Кафедра теоретической физики

И. М. Тернов, А. А. Соколов, Д. Д. Иваненко (1967)

О кафедре

Кабинет теоретической физики в Московском университете была создан выдающимся русским физиком Н.А. Умовым, а организационное оформление кафедры произошло в 1921 г. по предложению проф. А.А.Эйхенвальда. В последующие годы кафедру возглавляли блистательные теоретики: С.А. Богуславский, Л.И. Мандельштам, И.Е. Тамм (лауреат Нобелевской премии 1958 г.), В.С. Фурсов (впоследствии декан физ. факультета МГУ), В.А. Фок (1944 г.), А.А. Власов (создатель кинетической теории плазмы), академик Н.Н. Боголюбов (с 1953 г.). В 1954 г. из кафедры теоретической физики выделилась кафедра электродинамики и квантовой теории, а в 1966 г. — кафедра квантовой статистики во главе с Н.Н. Боголюбовым. Кафедру теоретической физики затем возглавляли проф. А.А. Соколов (до 1982), проф. И.М. Тернов, а в 1990-2020 гг. акад. А.А. Славнов. С 2022 г. и.о. зав. кафедрой является проф. А.П. Исаев.

На кафедре был сделан ряд выдающихся открытий в области теоретической физики. Молодым доцентом А.А. Власовым (впоследствии лауреатом Ленинской премии) в 1938 году было открыто кинетическое «уравнение Власова» – одно из основных уравнений теоретической физики. В 1944 г. проф. Д.Д. Иваненко, одним из создателей протон-нейтронной модели ядра, было предсказано синхротронное излучение, классическая и квантовая теория которого была затем развита А.А.Соколовым и И.М. Терновым, их сотрудниками и учениками. Теоретическое предсказание эффекта радиационной поляризации электронов и позитронов в накопительных кольцах (эффект Соколова-Тернова) было удостоено Государственной премии СССР 1976 г. Многолетний заведующий кафедрой акад. А.А. Славнов (1939-2022) — один из авторов известных в квантовой теории поля «тождеств Славнова-Уорда», в период работы на кафедре был удостоен Государственной премии за монографию «Введение в квантовую теорию калибровочных полей».

В настоящее время на кафедре ведутся исследования в области квантовой теории поля, физики высоких энергий и элементарных частиц, теории гравитации и теории струн, математической физики, а также прикладной физики (теория горения). Кафедра участвует в крупном международном проекте JUNO (Китай) по физике нейтрино, в общеевропейском проекте «GWverse» (гравитационно-волновая вселенная), в коллаборации с CNRS (Франция). Кафедра принимает активное участие в организации международных конференций: с 1992 г. раз в два года проводит Международную Ломоносовскую конференцию по физике элементарных частиц и высоких энергий на физическом факультете; с советских времен участвует в организации всесоюзных, а затем всероссийских гравитационных конференций (раз в три года). Она также участвует в организации конференций по гравитации и космологии стран Австрало-азиатского региона (ICGAC), а с 2017 --- конференций стран БРИКС. Кафедра участвует в работе Научно-образовательной школы МГУ «Фундаментальные и прикладные исследования Космоса», а также ряде проектов, финансируемых РФФИ.

Кафедра имеет широкие связи с научными центрами России (МИАН, ФИАН, ИЯИ, ОИЯИ (Дубна), ИФВЭ (Протвино) и др.) и других стран: CERN (Женева), DESY (Гамбург), YITP (Киото), университетов Германии, Италии, Франции, США, Японии, Мексики, Тайваня. На протяжении многих лет кафедра выпускает специалистов высшей квалификации в области теоретической физики, подготовила более двухсот кандидатов и докторов наук. Ее выпускники работают в ряде российских университетов и научных центров, а также международных научных центров перечисленных выше стран.

С 2022 года кафедрой руководит проф. Алексей Петрович Исаев, специалист в области классической и квантовой теории поля, теории симметрий, теории интегрируемых систем и физики элементарных частиц, заместитель директора ЛТФ ОИЯИ по научной работе с 2012 года. На кафедре проходит несколько регулярных научных семинаров. В частности, возрожден еженедельный общекафедральный семинар по физике высоких энергий.

