

В. Ф. Дмитриев, Г. Г. Кирилин, Г. Л. Коткин, А. И. Мильштейн, И. Б. Хриплович,
Д. А. Шапиро

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Заведующий кафедрой: чл.-корр. РАН, проф. И. Б. Хриплович
Направление подготовки: Теоретическая физика
Базовый институт: Институт ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН
Сервер кафедры: <http://www.phys.nsu.ru/ok02/>

Кафедра теоретической физики (КТФ) физического факультета была основана в 1967 г. ректором НГУ акад. С. Т. Беляевым и осуществляет обучение по общим теоретическим дисциплинам, которые читаются студентам и магистрантам физического факультета. С 1985 г. кафедрой возглавлял проф. В. Г. Зелевинский, с 1994 по 1998 г. – доц. П. Н. Исаев. С этого времени и по сей день заведующим кафедрой является чл.-корр. РАН, проф. И. Б. Хриплович.

Кафедра базируется в Институте ядерной физики им. Г. И. Будкера СО РАН. Однако ее преподавательский состав объединяет как штатных преподавателей НГУ, так и научных сотрудников различных институтов Новосибирского научного центра, таких как Институт математики им. С. Л. Соболева, Институт физики полупроводников, Институт автоматики и электрометрии СО РАН. Штат кафедры составляет более 40 чел.: 7 профессоров, 15 докторов наук, 26 кандидатов наук. Подавляющее большинство сотрудников кафедры – выпускники физического факультета НГУ.

Для студентов первой ступени обучения (на втором – четвертом курсах) кафедра ведет следующие теоретические курсы (лекции, семинарские и лабораторные занятия): аналитическая механика, квантовая механика, статистическая физика, физика сплошных сред, методы математической физики, квантовая физика, общая теория относительности, физическая кинетика.

Преподаватели кафедры читают *теоретические спецкурсы* для студентов, специализирующихся на других кафедрах факультета: физика элементарных частиц, квантовая электродинамика, теория сильных взаимодействий, слабые взаимодействия, атомное ядро, двухфотонная физика.

Лекторы кафедры читают для студентов *факультативные спецкурсы* по всем основным направлениям теоретической физики: дополнительные главы теоретической физи-

ки, квантовая теория многих тел, физическая кинетика, дополнительные главы аналитической механики, теория фазовых переходов, физика нелинейных волн и др.

Сотрудниками кафедры ведется научно-исследовательская работа по широкому спектру направлений теоретической физики. Среди них: релятивистская квантовая теория поля и физика элементарных частиц, теория атомного ядра и ядерных реакций, теория плазмы, теория твердого тела, теория нелинейных волн, теория квантовых жидкостей и сверхпроводимости, общая теория относительности, и др.

КТФ имеет прочные научные связи со многими учебными заведениями в России и за рубежом, с российскими и зарубежными теоретическими лабораториями: Институтом теоретической и экспериментальной физики (Москва), Петербургским институтом ядерной физики (ЛИЯФ, Санкт-Петербург), Объединенным институтом ядерных исследований (Дубна), Институтом физики высоких энергий (Протвино), SLAC (USA), CERN (Switzerland), DESY (Germany), KEK (Japan), ARGONNE (USA), INFN и ICTP (Italy).

КТФ не является выпускающей кафедрой, однако руководство научной работой и специализацией студентов других кафедр в области теоретической физики традиционно осуществляется сотрудниками нашей кафедры.

Особенности организации учебного процесса и методическая работа на кафедре теоретической физики

Основной задачей кафедры является обучение студентов физического факультета теоретической физике. Принципы преподавания на кафедре соответствуют общей идее организации учебного процесса физического факультета НГУ, а именно, идее привлечения к преподаванию в университете науч-

ных сотрудников Новосибирского научного центра. Чтение лекций или проведение семинаров активно работающими учеными позволяет студентам видеть не только конкретный раздел теоретической физики, но и его место в «живой» науке.

В основе почти всех учебных курсов лежит курс теоретической физики Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица. Данный курс всегда рассматривается преподавателями как ориентир на уровень знаний, приобретаемых студентами, в то время как конкретное изложение предмета всегда носит оригинальный характер. Для этого преподавателями кафедры ведется непрерывная работа по созданию и совершенствованию программ лекций, семинаров, программ ежемесячных заданий, обязательных для выполнения студентами. Данный учебный процесс требует периодического выпуска учебных и методических пособий.

