты детей. В нынешнем году это веселое событие, любимое и взрослыми и детьми, состоялось 3 июня. Не помешала и дождливая погода, хотя внесла свои коррективы — от традиционного конкурса рисунков на асфальте пришлось отказаться. Но настроение у всех участников праздника

рисунков. Возрастной диапазон авторов весьма широк — от двух до пятнадцати лет. Их работы радовали взор зрителей яркостью красок, удивляли буйством фантазии и поднимали настроение своим оптимизмом. И как обычно, все участники этой прекрасной выставки получили награды. А потом и дети, и взрослые с удовольствием участвовали в разнообразных играх. Праздник получился солнечный, несмотря на дождь!

Фото А. Горбатенко.



было замечательное! В одном из холлов первого здания разместилась выставка детских



Результаты конкурса молодых ученых 2000 года

Физика элементарных частиц

I. Кроковный Павел Петрович, магистратура 2-й курс, лаб. 3-3: «Измерение сечения процесса $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma$ с детектором КМД-2».

II. Бердюгин Алексей Викторович, аспирантура 2-й год обучения, лаб. 3-1: «Процесс $e^+e^- \rightarrow \eta\gamma$ на детекторе СНД».

Коркин Роман Владимирович, магистратура 1-й курс, ТО: «Асимметрия сечения фоторасщепления дейтона».

III. Кремьянская Елена Валерьевна, магистратура 2 курс, л.1-3: «Нейтронный спектрометр для низкоинтенсивных процессов».

Полуэктов Антон Олегович, магистратура 2-й курс, лаб. 3-3: «Измерение дисперсионной функции накопителя ВЭПП-4М в месте встречи».

Сухарев Андрей Михайлович, магистратура 2-й курс, лаб. 3-3: «Моделирование и реконструкция событий в мюонной системе детектора КЕДР».

Физика ускорителей

I. Валишев Александр Абрикович, аспирантура 3-й год обучения, лаб. 11: «Когерентные эффекты встречи на накопителе ВЭПП-2М».

II. Кайран Дмитрий Александрович, аспирантура 3-й год обучения, лаб. 8-1: «Проект магнитной системы ускорителя-рекуператора для лазера на свободных электронах».

III. Петриченков Михаил Владимирович, аспирантура 3-й год обучения, лаб. 1-1: «Тепловые расчеты элементов конверсионной системы для получения позитронов в SLAC».

Радиофизика

I. Кузнецов Сергей Александрович, аспирант 3-й год обучения, лаб.10: «Перестраиваемые интерференционные СВЧ-фильтры на основе скрещенных решеток-поляризаторов».

II. Ерохин Александр Иванович, м.н.с., лаб.6: «Компьютерное моделирование импульсного управления размыкателями в системе вывода энергии из сверхпроводящих магнитов Большого Адронного Коллайдера (CERN)».

Иванов Андрей Вячеславович, аспирант 1 года, лаб.6: «Точный расчет электронных пушек и коллекторов с учетом тепловых скоростей».

III. Алякринский Олег Николаевич, аспирант 2-го года обучения, лаб.4: «Окно стоячей волны».

Мандрик Егор Михайлович, аспирант 3-го года обучения, лаб.6: «Питающее устройство для цифровой малодозной рентгеновской установки».

Воскобойников Ренат Владимирович, аспирант 2го года обучения, лаб 6,: «Разработка системы передачи мощности с гальванической развязкой 300 кВ».

Физика плазмы

I. Корнилов Владимир Николаевич, магистратура 1-й курс, лаб. 9-1: «Эксперименты с инжекцией дейтерия на Газодинамической ловушке».

II. Строгалова Светлана Леонидовна, магистратура 2-й курс, лаб.9-1: «Интегрированная численная модель переноса многокомпонентной плазмы в газодинамической ловушке».

III. Муравьев Максим Витальевич, магистратура 2-й курс, лаб. 9-7: «Изучение структуры ВЧ-колебаний в плазме при ИЦР-нагреве на установке АМБАЛ-М».

Информатика

I. Рылов Всеволод Юрьевич, магистратура 2-й курс, лаб. 2: «Система сбора данных детектора КМД-2 на основе ОС Linux».

II. Панич Евгений Александрович, магистратура 2-й курс, лаб. 2: «Оптимизация алгоритма восстановления треков в дрейфовой камере КМД-2».

Мамкин Виталий Рудольфович, аспирант 3-й год обучения, лаб. 6-1: «Программно-аппаратные средства управления вигтлером Bessy-II».

III. Квашнин Евгений Валерьевич, магистратура 2-й курс, с. 3-12: «Регистрирующая электроника для дрейфовой камеры детектора СНД».

Степанов Денис Николаевич, магистратура 1-й курс, лаб. 9-1: «Программное обеспечение для использования в системе сбора данных установки ГДЛ оптоволоконных цифровых регистраторов АЦП 8122».



Праздник, с сединою на висках..

9 мая нынешнего года наша страна отметила 55-ю годовщину Победы в Великой Отечественной войне. В нашем институте тридцать шесть фронтовиков, шестеро из них продолжают трудиться, и 92 труженика тыла. Все они собрались 5 мая в столовой ИЯФ, чтобы отметить эту дату, вспомнить своих фронтовых товарищей, поделиться воспоминаниями о прошедшей войне.

Фото А. Горбатенко.

С приветственным словом к ветеранам обратились заместитель директора ИЯФ В.А. Сидоров, председатель профкома С.Ю. Таскаев, председатель совета ветеранов ИЯФ Б.А. Баклаков, председатель совета ветеранов Советского района В.К. Бахтин, заместитель председателя профкома ИЯФ Е.А. Недопрядченко.



ли присутствующие тех, кто не вернулся с фронтов Великой Отечественной. От души веселились ветераны, вспомнили свою фронтовую молодость, обменялись последними новостями...

А прощаясь, сердечно благодарили администрацию института, профком, всех, кто был причастен к организации этой встречи, за прекрасный праздник.

Они пожелали всем присутствующим здоровья и бодрости на долгие годы и выразили надежду на то, что шестидесятую годовщину Победы все участники сегодняшней встречи отпразднуют в этом же составе.