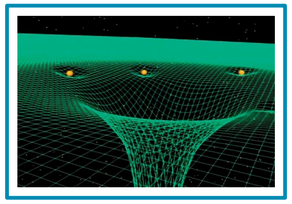
Зав. кафедрой проф. А.П.Исаев

Поступайте на нашу кафедру, и Вы сможете определить ее будущее... а, возможно, и будущее всей науки!

Акад. А. А. Славнов (зав. Кафедрой 1990-2020)

Симметрии в основе Вселенной

Современные модели фундаментальных взаимодействий строятся на основе квантовой теории калибровочных полей. Отработанная процедура позволяет из некоторых симметрий получить действие теории и произвести его квантование. Однако несколько десятилетий назад многие сомневались в актуальности исследования калибровочных взаимодействий. Многолетний заведующий нашей кафедры, академик А.А.Славнов (1939-2022) являлся одним из пионеров этого направления. Им выполнены основополагающие работы по квантовой теории калибровочных полей. В частности, им впервые построена калибровочно-инвариантная процедура перенормировок, позволяющая провести количественный анализ моделей электрослабых взаимодействий и глубоко неупругих процессов в квантовой хромодинамике. Полученные им соотношения, получившие название «Тождества Славнова», входят во многие учебники по теории поля. Их прямым следствием было открытие БРСТсимметрии, которая играет фундаментальную роль в современной квантовой теории. Также Андрей Алексеевич внес большой вклад в развитие непертурбативных методов в физике высоких энергий. Предложил новый подход к 1/N-разложению и на его основе построил низкоэнергетическое действие для квантовой хромодинамики (КХД). Построил явно калибровочно-инвариантную решеточную формулировку Стандартной модели, в которой отсутствует вырождение спектра фермионов. В составе международной коллаборации А.А.Славнов исследовал температурные фазовые переходы конфайнмент-деконфайнмент в квантовой хромодинамике: при этом им была вычислена критическая температура фазового перехода в КХД с дивергентными фермионами на решетке, обнаружено и изучено явление разрыва кварк-антикварковой струны при докритических температурах.



Доц. Н. В. Губина

Как примирить гравитацию и квантовую теорию?

Построение квантовой теории гравитации является одной из сложнейших проблем современной физики. Геометрическая картина, представленная в Общей теории относительности, показывает хорошее согласие с наблюдениями макроскопических объектов. Однако, как для создания целостной картины мира, так и для описания таких объектов, как Черные дыры, необходимо построение квантовой гравитации и объединение этой теории с теориями других взаимодействий. Наивные попытки квантования гравитации по аналогии с калибровочными полями не увенчались успехом: получаемая теория оказывалась либо неперенормируемой, либо не унитарной. Эта проблема продолжает будоражить уже не одно поколение ученых-теоретиков.

Для решения предложено множество идей, из которых появились целые научные направления. Наибольшее мировое признание получил подход теории струн, представленный на нашей кафедре группой проф. Д.В.Гальцова. Не обходит наша кафедра и другие варианты: калибровочная теория гравитации (группа доц. П.И.Пронина). Исследуется квантовая теория поля в искривленном пространстве-времени (проф. Ю.В.Грац, н.с. П.А.Спирин и др.). Построение квантовой гравитации еще ждет своих строителей. И, кто знает, может, именно Вы положите главный кирпич в основание новой теории?

Лауреаты Нобелевской премии по физике Питер Хиггс (слева) и Герард 'т Хофт (справа) и А. И. Студеникин на конференции Европейского физического общества по физике высоких энергий (Стокгольм, 2013 г)

Основные направления исследований:

- Физика нейтрино и взаимодействие элементарных частиц в электромагнитных полях и плотном веществе (проф. А.И.Студеникин)
- Суперсимметрия (доц. К.В.Степаньянц, н.с. И.Е.Широков)
- Актуальные проблемы гравитации: классическая ОТО, альтернативные теории, теория суперструн (проф. Д.В.Гальцов, м.н.с. К.В.Кобялко, м.н.с. И.А.Богуш, м.н.с. А.В.Кулицкий)
- Калибровочная теория гравитации (доц. П.И.Пронин, доц. К.В.Степаньянц, доц. К.А.Казаков, асс. Н.Э.Смирнов, н.с. Е.П.Кубарко)
- Применения методов теории симметрий и теории групп в классической и квантовой теории поля и физике частиц (проф. А.П.Исаев)
- Исследование радиационных процессов в рамках квантовой электродинамики с нарушением лоренц-инвариантности (проф. А.В.Борисов)
- Исследование квантовых процессов в присутствии интенсивных внешних полей (проф. В.Ч.Жуковский, доц. Н.В.Губина)
- Приложения квантовой теории поля к описанию свойств нейтрино (гл.н.с. А.Е.Лобанов, м.н.с. А.В.Чухнова)
- Инфракрасные квантовополевые эффекты (доц. К.А.Казаков)
- Проблема спонтанного самоускорения пламен в газовых смесях (доц. К.А.Казаков)
- Реляционная теория пространства-времени и физических взаимодействий (проф. Ю.С.Владимиров)
- Теоретико-полевые эффекты в искривленном пространстве-времени (проф. Ю.В.Грац, н.с. П.А.Спирин)
- Финслеровы N-спиноры в геометрии и физике частиц (доц. А.В.Соловьёв)

Самая загадочная частица

Нейтрино - одна из главных "горячих" проблем физики элементарных частиц. Свойства нейтрино уникальны: при нулевом заряде и малой массе они очень слабо взаимодействуют с другими элементарными частицами, из-за чего плохо изучены экспериментально. В частности, не выяснены абсолютное значение и иерархия масс нейтрино, до сих пор не установлен тип частицы (дираковский или майорановский) и не прояснена ее роль в формировании темной материи.

Взрывной прогресс в физике нейтрино последнего десятилетия, отмеченный в 2015 году Нобелевской премией за подтверждение существование нейтринных осцилляций, связан с достижениями в развитии теории нейтрино и результатами крупнейших экспериментов, таких как, например, SNO (Канада), Super-Kamiokande (Япония), SAGE (Россия) и Gallex/GNO (Италия), KamLand (Япония) и др. Важнейшим новым достижением в физике нейтрино последнего времени является установление нового ограничения на массу нейтрино ($m_\nu < 0.8$eV) в эксперименте KATRIN (Германия). Ожидается, что новые международные нейтринные проекты класса мегасайенс, в частности, эксперименты JUNO (Китай) и Hyper-Kamiokande (Япония), стартующие в ближайшее время, позволят сделать новые волнующие открытия в области физики нейтрино что, безусловно, приведет к прорыву в постижении фундаментальных основ микромира..

На кафедре теоретической физики исследования по физики нейтрино ведутся по разным направлениям несколькими группами сотрудников. Научной группой проф. А.И.Студеникина (~ 20 человек, включая студентов и аспирантов) особое внимание уделяется изучению электромагнитных свойств нейтрино. По данной теме членами группы за два десятилетия опубликовано более 400 статей, защищено 10 кандидатских и 4 докторские диссертации. Большая обзорная статья – фундаментальное исследование по электромагнитным свойствам нейтрино – «Neutrino electromagnetic interactions: A window to new physics», опубликована А.И.Студеникиным в соавторстве с К.Джунти (Италия) в одном из самых высокорейтинговых журналов Reviews of Modern Physics в 2015 году. Количество цитирований данной статьи приближается к 400.

Полученные членами научной группы ограничения на зарядовые радиусы и миллизаряд нейтрино как важные характеристики нейтрино начиная с 2016 года включаются в таблицы основных свойств частиц в «Обзорах по физике элементарных частиц» [Review of Particle Physics], которые публикуются Международной коллаборацией по свойствам элементарных частиц (Particle Data Group Collaboration) раз в два года.

В исследованиях по физике нейтрино профессора А.В.Борисова рассмотрены процессы рождения нейтринных пар, представляющие интерес в астрофизике. Вычислена нейтринная светимость плотного вырожденного газа электронов в условиях нейтронных звезд за счет различных механизмов распада плазмона на нейтринную пару. В работах гл.н.с. А.Е.Лобанова последнего времени развивается новый квантовополевой формализм описания смешивания и осцилляций нейтрино в магнитном поле и внешней среде.