Проведение семинарских занятий основано на решении студентами задач, которые соответствуют темам лекций. Такой подход требует нахождения большого количества оригинальных задач по каждому курсу. Составление этих задач и их адаптация к современной физике, логике читаемого курса, а также к уровню знаний студента – процесс отнюдь не тривиальный. Кафедра периодически издает сборники задач, которые являются основами семинарских занятий, проводимых сотрудниками кафедры на физическом факультете НГУ.

Классическим примером такого сборника является пособие «Сборник задач по классической механике» [1], написанное в 1969 г. преподавателями физического факультета НГУ Г. Л. Коткиным и В. Г. Сербо. Это пособие содержит широкий спектр задач как общего курса механики, так и курса аналитической механики. Учебник сразу же получил гриф Министерства высшего и среднего образования СССР о допуске в качестве учебного пособия для студентов физических специальностей университетов и вскоре был переведен на английский (изд-во «Pergamon Press»), французский и испанский (изд-во «Мир»), а также на польский языки. Сейчас вышло еще два издания этого пособия.

В 2002 г. «Сибирское университетское издательство» выпустило книгу В. Г. Зелевинского «Лекции по квантовой механике» [2]. Данная книга основана на курсе лекций, читавшихся автором начиная с 1965 г. на фи-

зическом факультете НГУ. Учебник рассчитан на более высокий уровень студентов, чем стандартные вузовские курсы, но, с другой стороны, курс начинается с азов и не требует столь серьезных усилий, как «Квантовая механика» Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица. Сборник лекций ясно показывает основные принципы преподавания квантовой механики на физическом факультете НГУ: общее понимание студентами природы квантовых явлений осуществляется через ясную картину того, как квантовая механика работает в конкретных физических приложениях. Поэтому главной особенностью курса является его прагматическая направленность, так что постоянная работа с приложениями делает язык квантовой механики привычным, понятным и единственно возможным.

Наряду со стандартными курсами теоретической физики кафедра предоставляет возможность студентам получить знания по более специальным предметам. Примером такого курса являются лекции по общей теории относительности (ОТО). Курс ОТО читается на физическом факультете НГУ довольно давно, сначала в качестве факультатива, а в настоящее время как альтернативный курс для магистрантов. Лекции и семинары в большой степени базируются на втором томе курса Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшица. В 2000 г. на основе лекционного курса зав. кафедрой И. Б. Хрипловичем была написана книга «Общая теория относительности» [3]. Она позволила приблизить уровень излагаемого материала к обычному университетскому курсу физики. В настоящий момент издательством «РХД» выпущено уже второе издание на русском языке. Вышло также издание на английском языке в издательстве «Springer».

На физическом факультете НГУ в виде эксперимента преподавание курса «Методы математической физики» (ММФ) было поручено физикам-теоретикам. Поставлена цель не только обучить студентов основам теории, но и применению математических методов для решения конкретных физических задач квантовой механики, классической электродинамики, оптики, физики плазмы, механики жидкости и газа. В результате заметно изменилась как программа курса, так и методика его преподавания. Упор был сделан на решение задач – от простых упражнений, иллюстрирующих основные понятия, до сравнительно сложных за-

дач, например квантовой механики. Сейчас можно с удовлетворением сказать, что новый подход к преподаванию ММФ полностью себя оправдал.

Обучение ММФ обычно завершает общее математическое образование студентов-физиков третьего года обучения. Они уже знакомы с линейной алгеброй, аналитической геометрией, математическим анализом, обыкновенными дифференциальными уравнениями, теорией функций комплексной переменной в объеме университетского курса. Стандартный курс ММФ, через который прошли многие поколения студентов, включает в себя, как правило, теорию уравнений в частных производных. Элементы функционального анализа, теории специальных функций и теории групп в программах ММФ часто носят фрагментарный характер и не являются обязательными.

Методы математической физики как университетский курс является устоявшейся дисциплиной. Этому посвящены многие отечественные и переводные учебники по всем ее разделам. Но в них не содержится достаточного количества задач. Сборники задач по ММФ немногочисленны и неполны. Они не охватывают всех необходимых разделов математической физики и несколько оторваны от исходных физических задач, из которых возникают эти уравнения. Практически нет задач по уравнениям Шредингера, Дирака и даже Максвелла. Приложения к физике, как правило, ограничены механикой, теорией теплопроводности, электричеством и магнетизмом.