В честь ветеранов звучали песни военных лет в исполнении ияфовского ансамбля русской песни (руководитель Г.Г. Церпята), к нему с удовольствием присоединяли свои голоса все участники этой встречи. Минутой молчания почти-





Заключительное занятие в дамском клубе было посвящено очень важной теме — очищению организма. Лекцию на эту тему прочитала опытный терапевт Валентина Александровна Смелова. Несколько лет она непосредственно занимается чистками в профилактории «Березовый» хлопчатобумажного комбината. Она рассказала много интересного и полезного о том, как помочь своему организму очиститься от ненужных накоплений.

— Хотя бы один раз в году необходимо почистить печень. Если с печенью есть какие-то проблемы, то безусловно это будет способствовать развитию заболеваний. Например, считается, что нет женских болезней, а есть болезни печени: женские половые гормоны здесь не вырабатываются, как должны, а разрушаются. Если есть загрязненность печени, то эти гормоны до конца не окисляются, «разгуливают» по организму, вызывая заболевания женских половых органов и даже мастопатию. А недавно в печати появилось такое утверждение: нет проблемы рака, есть проблема печени, возникающая вследствие того, что печень не может очистить всю продукцию, поступающую в организм.

Мы проводим чистку в нашем профилактории в течение трех дней под наблюдением врача. Питание в эти дни осуществляется по облег-

Не все накопления полезны...

ченному варианту — овсяная каша, мед, различные травы, слабительные средства, минеральная вода, сорбенты (ими нужно пользоваться обязательно). В первые два дня нужно пить очень много желчегонных средств, которые заставляют печень как можно больше вырабатывать желчи, и чистить кишечник, чтобы он был пустой. Если забит кишечник, чистки не будет никакой. На третий день на ночь нужно выпить стакан оливкового масла (можно льняное, соевое, и если оливкового масла нужно стакан, то льняного хватает всего 60 мл) и сок лимона. После этого человек ложится на грелку на правый бок на шесть часов. Иногда при этом могут появиться симптомы интоксикации, так как кишечник чистый, и туда вся грязь сбрасывается. Самочувствие может ухудшиться, но ничего страшного нет. Почему идет чистка в ночь? Дело в том, что согласно китайской медицине меридиан желчного пузыря работает с 23 до 1 часа, печень открыта с часа ночи до трех, почки — всю ночь. В это время эффект очистки выше. Отсюда один практический совет: если вам утром предстоит зондирование в медицинском учреждении, нужно выпить накануне вечером стакан пива — тогда будут хорошо работать желчевыводящие протоки. Иногда с первого раза чистка не очень эффективна, но на второй раз результат будет обязательно. При этой процедуре чистятся, конечно, и почки. Правда, почечные камни не выйдут и колики не наблюдалось, но песок выходит.

Показаний к чистке много. Например, язвенная болезнь забывается совсем после 2-3 чисток. Стали направлять больных к нам и невропатологи. При ишемической болезни сердца, при бронхиальной астме чистка дает замечательные результаты. Противопоказаний для чистки три: острые заболевания,

обострение хронических заболеваний и большое количество крупных камней в желчном пузыре. С камнями на чистку мы берем. Если камень крупный, то он останется, так как желчный проток имеет диаметр 6 мм, а мелкие, конечно, выйдут.

Мы получили сейчас инструкции от Института экспериментальной и клинической медицины по разрушению камней растительными препаратами, в частности, гепаром.

Менее эффективно, но не без пользы для организма можно почистить печень дома. Для этого любую желчегонную траву (мы рекомендуем володушку) нужно попить в течение недели. В конце недели следует сделать тюбаж после 19 часов. Его можно делать с кселитом, сорбитом, магнезией (30 граммов на стакан), лучше с минеральной водой, например, с Доволенской. Минеральная вода должна быть без газа, для этого нужно открыть бутылку и подождать, чтобы вышел газ. Потом подогреть, выпить стакан, лечь на правый бок, подложив грелку. Затем в течение первых двадцати минут следует выпить маленькими глотками еще стакан минеральной воды и лежать два часа. Можно такую процедуру повторить еще через неделю.

Не менее важна очистка лимфатической системы сорбентами — это энтеросгель, полифипам, СУМС. Для профилактики нужно пить так: 1 чайную ложку любого сорбента размешать в стакане талой воды и пить натошак в течение дня. Если есть проблемы, то два стакана в день. Курс 7-10 дней, перерыв 10 дней и затем повторить.

Хорошими чистящими свойствами обладает талая вода. Как ее делать? Наберите из-под крана воду в кастрюлю, в течение суток она должна постоять, чтобы вышел

хлор. Потом ее нужно налить в пищевую пластиковую бутылку и положить в морозильную камеру. Первый стакан воды и последний из этой бутылки нужно выбросить: она содержит вредные примеси. Для этого бутылку подставить под струю горячей воды, вращая, слить верхний слой. Потом бутылку поставьте вверх дном на трехлитровую банку и набирайте воду до тех пор, пока в бутылке не остается кусочек льда величиной со стакан воды, его нужно выбросить. Талая вода сохраняет свои активные свойства 8-10 часов. Не нужно пить ее постоянно, из-за привыкания организма она снижает свою активность. Такие десятидневные курсы нужно проводить регулярно.

Несколько слов об использовании в лечебных целях глины. Мы пока работаем только с белой и голубой глинами, так как на них у нас есть сертификат. Другие глины у нас тоже есть — желтая, красная — но пока идет процесс их исследования и сертификации, поэтому мы их пока не применяем. Голубая глина прекрасно снимает различные воспаления. Очень хороший эффект дают косметические маски из белой глины. Если кожа сухая, то глину лучше разводить растительным маслом, а для жирной кожи — талой водой.

Практикуем мы и гирудотерапию. Это особенно эффективно тогда, когда нужно улучшить микроциркуляцию крови, т.е. улучшить кровоснабжение, если нужно снять отек (внутричерепная гипертензия). Хороший эффект дает лечение пиявками тромбофлебита, геморроя, варикозного расширения вен. Пиявки выделяют гирудин, который разжижает кровь.

