



ОТДЕЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

ИСТОРИЯ ОТДЕЛЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ



И. М. Шмушкевич,
д. ф.-м. н., профессор



Л. А. Слив,
д. ф.-м. н., профессор

Историю Отделения теоретической физики (до 1992 г. – Отдел теоретической физики, ОТФ) можно отсчитывать с середины 50-х гг. Именно тогда к Физико-техническому институту (ФТИ) присоединилась большая группа молодых теоретиков. Решающую роль в создании Теоретического отдела ФТИ того времени сыграли И. М. Шмушкевич и Л. А. Слив. В дальнейшем к ОТФ присоединились В. Н. Грибов, В. М. Шехтер, И. Т. Дятлов, С. В. Малеев, О. В. Константинов, Ю. В. Петров, А. Н. Ерыкалов, В. В. Анисович, А. А. Ансельм, Я. И. Азимов, Л. Н. Липатов, М. Г. Рыскин и др.

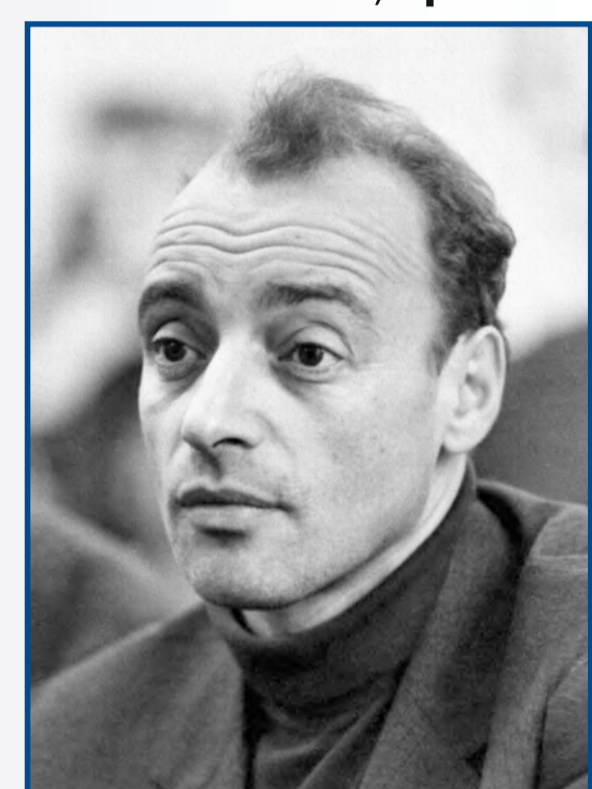
Многие важные работы в области физики элементарных частиц в течение 50-х и начале 60-х гг. были посвящены разработке проблемы «московского нуля» (в настоящее время широко известного как полюс Ландау). Здесь можно упомянуть суммирование «паркетных диаграмм» (К. А. Тер-Мартirosян и И. Т. Дятлов), решение «паркетных уравнений» (А. А. Ансельм), открытие двумерной теории с асимптотической свободой (А. А. Ансельм). Позже в духе идей Л. Д. Ландау работа ОТФ в значительной степени была связана с подходом, основанным на использовании аналитичности и унитарности. Здесь необходимо отметить прежде всего работу В. Н. Грибова, а среди результатов этого направления – теорию образования нескольких частиц вблизи порога, которая впоследствии развивалась И. Т. Дятловым, В. В. Анисовичем и А. А. Ансельмом, и исследование асимптотики амплитуды упругого рассеяния при высоких энергиях.

С середины 60-х гг. доминирующей темой работы Отдела стала теория комплексных моментов (один из основателей направления – В. Н. Грибов) с фундаментальными результатами мирового значения, которые впоследствии привели к дуальным и струнным моментам.

В начале 70-х гг. появилось новое, ставшее одним из самых важных, направление исследований – изучение асимптотического поведения различных процессов при высоких энергиях путем суммирования отдельных наборов диаграмм Фейнмана. Началом этой деятельности стала новаторская работа В. Н. Грибова и Л. Н. Липатова, результатами мирового значения, которые впоследствии привели к дуальным и струнным моментам. В качестве теоретико-полевой модели они выбрали нереалистичную псевдоскалярную связь.