Важным свидетельством высокого уровня исследований, проводимых в группе по физике нейтрино, явилось приглашение, поступившее в МГУ, от двух крупнейших международных нейтринных проектов JUNO (Китай) и Hyper-Kamiokande (Япония) войти в состав исполнителей и руководящих органов указанных проектов. По решению руководства МГУ А.И.Студеникин и члены его научной группы являются представителями МГУ этих проектах.

Одним из важных результатов работы научной группы А.И.Студеникина явилось включение в программу исследований Национального центра физики и математики в Саровe проекта «Изучение упругого когерентного рассеяния нейтрино на атомах и ядрах и электромагнитных свойств нейтрино с использованием интенсивного тритиевого источника (антинейтрино», основе которого лежат результаты, опубликованные членами научной группы в журнале Phys. Rev. D в 2019 году). Работа по данному проекту началась в 2022 году.

А.И.Студеникин и члены его научной группы являются организаторами серии престижных международных конференций – «Ломоносовские конференции по физике элементарных частиц» https://lomcon.ru, которые регулярно проходят в МГУ с 1992 года. В целях подготовки научных кадров на кафедре созданы магистерская программа «Физика нейтрино» https://phys.msu.ru/rus/students/masters/, а также магистерская программа «Physics of Neutrinos and Fundamental Interactions of Elementary Particles» (явилась первой для МГУ магистерской программой в области фундаментальных наук на иностранном языке).

А. Е. Лобанов в В. Ч. Жуковский в филиале МГУ им. Ломоносова в г. Баку

Физика кварк--глюонной плазмы

Одним из актуальных направлений исследований в современной физике частиц является изучение плотной кварковой среды. Как известно, кварки являются частицами, из которых построены адроны и в том числе нуклоны (протоны, нейтроны, пи-мезоны). В обычных условиях кварки «заперты» внутри нуклонов, но при экстремальных условиях могут «высвобождаться», тогда образуется так называемая кварк-глюонная плазма. Она наблюдается, например, в экспериментах по столкновению тяжелых ионов или внутри нейтронных звезд. По некоторым предположениям, такая среда могла существовать на ранних стадиях эволюции Вселенной. Изучение свойств этой необычной материи и того, как они зависят от внешних условий: температуры, магнитного поля и т. д., может помочь ответить на фундаментальные вопросы физики: почему массы известных нам частиц именно таковы и как вообще в природе возникает масса. Большой цикл работ по изучению и обобщению свойств кварковой материи на нашей кафедре выполнен в группе под руководством проф. В.Ч.Жуковского

Нобелевский лауреат по физике 2017г. Кип Торн и проф. Д.В.Гальцов в БФА, 2012г

Актуальные проблемы гравитации

На кафедре представлен широкий спектр исследований по гравитации. Традиционной теорией гравитации является общая теория относительности (ОТО) Эйнштейна. Она служит основой для интерпретации астрофизических данных и построения космологических теорий. Существующие данные ей не противоречат, включая данные, получаемые по каналам гравитационно-волновой астрономии, и новому каналу наблюдений теней черных дыр с помощью синхронной системы радиотелескопов. Поэтому первым актуальным направлением является развитие методов ОТО и получение новых ее предсказаний, доступных проверке. Сюда входят методы построения и анализ точных решений уравнений Эйнштейна, что представляет сложную математическую задачу. Развитие теории черных дыр, методов построения теней, поиск решения проблемы сингулярностей, исследование математических моделей компактных объектов, отличных от черных дыр, в частности кротовых нор, проблемы гравитационно-волновой астрономии, термодинамики черных дыр, отыскание скрытых симметрий полевых уравнений на фоне искривленных пространств и анализ интегрируемости, и многое другое.

Второй круг проблем связан с поиском мотивированных альтернативных теорий, которые при сохранении предсказаний ОТО для проверенных физических ситуаций, могли бы способствовать решению проблем темной материи и темной энергии (ускоренного расширения современной Вселенной), не прибегая к гипотезам о неизвестных видах материи. Одной из самых популярных альтернативных теорий является скалярно-тензорная гравитация, в которой наряду с метрикой вводится дополнительная скалярная компонента гравитационного поля. Конкретных вариантов очень много, поэтому интересен общий анализ этих теорий, присущих им дисформных дуальностей, поиск новых непротиворечивых лагранжианов с неминимальной связью скаляра с кривизной.