Надеюсь, что мои советы помогут вам правильно провести необходимые процедуры дома, а если вы решитесь на более глубокую чистку, то позвоните в наш профилакторий по телефонам 64-98-15 и 64-98-26. Стоимость лечения 450 рублей за три дня, если с гепаром, то дополнительно еще 60 рублей.

Путешествие в прошлое

В начале июня сотрудники нашего института получили возможность побывать в Музее истории и культуры народов Сибири и Дальнего Востока. Экскурсовод И.И. Кедрова познакомила с экспозицией музея. Здесь хранятся предметы быта и искусства периода каменного века, палеолита, неолита. Возраст некоторых экспона-



тов более сорока тысяч лет! Огромный интерес вызвали находки, сделанные сравнительно недавно нашими археологами на Алтае (Укок). Они обнару-

жили хорошо сохранившееся захоронение, в котором вместе с лошадьми, утварью и одеждой находилось мумифицированное тело молодой женщины. Судя по количеству захороненных с ней домашних животных и одежде, в свое время она была очень знатна и почитаема. Возраст этих экспонатов более двух тысяч лет. Кроме этой мумии, в музее хранится еще одна — это тело мужчины. Чрезвычайно интересен и раздел музея, посвященный культурным традициям народов Сиби-

ри и Дальнего Востока. Здесь можно увидеть, например, наряд из ... рыбьей шкуры. Путешествие в прошлое оказалось очень познавательным.

Фото И. Онучиной.

Разлив-2000

Стоимость путевки для сотрудника и членов его семьи - 25 рублей за сутки.

Для сторонних отдыхающих - 100 рублей за сутки.

Заявления подаются заблаговременно представителям соцстраха подразделений.

Распределение путевок по вторникам в 10-00 час.

Списки вывешиваются на доске ПК по вторникам в 15-00 час.

Путевки покупаются в профкоме по средам с 16-00 до 19-00 час.

Автобусы на базу отправляются от Института экономики по пятницам в 19-00 час, по воскресеньям в 17-00 час.

Стоимость проезда в один конец 5 рублей.

Низкий поклон и большое спасибо администрации и всем сотрудникам института, искренне разделившим наше безграничное горе в связи с уходом из жизни любимого мужа, отца и брата

**Михаила Владимировича
Таубера.**

Жена, дети, брат.

\mathcal{E}, \vec{p} — SCIENCE

Кроме четырех известных взаимодействий — сильного, электромагнитного, слабого и гравитационного — возможны новые взаимодействия, и в том случае, если оно переносится безмассовой или очень легкой частицей, такое взаимодействие будет дальнедействующим. Почти во всех современных теориях, которые претендуют на объединение взаимодействий, возникает класс новых частиц, так называемый скалярный сектор. В простейших моделях это одна или две частицы, а в сложных теориях, типа супергравитации, скалярный сектор насчитывает десятки ча-

стиц, о которых практически ничего не известно: масса их и константы взаимодействия с фермионами теорией не фиксируются, и частицы эти могут быть безмассовыми или очень легкими. Если эти частицы безмассовые, то возникают новые классические поля. Открытие такого поля вообще трудно переоценить. Если скалярные бозоны очень легкие, то тоже возникают дальнедействующие юкавские поля. Они экспоненциально убывают с расстоянием, но при малой массе частиц могут иметь значительный радиус действия.

Оказывается, что относительно простые и дешевые эксперименты позволяют исследовать физику предельно высоких энергий, совершенно недоступную для ускорителей. Например, современное ограничение на константу взаимодействия арион — электрон, полученное на детекторах квазимагнитных взаимодействий, примерно на два по-

рядка лучше, чем ограничение, полученное в ускорительных экспериментах. В принципе, чувствительность квазимагнитных детекторов может быть улучшена еще на два-три порядка.

Для простоты я буду в дальнейшем называть все частицы такого типа арионами и говорить так, буд-

магниты с разной ориентацией относительно вертикали должны иметь слегка разный вес. Кроме того, на постоянный магнит должен действовать момент сил, стремящихся ориентировать его по вертикали.

Третий тип сил — это когда взаимодействие с обоими электронами

является псевдоскалярным. Такое взаимодействие очень похоже на взаимодействие магнитных моментов электронов, т.е. магнитное диполь-дипольное взаимодействие. Но в отличие от диполь-дипольного взаимодействия магнитных

моментов электронов наше взаимодействие зацеплено не за магнитный момент, а за спин, точнее, за некий квазимагнитный момент. Искомое диполь-монопольное или диполь-дипольное взаимодействие не экранируется вихревыми токами, поскольку взаимодействует только со спинами и генерируется плотностью спинов. Оно проникает через сверхпроводящие экраны и может быть зарегистрировано по намагниченности пробного тела — феррозонда. Поэтому такие квазимагнитные взаимодействия имеют определенные преимущества при детектировании, поскольку мы можем экранировать фоновые магнитные взаимодействия с помощью сверхпроводящих магнитных экранов.

Все три типа взаимодействий могут приводить к дальнедействующим силам. На самом деле существует еще ряд квазимагнитных взаимодействий, т.е. существуют явления, которые с точки зрения элект-

П.Воробьев

Поиск новых дальнедействующих сил

то бы эти частицы существуют. Кроме того, мы будем рассматривать взаимодействие ариона, в основном, с электронами.

Итак, при обмене арионом между двумя электронами, могут возникнуть три типа сил.

Первый случай, когда арион взаимодействует с каждым электроном как скаляр. Такое взаимодействие можно рассматривать как некую поправку к гравитации — новое дальнедействующее взаимодействие, которое нарушает принцип эквивалентности.

Во втором случае наш арион взаимодействует с одним из электронов как скаляр, а с другим — как псевдоскаляр. Это патологическое взаимодействие, которое нарушает T и P инвариантность и выглядит как монополь-дипольное взаимодействие. Оно приводит к тому, что в поле массивного тела, например, Земли, должно намагничиваться ферромагнетики вдоль вертикали, и

рона выглядят как некое эффективное магнитное поле. О них мы поговорим позже.