В сотрудничестве с этими коллаборациями в ОТФ был проведен анализ большого числа экспериментальных данных, что привело к открытию ряда мезонных и барионных состояний.

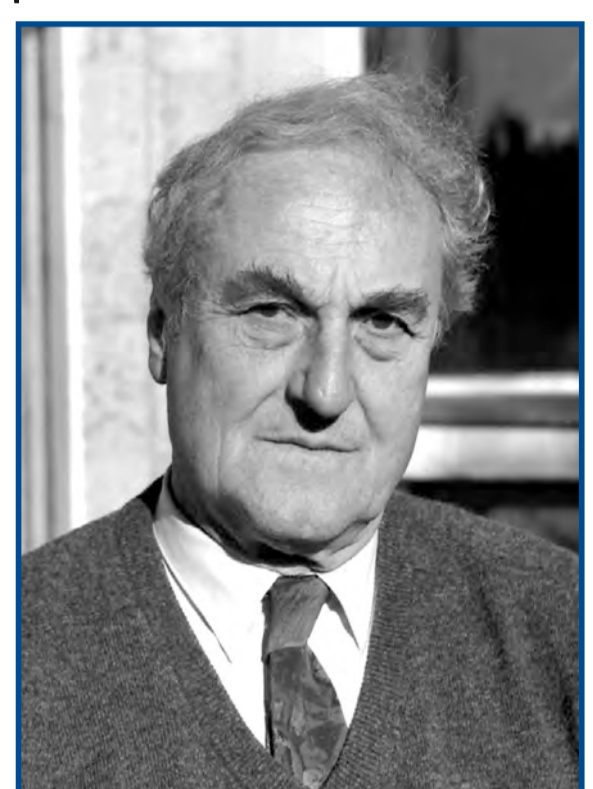
В последние годы в ОТФ активно велись работы по различным направлениям. Были проведены исследования, связанные с проблемами квантовой хромодинамики (КХД), включая использование пертурбативных методов. Создан новый подход для оценки функциональных интегралов, построена последовательная теория инстантонного вакуума КХД. Разработаны новые методы расчета функциональных интегралов, которые успешно применялись для решения интересных задач. Проведены исследования в теории суперструн и топологических квантовых теориях поля.



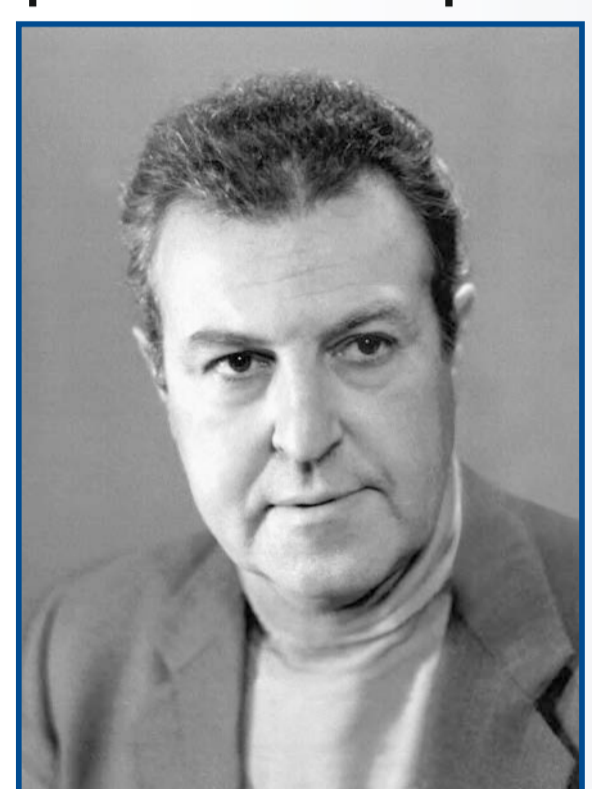
В. Н. Грибов,
член-корреспондент АН СССР