Третье важное направление – изучение гравитационных следствий из теории струн, которая дает возможность построения объединенной теории всех взаимодействий. Особую роль в ней играют бозонные решения, представляющие непертурбативные вакуумы. Их много, и они до сих пор изучены недостаточно. Здесь важную роль играют методы, развитые в ОТО, основанные на скрытых симметриях.

На фронте пламени

Распространение волн горения — ключевой процесс, лежащий в основе множества физических явлений и механизмов, от двигателей внутреннего сгорания до взрывов сверхновых. Это сильно нелинейный процесс, и для его описания применяются непертурбативные методы описания, такие как теория групп Ли дифференциальных уравнений, дисперсионные соотношения и ренормализационная группа. Исследования волн горения на нашей кафедре ведутся группой под началом доц. К.А.Казакова. Им развит так называемый оболочечный подход, в котором распространение фронта пламени описывается самосогласованной системой интего-дифференциальных уравнений. Этот непертурбативный метод не только позволил аналитически описать классические конфигурации пламён, но и предсказать новые неожиданные формы фронта пламени, существование которых было недавно экспериментально подтверждено в лаборатории горения Национального центра научных исследований (CNRS, Франция). Развиваются численные алгоритмы решения оболочечных уравнений, позволяющие с высокой точностью рассчитывать более сложные конфигурации пламён. Основные идеи оболочечного подхода были недавно использованы в теории двумерной пристеночной турбулентности, что позволило строго обосновать известные профили скорости турбулентных течений жидкости и предсказать новые.

м.н.с К.В.Кобялко рассказывает о вершинах

Тени черных дыр

Геометрический подход к теории фотонных многообразий в сильных гравитационных полях. Кандидатская диссертация с таким названием была защищена 14.09.2022г в Диссовете МИАН им. Стеклова м.н.с. Кириллом Кобялко (научрук. Д.В.Гальцов). Под фотонными многообразиями понимаются компактные поверхности, заполненные траекториями фотонов, которые их никогда не покидают. Такие поверхности могут существовать в сильных гравитационных полях в окрестности черных дыр и других ультракомпактных объектов, примером является фотонная сфера радиуса 3/2 радиуса горизонта событий в поле Шварцшильда. Хотя сам факт существования фотонных поверхностей известен давно, интерес к ним возрос после публикации коллаборацией "Event Horizon" изображений черных дыр в центрах галактики M87 и нашей Галактики, полученных с помощью синхронизированной системы радиотелескопов. Эта технология открыла новой канал получения информации о сверхсильных гравитационных полях и возможной новой физике в таких условиях. Фотонные многообразия играют ключевую роль в понимании теней черных дыр, возникающих при сильном гравитационном линзировании излучения от аккреционных дисков в их окрестности. Кириллом была впервые построена общая математическая теория фотонных многообразий, в которой особую роль играет введенное им новое понятие частично омбилических поверхностей. Эта теория позволяет продвинуться в решении ряда фундаментальных проблем теории гравитации, таких как скрытые симметрии и интегрируемость, а также является новым практическим инструментом для получения шаблонов изображений ультракомпактных объектов в альтернативных теориях гравитации, что необходимо для обработки астрофизических данных по сильному гравитационному линзированию и гравитационным теням.

Математика и Практика

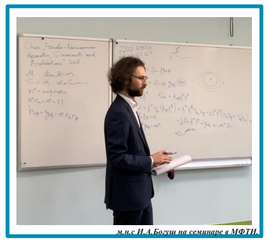
На нашей кафедре К. В. Жуковским разработан операторный метод с использованием экспоненциальных дифференциальных операторов и матричной экспоненты, ортогональных многочленов и специальных функций. Это позволило не только продвинуться в анализе чисто математических проблем, но и решить широкий спектр сложных физических задач. Построена математическая модель излучения лазеров на свободных электронах (ЛСЭ).

В результате обоснована и разработана новая каскадная схема ЛСЭ, позволяющая в разы сократить размеры устройства и получить в перспективном рентгеновском диапазоне мощность ~100 МВт на длине ~20 м. Также проведено моделирование распространения тепла в сверхтонких нанопленках и в нановолокнах, изучено распространение тепловых импульсов и волн в составных сильно неоднородных средах и в низко-размерных системах.