Итак: монополь-монопольное взаимодействие. Оно довольно активно исследовалось несколько лет назад в связи с поисками так называемой «пятой силы» — добавочных компонент гравитации, которые были бы обусловлены обменом скалярной и/или векторной частицей (гравискаляр или гравифотон). В то время казалось, что существуют геофизические данные, свидетельствующие о наличии «пятой силы». Более того, реанализ экспериментов Этвёша тоже демонстрировал некоторое нарушение принципа эквивалентности. Возник экспериментальный бум. В результате техника эксперимента в этой области резко продвинулась, за три — четыре года чувствительность повысилась более чем на 4 порядка. Удалось показать, что на уровне 10^{-14} никаких отклонений от принципа эквивалентности не существует. И нет дальнедействующих сил с характерным радиусом действия порядка сотен метров с константой взаимодействия большей, чем $1/1000$ относительно гравитационной. Поэтому деятельность эта в настоящее время увяла.

Примерно два года назад интерес к монополь-монопольному взаимодействию и проверке закона обратных квадратов в гравитации вспыхнул снова. Это связано с тем, что два года назад Nima Arkani-Hamed, Savas Dimopoulos и Gia Dvali предложили некое решение проблемы иерархии взаимодействий. Масштабы сил, соответствующих разным взаимодействиям, очень сильно различаются. Например, электромагнитное и гравитационное взаимодействия по силе различаются более чем на сорок порядков. Характерные длины взаимодействий тоже отличаются примерно на двадцать порядков. Димопулос с соавторами задались вопросом, нельзя ли построить такую теорию, в которой объединение взаимодействий происходило бы не на планковском масштабе, когда гравитация бывает

такой же сильной, как остальные взаимодействия (а это масштаб порядка 10^{-33} см), а на разумном с точки зрения экспериментаторов раз- мере — порядка 10^{-18} см, что соответствует энергии около 10 ТэВ.

Я думаю, что в определенном смысле выполнялся некий социальный заказ — требовалось показать, что большая часть физики может быть сделана на строящемся ускорителе LHC и машинах этого класса.

Как известно, потенциал гравитационного взаимодействия меняется с расстоянием как $1/R$. Однако, предположим, что наше пространство представляет собой с топологической точки зрения произведение $M^4 \times S^n$, где M^4 — привычное нам пространство-время, в котором мы существуем, а S^n — некоторое замкнутое компактное пространство (например, n -мерная сфера). Если радиус R_c сферы S^n достаточно мал, то для масштабов заметно превышающих R_c , мы не заметим никаких отличий от привычного нам трехмерного мира. И гравитационное взаимодействие тел будет пропорционально $1/R$ (это называется компактификация, пространство в дополнительной размерности «мало» и скрыто от нас). Если же рассмотреть гравитационное взаимодействие на расстоянии меньшем, чем R_c , то потенциал гравитационного взаимодействия будет зависеть от расстояния уже как $1/R^{1+n}$. Это значит, что при $R < R_c$ гравитационное взаимодействие становится значительно более сильным и значительно быстрее растет при уменьшении расстояния до источника. Если мы хотим, чтобы объединение взаимодействия происходило на масштабе 10 ТэВ, то при включении одной дополнительной размерности радиус компактифицированной размерности должен быть порядка 10^{13} см. Мы явно живем не в такой Вселенной. А вот если использовать две дополнительные размерности, то нам необходимо эти две размерности замкнуть на расстояниях порядка 1 мм. Тогда реальное физическое пространство

выглядит как шестимерное пространство (произведение нашего четырехмерного пространства-времени на двумерное пространство в виде, например, двумерной сферы).

Одновременно было показано, что можно устроить так, что только гравитация будет жить в полном шестимерном пространстве, а все остальные взаимодействия будут жить только в четырехмерном пространстве времени. И лишь на масштабах объединения около 10 ТэВ все остальные взаимодействия тоже начинают проникать в дополнительные измерения и смешиваться с гравитацией. Наиболее естественным путем проверки этой модели было бы измерение закона обратных квадратов, т.е. пока расстояние между телами достаточно, сила взаимодействия между телами зависит от расстояния как $1/R^2$. Если тела сдвигаются на расстояние менее $R_c \sim 1$ мм, то сила начинает зависеть от R как $1/R^4$, а в промежутке — на расстояниях немного больших R_c , у нас возникает переходной режим, в котором взаимодействие выглядит как привычное гравитационное взаимодействие, спадающее по закону $1/R^2$, плюс некая экспоненциально спадающая юкавская добавка, которая может быть интерпретирована как обмен массивным партнером гравитона с характерной массой, соответствующей комптоновской длине порядка 1 мм. Таким образом, теоретическое предсказание таково: нам следует искать юкавскую добавку и гравитацию, с относительной силой $\sim 10^{-4}$ и радиусом действия около 0,1 мм и меньше. Одну силу, которая падает как четвертая степень расстояния между телами и действует на малых расстояниях, мы уже знаем. Это сила Казимира, которая обусловлена перестройкой квантовых флуктуаций вакуума между проводящими плоскостями. Эта сила приводит к тому, что плоские незаряженные поверхности притягиваются с силой, обратно пропорциональной четвертой степени расстояния между ними, и масштаб этой силы порядка дина/см² при зазоре 1 мкм. Эксперименты по

измерению казимировских сил проводятся очень давно и они предлагают хорошую методику для измерения взаимодействий на малом расстоянии. Очевидно, мы должны проверять закон обратных квадратов до расстояний меньше миллиметра. Как экспериментаторы приближаются к этому пределу? В 1985 году в экспериментах группы Ньюмена (Ирвайн), исследовался закон обратных квадратов для гравитации для расстояний от нескольких метров до 2 см. Они искали юкавскую добавку к гравитационному потенциалу и поставили серьезные ограничения, заключающиеся в том, что до расстояния 2 см нет никаких добавочных взаимодействий, которые бы обладали силой по отношению к гравитационному взаимодействию больше чем 10^{-4} . Затем в 1988 году московской группе под руководством Митрофанова удалось продвинуться до еще меньших расстояний, и они поставили ограничения на дополнительные силы, приводящие к взаимодействию между телами на расстояниях до 5-6 мм. Было показано, что если и есть такое взаимодействие, то оно на два порядка слабее, чем гравитационное. Понятно, что это еще не 0,5-1 мм, и в этом направлении нужно продвигаться.