В. М. Шехтер,
д. ф.-м. н., профессор



И. Т. Дятлов,
д. ф.-м. н., профессор



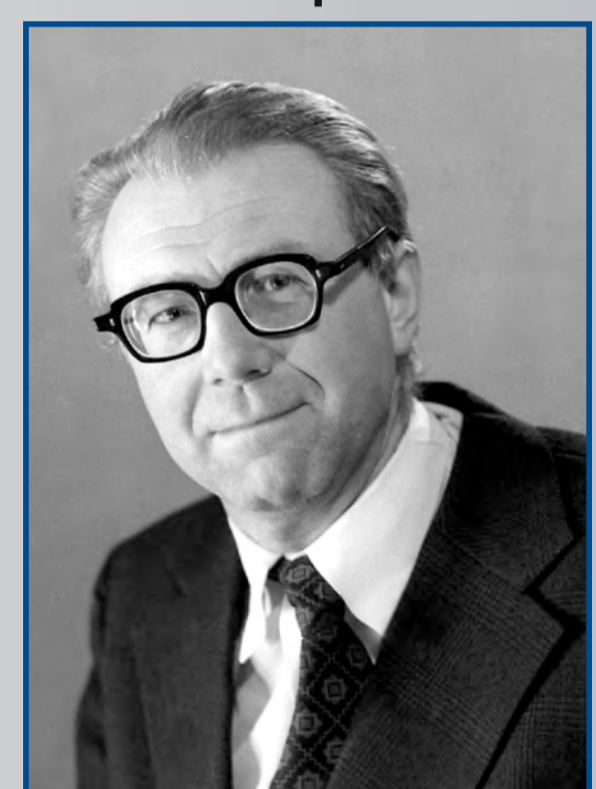
А. А. Ансельм,
д. ф.-м. н., профессор



Л. Н. Липатов,
академик РАН



А. Г. Аронов,
член-корреспондент РАН



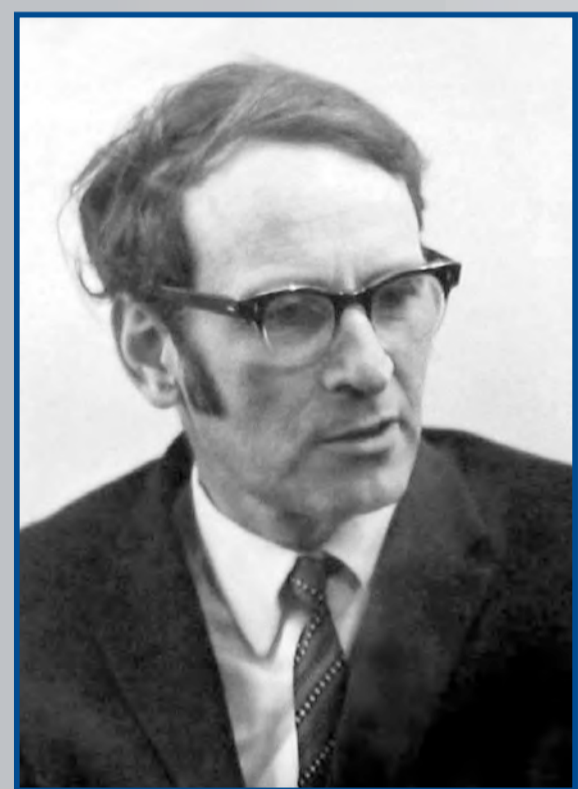
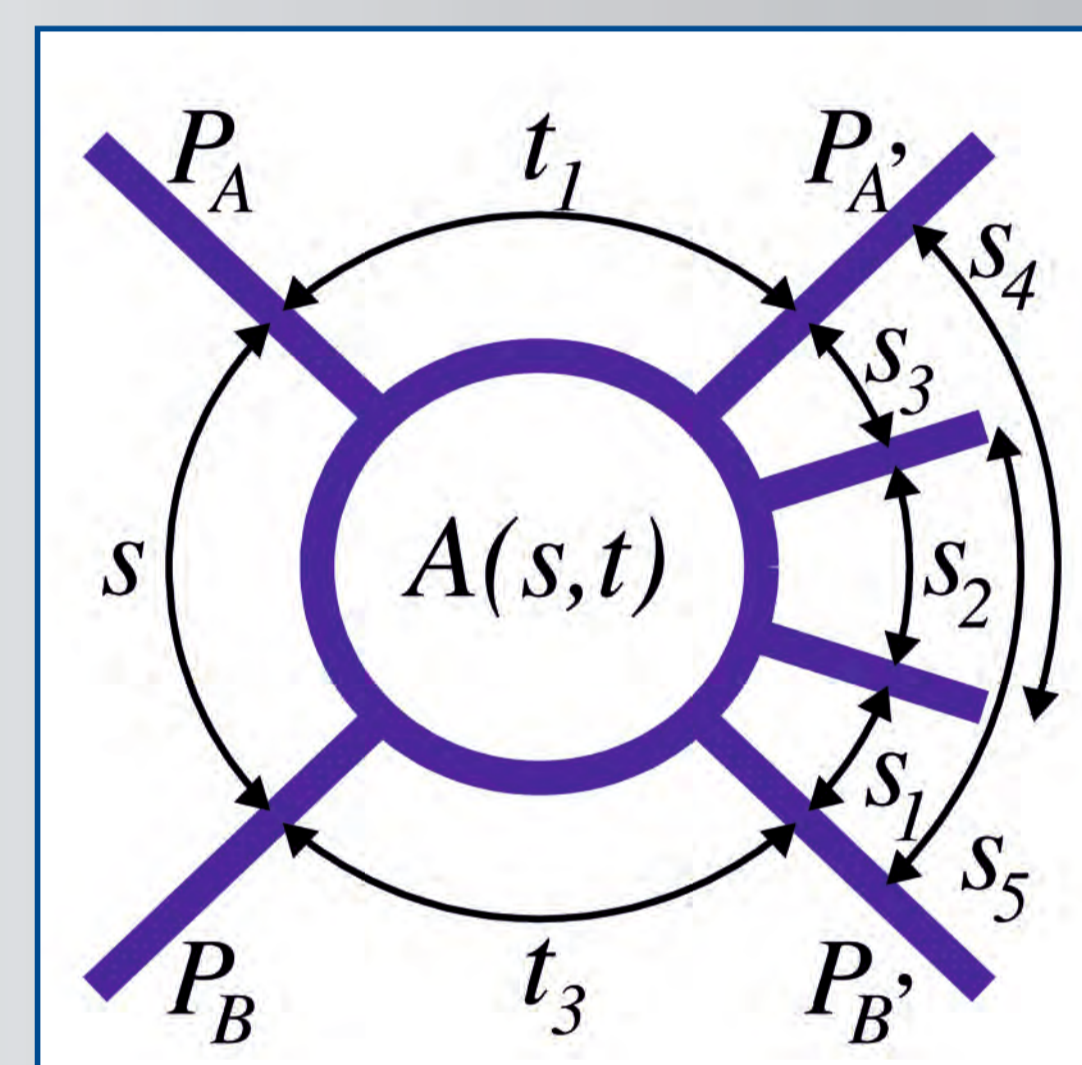
С. В. Малеев,
д. ф.-м. н., профессор

ВАЖНЕЙШИЕ ДОСТИЖЕНИЯ

Оригинальные идеи и выдающиеся результаты основателя ОТФ В. Н. Грибова легли в основу описания столкновения адронов при высоких энергиях. С его именем связано известное представление Грибова – Фруассара для амплитуд рассеяния. Им была сформулирована проблема калибровочных копий в неабелевых теориях (копии Грибова).

Одно из основных направлений исследований в области квантовой теории поля – наиболее полный анализ амплитуд взаимодействия частиц в различных областях энергий. Важнейшим достижением в области высоких энергий и небольших значениях переданного импульса является уравнение БФКЛ (Балицкий – Фадин – Кураев – Липатов), одно из самых значимых уравнений в теории сильных взаимодействий. Другим важным результатом работы сотрудников ОТФ стало уравнение ДГЛАП (Докшицер – Грибов – Липатов – Алтарели – Паризи), описывающее процессы глубоко неупругого рассеяния в области больших переданных импульсов, предложенное В. Н. Грибовым, Л. Н. Липатовым в 1972 г. Также необходимо отметить формулу ДДТ, полученную Ю. А. Докшицером, Д. И. Дьяконовым и С. И. Трояном.

Ю. В. Петровым была предложена принципиально новая схема высокопоточного исследовательского реактора, которая была реализована при проектировании и строительстве реактора ПИК. Сотрудниками ОТФ во главе с Ю. В. Петровым и А. Н. Ерыкаловым были выполнены расчеты для подготовки и осуществления физического пуска реактора ПИК. Запатентована новая форма поперечного сечения тепловыделяющего элемента, свойства которой позволяют форсировать удельную мощность реактора и тем самым увеличить нейтронные потоки и снизить возможность разрушения при неконтролируемом выбеге мощности.