В 2000 г. преподавателями кафедры был подготовлен сборник «Задачи по математическим методам физики» [4]. Сборник задач основан на 15-летнем опыте обучения ММФ студентов физического факультета Новосибирского государственного университета. Программа курса и, соответственно, содержание данного задачника включают в себя следующие разделы: гильбертовы пространства, метод характеристик, уравнения второго порядка с частными производными, автомодельность и нелинейные уравнения, специальные функции, асимптотические методы, функции Грина, интегральные уравнения (включая обратную задачу для оператора Шредингера), группы и представления, группы Ли и их применение в физике.

Каждый раздел содержит краткое изложение теории, иллюстрируемое решением типичных простых задач. Почти все задачи

(за исключением простейших) содержат подробные указания и решения. Порядок расположения задач помогает усвоению сложных математических понятий и выработке навыков решения физических задач. Поэтому сборник является также весьма полезным для самообразования. Если читатель после работы с этим задачником сможет самостоятельно решать задачи математической физики и использовать полученные знания в дальнейшей работе, то сотрудники кафедры будут считать свою миссию выполненной.

Курсы кафедры теоретической физики

В этом разделе кратко перечислены основные курсы, которые читаются сотрудниками кафедры, а также подробно анализируются некоторые из них.

Первым теоретическим курсом, с которым встречаются студенты, является аналитическая механика – базовая дисциплина для всего последующего изучения теоретической физики. Поэтому помимо основной цели – изучения аналитической механики, курс также призван продемонстрировать все основные принципы и понятия теоретической физики. Программа курса включает в себя изучение движения в потенциальном поле, принцип Гамильтона, уравнения Лагранжа, преобразование функции Лагранжа при преобразовании координат и времени, теорему Нетер, законы сохранения.

Подробно разбираются задачи, связанные с колебаниями (молекулы, цепочки, нормальные координаты, симметрия, резонансы, нелинейные колебания), уравнения Гамильтона, скобки Пуассона, канонические преобразования, адиабатические инварианты, уравнения Гамильтона – Якоби и многое другое, включая понятие о динамическом хаосе.

Основные курсы кафедры теоретической физики приходятся на третий год обучения на физическом факультете. Это дисциплины: «Методы математической физики», «Квантовая механика», «Физика сплошных сред», «Статистическая физика».

Дисциплина «Методы математической физики» предназначена для обучения студентов-физиков основным математическим методам, применяемым в физике. Данный курс читается с 1985 года, когда он заменил курс «Уравнения математической физики». В курсе излагается устоявшийся и прошед-

ший проверку временем материал, знание которого необходимо как для теоретиков и вычислителей, так и для экспериментаторов. Основной целью освоения дисциплины является знакомство с основными методами решения уравнений в частных производных, теорией специальных функций, теорией неприводимых представлений групп, а также развитие навыков решения простейших уравнений.

По окончании изучения указанной дисциплины студент должен:

- иметь представление о постановках задачи Коши и краевой задачи для уравнений математической физики, о гипергеометрических функциях, о методе перевала, о точечных группах, инвариантных тензорах, применении теории групп в физике, дискретном и непрерывном спектре дифференциального оператора;

- знать физический смысл характеристик, типичные постановки задач для эллиптического, параболического и гиперболического типов уравнений второго порядка (задач Коши, Дирихле и Неймана), свойства функций Бесселя и Лежандра, асимптотических разложений, основные определения теории групп, параметризацию групп вращения;

- уметь решать простейшие линейные и квазилинейные уравнения, искать автомодельные подстановки, пользоваться формулами Родрига и интегральными представлениями специальных функций, оценивать асимптотику интегралов методами Лапласа и стационарной фазы, разлагать представления группы в прямую сумму неприводимых, рассчитывать кратности вырождения в молекулярных колебаниях, строить функцию Грина для оператора Штурма – Лиувилля, задач Дирихле и Неймана для уравнений Лапласа и Пуассона, задачи Коши для волнового уравнения и уравнения теплопроводности.

Для магистратуры физического факультета преподаватели кафедры теоретической физики читают лекции и проводят семинары по курсам: «Квантовая физика», «Общая теория относительности», «Физическая кинетика».

Дисциплина «Квантовая физика» является одной из центральных на кафедре. Курс призван продемонстрировать все многообразие квантового мира: здесь объединяются все знания, приобретенные студентами при изучении квантовой механики, статистиче-

ской физики, методов математической физики. Целью курса является подробное ознакомление студентов с самыми яркими и характерными явлениями, в основе которых лежат принципы квантовой физики. Курс разделен на две части: «Микрофизика» и «Макрофизика».