Лонг предложил торсионные весы нового типа для проверки закона обратных квадратов в гравитациях на расстояниях менее ~ 1 мм. Более привычную методику крутильных торсионных весов разработали Краус и Фишбах. Они предложили использовать торсионные весы. В детекторе сегментированная дисковая масса-источник размещена под весами и вращается с угловой скоростью, соответствующей частоте колебаний торсионных весов. Это приводит к резкому увеличению чувствительности и должно позволить проверить гипотезу о дополнительных размерностях с $R_0 \sim 0.1-1$ мм и силой порядка 10^{-4} относительно гравитации.

Итальянская группа пока единственная, кто реально провел серию экспериментов по поиску дополни-

тельных размерностей в гравитации. Они занимались силами Казимира, а сейчас модифицировали свою установку, чтобы искать отклонения от закона обратных квадратов в гравитации. Их система имеет изящную конструкцию. Одной из взаимодействующих масс является масса, колебания которой возбуждаются на определенной частоте пьезокристаллом, а вторая масса представляет из себя механический микрорезонатор. В такой системе в результате взаимодействия возникают комбинационные частоты. Расстояние до колеблющегося микрорезонатора измеряется с помощью туннельного эффекта. Сервомеханизм очень близко подводит к пластинке иглу, так что возникает туннельный ток. Такая система аналогична туннельному микроскопу, который имеет разрешение по размерам лучше, чем атомное расстояние, потому что туннельный ток экспоненциально зависит от расстояния. При малых расстояниях от иглы до микрорезонатора можно измерять очень малые смещения. Вся система является высокоэффективным малошумящим параметрическим преобразователем-усилителем, и по амплитуде комбинационных частот, которые наблюдаются в спектре тока при возникновении взаимодействия между пробной массой источника и массой микрорезонатора, можно судить о силе взаимодействия и исследовать зависимость этой силы от расстояния. Пока чувствительность этой установки, соответствует $2,3 \cdot 10^{-13}$ ньютона, но сейчас они модифицируются. Итальянцы надеются получить чувствительность 10^{-18} ньютона. Тогда они действительно смогут искать проявления дополнительных размерностей.

Несмотря на то, что пока чувствительность далека от того, чтобы видеть проявления дополнительных размерностей, можно обсуждать существование легких скалярных частиц, обмен которыми может приводить к такого типа силам даже без проявления дополнительных размерностей. Интересно, что огра-

ничения, полученные в этом эксперименте, на обмен скалярами необыкновенно хороши. Эксперимент итальянской группы с микрорезонатором дал ограничение на существование легкого скаляра на два порядка лучше, чем самые серьезные астрофизические ограничения, и на несколько порядков лучше, чем другие лабораторные эксперименты.

Обратимся теперь к псевдоскалярному (диполь-дипольному) взаимодействию. Интерес к этому взаимодействию возник давно, в 80-х годах, когда при развитии стандартной модели появилась первая псевдоскалярная частица — аксион. Почти сразу Ансельмом в ЛИЯФе было показано, что она может иметь безмассового партнера — арион. Источником арионного поля служит плотность спина и арионное поле действует на спин фермиона (электрона или кварка). Железный постоянный магнит кроме обычного магнитного поля должен генерировать квазимагнитное арионное поле, которое должно приводить к дополнительному взаимодействию со спином электронов в другом магнетике. Был сделан ряд попыток найти такие поля. Одним из первых экспериментов был эксперимент Александра и Ансельма в 1983 году (ЛИЯФ + ГОИ). Исследовались частоты прецессии ядер разных изотопов ртути, помещенных в систему пермаллоевых магнитных экранов. Эти экраны, экранируя внешнее магнитное поле (порядка 100 Гс), должны были генерировать арионное поле, взаимодействие с которым приводило бы к разной частоте прецессии изотопов ртути. Было получено ограничение на амплитуду арионного поля. Если соотносить его с магнитным полем, то отношение такого эффективного квазимагнитного арионного поля к магнитному полю оказалось меньше, чем $V_0/B_0 < 10^{-10}$. Затем в 1985 году Ансельм и Неронов сравнили частоты прецессии ядер водорода и дейтерия в безжелезном и сверхпроводящем ЯМР-спектрометре. Они тоже получили ограничения на ква-

зимагнитное поле по отношению к магнитному полю $B/B_0 < 10^{-10}$. Несколько позже группа Ньюмана в США в 1986 году осуществила изящный эксперимент с использованием торсионных весов. Им удалось построить спиновую стрелку, совместив два ферромагнитных образца с разной спиновой и орбитальной восприимчивостью, таким образом удалось сделать систему, которая не имеет внешнего магнитного поля, но, тем не менее, имеет спиновую поляризацию вдоль определенной оси. Используя крутильные весы, группа Ньюмана получила ограничения на отношения квазимагнитного поля к магнитному $B/B_0 < 10^{-10}$. Чувствительность прибора ограничивалась сейсмическими шумами.

В Институте ядерной физики мы занялись поисками квазимагнитных взаимодействий примерно в 1983 году. Первая установка состояла из железного магнита со сверхпроводящей обмоткой возбуждения, внутри которого в системе сверхпроводящих экранов помещался зонд из криогенного пермаллоя, намагниченность которого считывалась СКВИДом. Эта установка была готова в 1986 году. В результате эксперимента было получено ограничение на квазимагнитное поле $B/B_0 < 10^{-11}$. Предельная чувствительность такой системы порядка $B/B_0 < 10^{-15}$. Наш эксперимент имел очень серьезную систематику, связанную с магнитострикцией зонда в условиях переменной температуры и давления гелиевой ванны. Затем мы переделали установку и в нашем эксперименте А-3, который был выполнен в 1987-88 гг., мы освободились от систематики. Мы использовали небольшой стеклянный безазотный криостат емкостью порядка двух литров, внутри которого в трехслойном сверхпроводящем экране помещался чувствительный датчик из криогенного пермаллоя, намагниченность с которого считывалась СКВИДом, а магнитное (и арионное) поле генерировалось постоянным магнитом, который вращался снаружи криостата и был

акустически от криостата развязан. Нам удалось продвинуться почти на три порядка и мы получили ограничение $B/B_0 < 5 \cdot 10^{-14}$, что соответствует отношению эффективного арионного магнетона к магнетону Бора. Это соответствует отношению констант связи для арионного и электромагнитного взаимодействия на уровне 10^{-7} . Другими словами, ограничение на константу взаимодействия по сравнению с константой слабого взаимодействия порядка 10^{-3} .