Ю. В. Петров,
д. ф.-м. н., профессор

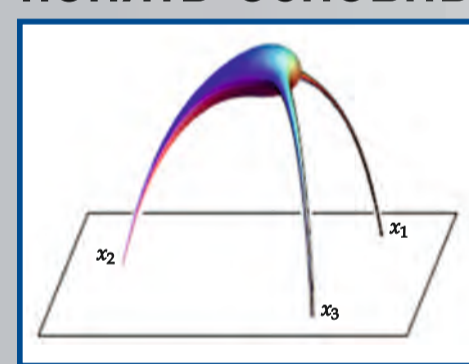


А. Н. Ерыкалов,
к. ф.-м. н.

сечения тепловыделяющего элемента, свойства которой позволяют форсировать удельную мощность реактора и тем самым увеличить нейтронные потоки и снизить возможность разрушения при неконтролируемом выбеге мощности.

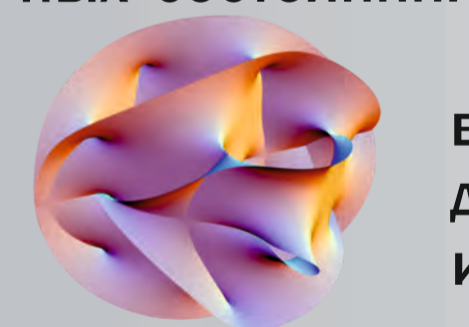
ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И КВАНТОВАЯ ТЕОРИЯ ПОЛЯ

В ОТФ ведутся исследования основных явлений теории сильных взаимодействий, таких как невыедание кварков, спонтанное нарушение киральной симметрии, фазовый переход «конфайнмент – деконфайнмент», свойства адронов. Инстантонная модель вакуума, кварк-соплетная модель барионов, предложенные в ОТФ, позволяют качественно и количественно понять основные черты этих явлений.



ОТФ можно считать одним из мировых лидеров в области изучения АдС/КТП-соответствия между полевыми и струнными описаниями, которое в настоящее время является важнейшим инструментом в квантовой теории поля в сильной связи. В ОТФ была обнаружена и доказана интегрируемость этой конформной теории поля во всех порядках теории возмущения.

Под руководством В. В. Анисовича и А. В. Саранцева был создан ковариантный подход к анализу экспериментальных данных, полученных в реакциях с рождением трех и более частиц в конечном состоянии. Разработанные методы анализа данных используются международными коллаборациями CB-ELSA, CLAS, HADES, BESIII, LHCb. В сотрудничестве с этими коллаборациями в ОТФ был проведен анализ большого числа экспериментальных данных, что привело к открытию ряда мезонных и барионных состояний.



Струнные модели являются основными кандидатами на теорию объединения всех взаимодействий. В Отделении был развит метод построения многопетлевых струнных диаграмм, предложена струнная модель, реалистично описывающая адроны при малых и промежуточных энергиях.

ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ



Тяготение является одним из фундаментальных взаимодействий. Оно является самым слабым из них, однако для достаточно больших тел поле тяготения преобладает над всеми другими силами. Общая теория относительности описывает гравитацию как следствие геометрии пространства-времени. Одним из интереснейших объектов, описываемых общей теорией относительности, являются черные дыры. Здесь тяготение настолько велико, что даже свет, испускаемый из этой области, не может вылететь из-под горизонта событий. В настоящий момент известен целый ряд решений, соответствующих различным черным дырам. Изучение их свойств продолжается в ОТФ и сейчас.

Также существует интерес к созданию и изучению теорий гравитации, отличных от теории Эйнштейна. Главным образом это связано с возможностью найти в них описание темной материи и продвинуться на пути квантования теории гравитации.