Проф. К. В. Жуковский

Звенящая тишина

Развитие квантовой теории поля привело физиков к осознанию того, что вакуум не является абсолютной пустотой в обычном смысле слова. Потенциально он содержит в себе возможность появления бесчисленного множества частиц, от фотонов до пар частица-античастица. Более того, даже когда рождения новых частиц не происходит, они влияют на процессы, протекающие, казалось бы, в пустоте. С квантовыми флуктуациямивакуума связанномногиетеоретические физическиеявления: лэмбовский сдвиг энергетических уровней атомов, эффект Казимира, наличие аномального магнитного момента электрона и др. Данной тематике посвящены многие исследования на нашей кафедре. Проф. В.Ч.Жуковским с учениками был изучен эффект Казимира на фоне неоднородного конденсата аксионного поля, возникающего в различных теориях за пределами стандартной модели и вносящего в электродинамику так называемый топологический член Черна–Саймонса. Проф. Ю.В.Грац и Д.В.Гальцов исследовали астрофизические приложения эффекта Казимира и, в частности, получили выражение для энергии вакуумного взаимодействия космических струн различной размерности. Далее, развивая теорию флуктуаций электрического поля электрона, доц. К.А.Казаков предложил вариант ответа на древнюю загадку. Фликкер-шум, или 1/f-шум, — открытый в середине 20-х годов прошлого века низкочастотный шум в электрических приборах, происхождение которого до сих пор не выяснено. Теория Казакова не только позволила в предельном случае получить эмпирическую формулу Хуго для фликкер-шума, но и хорошо описывает шум, наблюдаемый в тонких пленках, для которых формула Хуго оказывается неприменимой. Далее, К.А.Казаковым и В.В.Никитиным был предсказан новый эффект в квантовой электродинамике —инфракрасная декогеренция. Эффект заключается в запутывании состояний заряженной частицы с вакуумными флуктуациями электромагнитного поля. Нет сомнений, что существуют и другие явления, малоисследованные или вовсе неизвестные, которые ждут своих открывателей.



м.н.с И.А.Богуш на семинаре в МФТИ.

Лауреат нобелевской премии Герард 'т Хофт расписывается под цитатой в книге **4-59 (18.05.2011)**

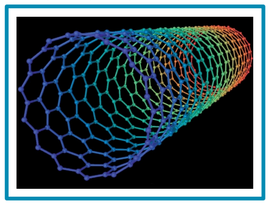
А всё ли относительно?

Казалось бы, теория относительности дала однозначный ответ на этот вопрос более века назад. Однако в конце XX века произошло неожиданное: в попытках построить релятивистски-инвариантную модель квантовой гравитации — теорию суперструн — физики натолкнулись на возможность спонтанного нарушения этого основополагающего принципа! Уже в XXI веке Петр Горжава подошел к проблеме с другой стороны и предложил модель квантовой гравитации без струн, где противоречие между перенормируемостью и унитарностью теории решается путем явного нарушения лоренц-инвариантности при высоких энергиях. Возможно, поиск такого нарушения — одна из дорог в таинственный мир квантовой гравитации, мир флуктуирующего пространства-времени.

Исследованиями по квантовой физике высоких энергий с нарушенной лоренц-инвариантностью занимаются в группе проф. В.Ч.Жуковского, а также проф. А.В.Борисов, и гл.н.с. А.Е.Лобанов. Изучаются свойства частиц и процессов, не существующие в лоренц-инвариантной Вселенной: черенковское излучение электрона в вакууме, асимметрия углового распределения синхротронного излучения, запрещенный в классической электродинамике тороидный момент атома водорода, экзотические вклады в аномальный магнитный момент электрона и поляризацию вакуума и др. Прецизионное сравнение этих предсказаний с экспериментом позволило наложить жесткие ограничения на параметры нарушения лоренц-инвариантности. Тем не менее, вопрос о существовании последнего остается открытым и актуальным.

Навстречу новым технологиям

Безусловно, человечество стоит на пороге новой технологической революции, подобной той, что случилась после изобретения транзистора. Телепортация и квантовые компьютеры, ультракомпактные приборы и новые методы детектирования и передачи сигнала, новые среды с уникальными проводящими и магнитными свойствами — вот наше будущее.