Это оказалась очень удачная схема и практически все другие группы ее использовали. Наш результат был представлен в 1988 году. В 1993 году группа Ни воспроизвела нашу методику, однако в качестве чувствительного элемента использовалась парамагнитная соль. В качестве источника внешнего квазимагнитного поля использовалось поляризованное тело из сплава диспрозия и железа, который может быть намагничен таким образом, что при значительной поляризации спинов внутри образца внешняя намагниченность будет мала. Таким образом они подавляли внешнее магнитное поле, которое могло бы действовать на экраны, и в эксперименте 1993 года и в последующем, несколько улучшенном, в 1994 году они получили результат $B/B_0 < 2.7 \cdot 10^{-14}$.

Группа из С-Петербурга (ПИЯФ) в 1991 году осуществила эксперимент, почти повторяющий наш. Они использовали железный электромагнит, который возбуждался сверхпроводящей обмоткой. Но чтобы избежать той систематики, которую наблюдали мы (наши группы тесно общались), придумали изящную схему: поставили дополнительный криостат по оси своего магнита вне магнитного зазора и зонд из криоперма, помещенный в систему сверхпроводящих экранов, поместили в этот дополнительный криостат, который развязывал температуру и давление гелиевой системы детектора (феррозонда и СКВИДа) от температуры гелиевой системы возбуждающего магнита.

Так они подавили полностью систематику, которая нам мешала, и получили ограничения на квазимагнитное поле на уровне $B/B_0 < 0.85 \cdot 10^{-14}$, что в 6 раз лучше, чем в нашем ИЯФовском эксперименте, и в три раза лучше, чем в последующих экспериментах группы Ни.

Группа Ни вынуждена была использовать парамагнитную соль и следовательно заметно терять в чувствительности системы, поскольку эффективная восприимчивость соли заметно ниже, чем пермаллоя. Они высказывали сомнения в том, что при низких температурах в ультраслабых полях ферромагнетик сохраняет высокую магнитную восприимчивость. По-видимому, это связано с непониманием механизма восприимчивости ферромагнетиков в слабых полях. Идея о том, что существует некоторое критическое поле, ниже которого намагниченность исчезает, существовала вплоть до работ Релея 1887 года, когда он показал, что высокая восприимчивость в слабых полях объясняется обратимой деформацией доменной границы и не зависит от температуры. Причем проницаемость в слабых полях при низких температурах вполне велика — порядка 10^4 для криогенных пермаллоев. Сомнение в возможности использования ферромагнетиков в качестве феррозонда детектора квазимагнитных взаимодействий вынудило группу Ни использовать в качестве зонда образец парамагнитной соли, что заметно снизило потенциальную чувствительность детектора.

Видно, что фактически лучшие результаты, полученные при исследовании квазимагнитного дальнего действия, связанного с обменом безмассовым или очень-очень легким арионом, произведены, в основном, в России. Лучшие результаты получены на настоящий момент в С-Петербурге, потом результат группы Ни, которая использовала схему ИЯФ, потом наш результат. А в исследовании арионного взаимодействия электрона с кварками в ядре

основные результаты принадлежат Ансельму, Александру и Неронову. Россия во всей этой деятельности представлена очень неплохо.

Теперь, что касается процесса калибровки. Когда мы говорим, что квазимагнитное поле очень похоже на магнитное и надо только помнить, что оно действует на спины электронов и не экранируется вихревыми токами, это не вся правда. Можно модифицировать электродинамику, включив туда арионное взаимодействие, при этом видно, что возможно излучение арионных волн. Такая волна подобна продольно поляризованной электромагнитной волне. Источником арионных полей служит плотность спина. Надо помнить, что в этой электродинамике два магнитных поля и взаимодействие одного из полей со спинами электронов вызывает появление другого поля. Поэтому как только возникает поляризация, возникают оба поля сразу и энергия между ними перераспределяется. Восприимчивость нужно считать с учетом такого перераспределения энергии. Было бы желательно найти не гипотетическое, а реальное квазимагнитное поле, которое, как и искомые, поля взаимодействовало бы только со спином электрона, а не с его магнитным моментом. К счастью, природа дала нам такое поле. Это — Ларморовское поле вращения. Оказывается, что если мы переходим во вращающуюся систему координат, то все наши магнетометры будут демонстрировать наличие магнитного поля, хотя до вращения никакого поля не было. Величина этого поля определяется теоремой Лармора и пропорциональна скорости вращения. Это вполне понятно, если вспомнить, что при вращении на электроны ферромагнетика действует момент сил.

Этот момент стремится ориентировать спины электронов в ферромагнетике вдоль направления вращения и, таким образом, вызывает намагниченность феррозонда. Это — эффект Барнетта.

Но не следует забывать, что фер-

розонд в детекторе квазимагнитных взаимодействий помещен в сверхпроводящий экран, защищающий его от внешних магнитных полей. При вращении сверхпроводник приобретает магнитный момент — это эффект Лондона.

Оказывается, это поле в точности равно ларморовскому квазимагнитному полю при значении g -фактора 1 и противоположно ему по знаку. Таким образом, полное эффективное магнитное поле внутри сверхпроводника равно нулю для значения g -фактора $g=1$.

Это значит, что все магнетометры, действие которых основано на взаимодействии магнитного поля с орбитальным движением электронов, будучи помещенными во вращающийся сверхпроводящий экран (и вращающиеся вместе с ним) никакого магнитного поля не регистрируют. В то время, как незранированный сверхпроводником «орбитальный» магнетометр регистрирует ларморовское квазимагнитное поле.

Однако, для «спинового» магнетометра ($g=2$) ларморовское квазимагнитное поле (поле Барнетта) вдвое меньше. В результате эффективное поле $B_{\text{Barn}} + B_{\text{Lond}}$ действующее на экранированный сверхпроводящим экраном ферромагнетик, вращающийся вместе с экраном, уже не равно нулю, а есть в точности поле Барнетта, но с обратным знаком.