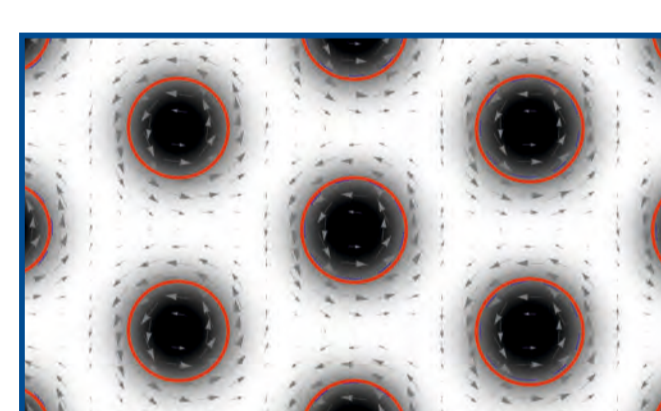
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Теоретическое описание динамических процессов, связанных с фазовыми переходами в атмосфере Земли, представляет собой главную проблему современной теории атмосферной гидродинамики. В рамках конденсационной атмосферной динамики В. Г. Горшков с соавторами получил новые результаты по описанию ураганов и смерчей. Исследования сотрудников ОТФ в этой области заслужили мировое признание и были отмечены различными международными научными наградами.



В. Г. Горшков,
д. ф.-м. н., профессор

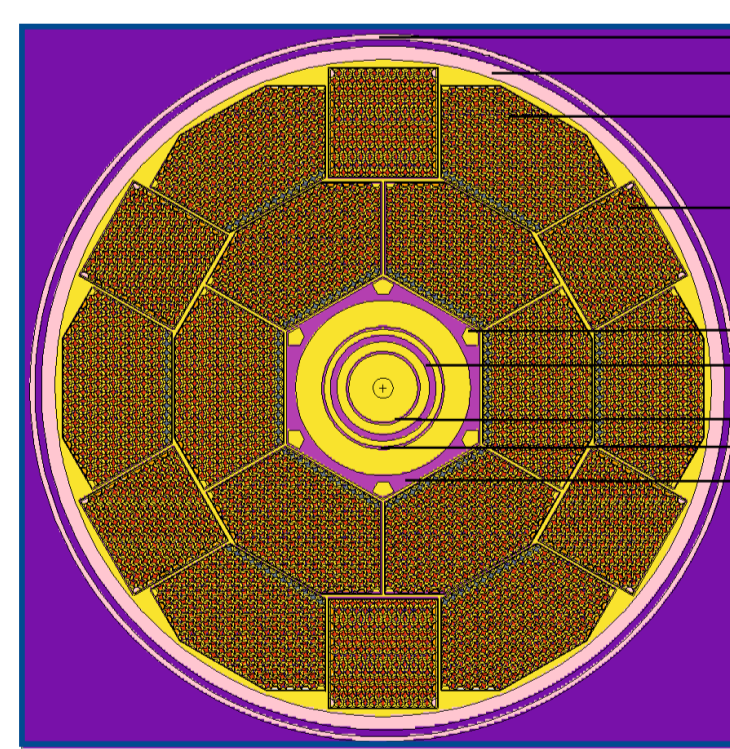
ТЕОРИЯ КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ



С момента образования сектора теории конденсированного состояния в нем развивались три направления: теория упорядоченных магнетиков, теория неупорядоченных систем и теория физики полупроводников. Долгие годы руководителем сектора был С. В. Малеев, внесший вместе с соавторами значительный вклад в теорию рассеяния поляризованных нейтронов в веществе и ее применение к исследованию киральных магнитных структур. Мировую известность получили работы А. Г. Аронова и Б. Л. Альшутлера по теории слабой локализации в допированных полупроводниках.

В настоящее время большая часть работ сотрудников сектора посвящена теории магнетизма, транспортным и магнитным свойствам кристаллов. Новым направлением является изучение наносистем низкой размерности, в частности квантовых проволоки и слоистых систем. Особый интерес вызывают топологически нетривиальные состояния вещества: некоммутирующие магнетики в состоянии скирмионного кристалла, краевые состояния в топологических изоляторах. Изучение этих явлений может помочь в создании новых электронных устройств в масштабе нанометров.