Недавнее открытие двумерной модификации углерода — графена — одна из вех на этом пути. Изучение графена, фуллеренов и углеродных нанотрубок позволит создавать среды с заданными свойствами и создавать приборы и датчики исчезающе малых размеров.

В группе под руководством профессора В.Ч.Жуковского графен и углеродные нанотрубки с их уникальными свойствами активно исследуются методами квантовой теории поля на основе двух- и трехмерных моделей с четырехфермионным взаимодействием.

Некоторые спецкурсы:

- Теория групп и ее приложения (доц. П.И.Пронин)
- Классическая теория поля (доц. К.В.Степаньянц)
- Квантовая теория поля (проф. В.Ч.Жуковский)
- Введение в теорию интегрируемых систем (проф. А.П.Исаев)
- Методы квантовой теории поля в физике высоких энергий и физике конденсированного состояния (проф. В.Ч.Жуковский, проф. А.В.Борисов)
- Теория фундаментальных взаимодействий (проф. А.В.Борисов)
- Классическая теория гравитации (проф. Ю.С.Владимиров)
- Введение в физику нейтрино (проф. А.И.Студеникин)
- Взаимодействие элементарных частиц в электромагнитных полях (проф. А.И.Студеникин)
- Квантовая теория поля в искривленном пространстве-времени (проф. Ю.В.Грац)
- Современная теория гравитации (проф. Д.В.Гальцов)
- Метод континуального интеграла и его приложения к теории калибровочных полей (н.с. А.Б.Пименов)
- Квантовая гравитация (доц. П.И.Пронин)
- Аномалии в квантовой теории (доц. П.И.Пронин)
- Перенормировки в теории калибровочных полей (доц. К.А.Казаков)
- Суперсимметрия в физике элементарных частиц (доц. К.В.Степаньянц)
- Операторные методы исследования моделей физических процессов (проф. К.В.Жуковский)
- Классические решения в теории поля (доц. К.В.Степаньянц)
- Теории Великого Объединения (доц. К.В.Степаньянц)
- Супергравитация (проф. Д.В.Гальцов)
- Введение в теорию струн и голографию (проф. Д.В.Гальцов)

и другие

Студенты К. В. Степаньянц со своим научным руководителем

Суперсимметрия и физика высоких энергий

В основе моделей теории поля, описывающих микромир, лежат симметрии. В частности, калибровочная симметрия лежит в основе Стандартная модели сильных и электрослабых взаимодействий. Еще более широкая калибровочная симметрия имеется в теориях Великого объединения, которые единым образом описывают все взаимодействия элементарных частиц, кроме гравитационного. Но помимо калибровочной симметрии в природе, по-видимому, существует и еще одна необычная симметрия – суперсимметрия. Действия суперсимметричных теорий инвариантны относительно преобразований, перемешивающих между собой бозонные и фермионные поля. При этом каждой бозонной частице (имеющей целый спин) должен соответствовать ее суперпартнер — ферми-частица (с полуцелым спином), а каждому фермиону — бозонный суперпартнер. Предполагается, что массы суперпартнеров достаточно велики, благодаря чему их пока не удается наблюдать в прямых экспериментах. Однако недавние точные измерения констант связи Стандартной модели показали, что все эти взаимодействия могут рассматриваться как низкоэнергетический остаток некоторой Единой теории только, если суперпартнеры существуют. При этом суперсимметричные модели обладают целым рядом привлекательных свойств. В них возникает значительно меньше ультрафиолетовых расходимостей, чем в обычных моделях теории поля, а некоторые из них вообще являются конечными. В $N=1$ суперсимметричных калибровочных теориях существует связь между бета-функцией и аномальной размерностью суперполей материи («точная NSVZ бета-функция»). В работах с участием сотрудников нашей кафедры (К.В.Степаньянц, И.Е.Широков, А.Б.Пименов) показано, что такое соотношение естественным образом возникает при использовании регуляризации высшими ковариантными производными, предложенной А. А.Славновым. Это позволило впервые построить перенормированное предписание, при котором NSVZ бета-функция справедлива во всех порядках теории возмущений.

Более развернутую информацию Вы можете найти на нашем сайте

theorphys.phys.msu.ru