Как видно, у нас в руках эффективное квазимагнитное поле, связанное со вращением датчика, которое не экранируется сверхпроводящими экранами. Это позволяет просто и оперативно калибровать детекторы квазимагнитных полей вращением установки с известной угловой скоростью. Численно частоте вращения 1 Гц соответствует эффективное квазимагнитное поле $3.6 \cdot 10^{-7}$ Гс. При калибровке мы обычно вращаем криостат со скоростью 0,1 об/мин и менее.

Квазимагнитное поле Барнетта, соответствующее скорости вращения Земли, $B_{\text{eff}} = 4 \cdot 10^{-12}$ Гс тоже может быть использовано для калиб-

ровки высокочувствительного детектора. Однако, не следует забывать, что это поле является фоновым для детекторов космологических квазимагнитных полей.

Как уже говорилось, можно с учетом арионного поля построить соответствующую электродинамику с дополнительным квазимагнитным полем. В ней оказывается возможным излучение волн арионного поля, и тогда мы можем попытаться искать арионное взаимодействие в области сверхвысоких частот, возбуждая СВЧ волной спиновую прецессию в замагниченном ферромагнетике на ферромагнитном резонансе. В таком случае, если арионное поле существует, это спиновая прецессия будет когерентно генерировать арионную волну достаточно узкой направленности и в другом волноводе, заполненном ферромагнетиком, настроенном также на ферромагнитный резонанс, эта арионная волна будет генерировать магнитостатическую волну, которая может быть зарегистрирована чувствительным приемником. Эта идея была предложена мною с И. Колоколовым в 1990 году. Такой эксперимент мы в ИЯФ тоже сделали в области частот порядка 10 ГГц. Было получено ограничение на эффективное квазимагнитное поле порядка $B/B_0 < 10^{-10}$. Для этого пришлось построить приемник с чувствительностью 10^{-20} Вт. Зато характерный масштаб расстояний между излучающим и приемным ферритом были порядка нескольких мм. В этом смысле этот результат чувствителен к несколько более массивным арионам $m_a \geq 10^{-3}$ эВ.

Наконец, о третьем типе взаимодействия. Наш аксион может взаимодействовать с одним электроном как скаляр, с другим — как псевдоскаляр. Это весьма экзотическое взаимодействие, которое нарушает P и T инвариантность. Тем не менее оно, в принципе, возможно и выглядит как монополь-дипольное взаимодействие. Массивный объект генерирует поле как обычный кулоновский источник, а со спином электрона оно взаимодействует как маг-

нитное поле. В этом смысле наш объект-источник выглядит как магнитный ежик: энергии электронов различны при ориентации по полю и против поля, и возникает расщепление энергии. Соответственно возникает прецессия спинов электронов в поле массивного объекта (например, Земля, Солнце, центр Галактики). Возможное существование такого взаимодействия обсуждается уже много лет. Был предпринят ряд попыток найти такое монополь-дипольное квазимагнитное взаимодействие, и когда мы построили свой детектор для поиска квазимагнитных взаимодействий и ариона, было грех не воспользоваться этой аппаратурой и не попытаться посмотреть, нет ли какого-нибудь квазимагнитного астрофизического поля, источником которого были бы, например, Солнце, Земля или центр Галактики (или вообще глобальные космологические поля). Мы использовали приемную систему нашего детектора, т.е. криостат с жидким гелием, систему сверхпроводящих экранов, криогенный пермаллоевый зонд, намагниченность которого считывалась СКВИДом, поставили все на вращающуюся платформу и искали компоненту внешнего квазимагнитного поля с учетом суточного вращения Земли. Получили неплохое относительное ограничение на добавку к ньютоновскому потенциалу, зависящую от спина. Коэффициент в ньютоновском потенциале при члене, зависящем от спина электрона, получился меньше чем 10^{-16} для Солнца и меньше чем 10^{-13} в случае, если источником является Галактика. А характерные ограничения на частоты прецессий в монополь-дипольном поле Солнце или Галактики $\sim 10^4$ Гц.

Продвинуться дальше тогда, в 90-94 гг. нам помешала систематика, связанная с магнитоотрицательностью образца. Сейчас мы этот эффект победили, и, видимо, появится лучший результат, хотя и предыдущий результат является вторым в мире. Наши последователи — группа Ни — использовали свою аппаратуру аналогичным образом, но в качестве

массы-источника они использовали большую медную болванку, которую крутили вокруг своего детектора. В этом смысле результат их гораздо лучше для короткодействующих сил, но на много порядков хуже для далекодействующих сил.

Надо сказать, что интерес к поискам далекодействующих квазимагнитных сил не снижается. Сейчас в мире этим занимается порядка десятка групп, и мы в том числе. Нужно ожидать, что чувствительность будет повышена на один-два порядка в ближайшее время.

Теперь немного о других возможностях. Арионное поле как переносчик квазимагнитного взаимодействия — не единственная возможность, есть целый ряд физических эффектов, которые с точки зрения электрона выглядят как эффективное квазимагнитное поле, которое зацеплено за спин или за некий эффективный электронный магнетон. Эти поля не являются настоящими магнитными полями, поэтому они не экранируются вихревыми токами. Одно из них — это космологическое поле кручения, которое может быть связано с тем, что геометрия нашего пространства описывается не теорией относительности Эйнштейна, а ее расширением — теорией Эйнштейна-Картана, где наряду с метрикой фигурирует и кручение, которое непосредственно связано с плотностью спина. С точки зрения взаимодействия поле кручения полностью эквивалентно безмассовому арионному полю и переносчиком поля кручения является безмассовая псевдоскалярная частица. В этом смысле наш эксперимент Т-2 по поиску монополь-дипольного взаимодействия с Солнцем или Галактикой можно интерпретировать и как поиск глобального космологического поля кручения.