ФИЗИКА РЕАКТОРОВ



Кожух корпуса
Корпус внутреннего
Шестигранная ТВС
Четырехгранная ТВС
Паз в направляющей
внутренней ловушки
Труба ЦСК
Полка ЦСК
Лига верхней ловушки
Направляющая
нейтронной ловушки

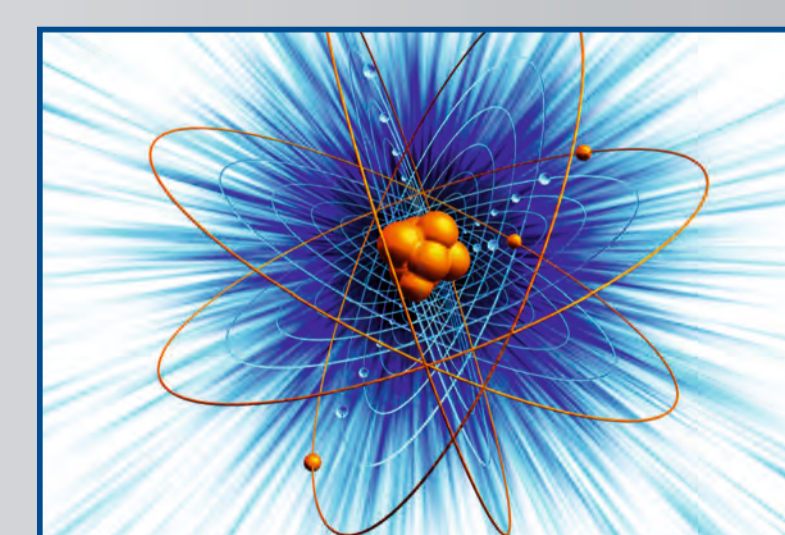
Сотрудники ОТФ активно занимаются разработкой новых типов реакторов, которые обладают уникальными свойствами потоков нейтронов при оптимальных топливных характеристиках. В рамках этой работы проводится анализ внутренней безопасности реакторов и снижение обогащения топлива, что позволяет повысить эффективность использования топливных ресурсов. Кроме того, исследуются мюонный катализ термоядерных реакций, что может привести к созданию новых энергетических технологий.

Недавно исследования естественного реактора Окло, который работал в Габоне полтора миллиарда лет назад, привели к установлению лучшего в мире предела на изменение фундаментальных констант со временем. Это значительно повышает нашу точность в понимании физических процессов, которые происходят во Вселенной. Сотрудники ОТФ продолжают свою работу в этом направлении, углубляя наши знания о фундаментальных законах природы и их применении в создании новых технологий.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЯДЕРНАЯ И АТОМНАЯ ФИЗИКА

Развивается релятивистская теория излучения и поглощения света атомами, необходимая для понимания спектров многозарядных ионов и рентгеновских спектров в тяжелых атомах. Для проверки Стандартной модели при низких энергиях был предложен эксперимент на гелиеподобном ионе европия.

В 2017–2020 гг. выполнена целая серия работ (опубликованы в зарубежных журналах), в которых рассчитаны дифференциальные и полные сечения ионизации ионов с одновременным возбуждением остаточного иона в l - и l - p -состояниях в результате электронного удара, а также рассеяния и поглощения фотонов. В качестве метода расчета используется нерелятивистская теория возмущений по межэлектронному взаимодействию.



В ОТФ делается акцент на тесное взаимодействие теоретиков разных специализаций: ведутся совместные исследования, проводятся общие семинары и школы. Регулярно организуются международные конференции по структуре адронов и Эйлеровский симпозиум по теоретической и математической физике.

ОТФ тесно сотрудничает со многими международными экспериментальными коллаборациями. Результаты Отделения играют существенную роль при описании процессов, исследуемых на Большом адронном коллайдере (ЦЕРН) и в других международных экспериментальных лабораториях. В ОТФ была разработана модель, объединяющая дифракционные и жесткие процессы, которая успешно описывает эксперимент в ЦЕРН. Научные достижения ученых ОТФ НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ в разные годы были отмечены государственными и международными премиями, среди них:

- Государственная премия СССР;
- премии имени Александра фон Гумбольдта;
- премия имени Марии Склодовской-Кюри;
- премия имени С. В. Ковалевской;
- премия имени И. Я. Померанчука;
- премия имени А. Г. Аронова;
- премия имени В. А. Фока;
- премия имени Фридриха Вильгельма Бесселя;
- премия «Ad Astra».