Еще один эффект, который приводит к появлению высокочастотных квазимагнитных полей — эффект, который мы назвали «аксионный ветер». Это явление было предложено мною с Колоколовым и Кахидзе. Дело в том, что, по-видимо-

му, существует темная материя, полная масса которой во Вселенной на порядок превосходит массу светящейся материи, и одним из лучших кандидатов на холодную компоненту темной материи является газ легких, но не безмассовых аксионов. Велика вероятность того, что гало вокруг галактик, которые наблюдаются по скоростям вращения галактических дисков, составлены именно из таких легких аксионов. Тогда с высокой вероятностью этот аксионный газ может оказаться в конденсированном состоянии, т.е. быть настолько холодным, что подобно сверхтекучему жидкому гелию, его можно описать общей волновой функцией. В таком случае оказывается, что если электрон движется относительно такого конденсата, то он воспринимает этот конденсат как некое эффективное магнитное поле, направленное по скорости движения и осциллирующее с частотой, соответствующей массе покоя аксиона. Мы построили приемник (на самом деле модифицировали приемник нашего высокочастотного аксионного эксперимента) для того, чтобы посмотреть, нет ли каких-то эффектов, связанных с аксионным ветром в диапазоне 10 ГГц. Использовали образец железиттриевого граната, находящегося в волноводе. Волновод и образец помещались в криосистему для уменьшения тепловых шумов. Внешнее магнитное поле настраивалось так, чтобы получался ферромагнитный резонанс. В этом случае наш ферромагнетик является очень эффективной антенной для внешнего квазимагнитного поля, частота которого соответствует частоте ферромагнитного резонанса. Наличие квазимагнитного поля воспринимается как некое увеличение эффективной температуры нашего ферромагнетика. Мы провели сканирование интервала от 8 до 12 ГГц и не нашли никакого значимого увеличения шума, при этом чувствительность по эффективному магнитному полю, которая могла бы быть связана с аксионным ветром, составляла примерно 10^{-12} Гаусса.

Еще одна возможность появления квазимагнитных полей астрофизического происхождения — это «нейтринный ветер». В 1975 году Стодольский показал, что если электрон движется через вырожденный нейтринный газ, то это движение проявляется в том, что в системе электрона появляется эффективное магнитное поле, т.е. энергия электрона, поляризованного вдоль направления движения, отличается от энергии электрона, поляризованного антипараллельно направлению движения, что можно интерпретировать как эффективное магнитное поле, направленное вдоль скорости. В смысле космологического нейтринного моря вопрос не особенно актуален, потому что чувствительность наших детекторов еще далека от того, чтобы можно было зарегистрировать наличие космологического нейтринного моря с плотностью энергии равной критической плотности Вселенной. Вопрос приобрел некую актуальность два года назад, когда группа Лобашева, которая занимается измерениями массы нейтрино, заявила, что она видит некую аномалию в высокоэнергетичном конце спектра при β -распаде трития. Эта аномалия имеет четкие осцилляции с периодом в полгода. Они наблюдают эту аномалию уже почти десять лет. Группа в Майнце на аналогичном детекторе тоже ее видит. Никакого разумного объяснения, кроме того, что это является проявлением нейтринной атмосферы Солнца, в которой вращается Земля и попадает в области с разной плотностью этого нейтринного газа, сейчас придумать нельзя. Хотя эта идея выглядит безумно, но тем не менее такое объяснение есть. Если вспомнить результаты Стодольского о том, как видит электрон движение через вырожденный нейтринный газ, то нам

потребуется увеличить чувствительность нашего детектора примерно на 3-4 порядка, чтобы независимым образом регистрировать такую вырожденную нейтринную атмосферу Солнца и проверить, действительно ли аномалии в спектре β -распада связаны с нейтринной атмосферой Солнца. Сегодня мы работаем в этом направлении.

И наконец, о возможности проверки существования аксионного гало нашей Галактики, которое могло бы составлять основную долю холодной компоненты темной материи и большую часть скрытой массы в Галактиках. Суть такова: в прошлом году появилась теоретическая работа Sariga Sahu, которая посвящена закону дисперсии электрона в аксионном конденсате и аксионном газе. Было показано, что в присутствии аксионного конденсата закон дисперсии электрона, т.е. зависимость его полной энергии от импульса, меняется. Фактически это значит, что меняется эффективная масса электрона в присутствии аксионного газа. При движении Солнца вместе с Землей относительно этого гало, скорость Земли меняется с годовым периодом, т.е. она то складывается со скоростью Солнца, то вычитается. Если провести все вычисления, которые следуют из закона дисперсии, то окажется, что годовая вариация массы электрона составляет примерно 10^{-7} эВ, а относительное изменение массы порядка 10^{-13} - 10^{-14} для гало из аксионов с массой 10^{-7} эВ. Если вспомнить, что темп хода часов, основанных на сверхтонком переходе пропорционален квадрату массы электрона, а темп хода часов, основанных на орбитальных переходах (лазерных часов), пропорционален массе электрона, то отношение темпа хода СТС-часов к темпу хода лазерных часов пропорционально

массе электрона. Из сравнения СТС и лазерного стандартов времени с точностью 10^{-14} сразу следует отсутствие аксионного гало ожидаемой плотности.

Вот, в основном, и все возможности проявления и детектирования квазимагнитных явлений. Но эта область быстро развивается. Возможно скоро появятся идеи, как увеличить чувствительность еще на несколько порядков, и тогда можно ожидать очень интересных результатов.

Что касается рассуждений о торсионных полях, которые появляются в печати. Слова, в определенном смысле правильные, заимствованы из серьезных работ, но рассуждения, в которых они использованы, бредовые и жульнические. Описываемые эксперименты с торсионными генераторами либо никогда не ставились, либо интерпретируются неправильно — это или отсутствие квалификации, или явное жульничество. Из текста этой статьи понятно, что чувствительность, с которой мы работаем, примерно на 10 порядков превосходит то, о чем говорят деятели, рекламирующие торсионные генераторы. Целый ряд квалифицированных экспериментальных групп в разных странах мира, которые занимаются поиском квазимагнитных взаимодействий, не видят никаких указаний на существование торсионных полей. При этом чувствительность наших детекторов такова, что торсионные излучения, о которых толкуют жулики от псевдонауки, были бы видны над фоном с огромным превышением (в 10 порядков!). Если вы услышите, что очередной человек предлагает торсионный генератор и он может все, закалять сталь, лечить рак и т.д., не сомневайтесь — это полный бред и жульничество.