Первая посвящена физике элементарных частиц и теории ядра (пространственно-временные масштабы взаимодействий, характерные константы связи, классификация мезонов и барионов как кварковых состояний, сохраняющиеся квантовые числа, изотопическая инвариантность, изомультиплеты, электромагнитные характеристики адронов, квантовая хромодинамика, асимптотическая свобода, непертурбативные эффекты в КХД, вакуум КХД, стандартная модель слабых и электромагнитных взаимодействий, нарушение CP-инвариантности).

«Макрофизика» включает в себя вопросы, посвященные квантовым эффектам в макроскопических системах: квантовое вырождение, квазичастицы, методы определения спектров элементарных возбуждений, бозе-жидкость, свойства сверхтекучего гелия-4, вихри в сверхтекучем гелии. Подробно разбираются вопросы, связанные с ферми-жидкостями, квантовые колебания решеток, эффект Мессбауэра. Большая часть курса посвящена теории сверхпроводимости (теория Гинзбурга–Ландау, теория Бардина–Купера–Шриффера) и связанным с ней явлениям (эффект Джозефсона), квантовым явлениям в магнитном поле и еще множеству вопросов, касающихся макроскопических квантовых явлений.

Кроме указанных выше курсов, преподаватели КТФ проводят спецкурсы на других кафедрах. Так, например, на кафедре элементарных частиц читаются курсы: «Физика элементарных частиц», «Квантовая электродинамика», «Атомное ядро», «Теория сильных взаимодействий», «Слабые взаимодействия».

Например, спецкурс «Атомное ядро» предназначен для ознакомления студентов кафедры физики элементарных частиц с основами современных представлений о структуре атомных ядер и методами ее исследования. Главной целью освоения дисциплины являются ознакомление с основными моделями, описывающими различные проявления структуры такой сложной квантовой системы многих тел, какой является атомное ядро, а также знакомство с основ-

ными методами исследования ядерной структуры. В задачи курса входит изучение:

– сильного взаимодействия нуклонов при низких энергиях и структуры простейшего ядра дейтрона;

– глобальных свойств общих для всех атомных ядер;

– оболочечной структуры ядер и ее наблюдаемых проявлений;

– процессов рассеяния электронов и нуклонов на ядрах, как методов исследования свойств атомных ядер.

Кроме физического факультета, кафедра теоретической физики проводит занятия на факультете информационных технологий. Программа обучения включает два семестровых курса: «Статистическая физика» и «Квантовая механика».

Заключение

Современная физика ставит перед исследователем все возрастающие по своей сложности задачи. Для их решения приходится применять еще более изощренные методы анализа, задействовать мощные математические методы, формулировать абсолютно новые понятия и концепции. На одну только специальную учебную подготовку будущего научного сотрудника уходит заметная часть его жизни. Успех на конечной стадии обучения, т. е. достижение «переднего края» исследований конкретной области современной физики, во многом зависит от наличия у студента мощного ядра базовых теоретических знаний – набора глубоких и ясных знаний обо всех физических понятиях и умения применять полученные знания к решению конкретных физических задач.

Изучение теоретической физики является неотъемлемым элементом программы подготовки физиков в Новосибирском государ-

ственном университете. Преподавание строится таким образом, чтобы студент получил все основные базовые знания по «жизненно важным» предметам, а также имел возможность более глубоко изучить понравившуюся область физики. Практически всегда конечным критерием оценки знаний студентов является их умение решать конкретные физические задачи. Опыт преподавания на кафедре теоретической физики показывает, что многочисленное решение задач, разбор множества примеров и контрпримеров, очерчивающих область применения тех или иных теорий, приводят в конечном счете к формулировке и кристаллизации абстрактных понятий и усвоению общности очень широкого круга физических явлений.

Благодаря работе преподавателей физического факультета НГУ, в частности кафедры теоретической физики, выпускники Новосибирского государственного университета становятся высококвалифицированными специалистами и ежегодно пополняют лаборатории институтов Новосибирского научного центра СО РАН и ведущие лаборатории по всему миру.

Список литературы

1. *Коткин Г. Л., Сербо В. Г.* Сборник задач по классической механике. М.: Наука, 1969.
2. *Зелевинский В. Г.* Лекции по квантовой механике. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2002.
3. *Хриплович И. Б.* Общая теория относительности. М.: РХД, 2000.
4. *Задачи по методам математической физики / И. В. Колоколов, Е. А. Кузнецов, А. И. Мильштейн, Е. В. Подвиллов, А. И. Черных, Д. А. Шапиро, Е. Г. Шапиро.* М.: Эдиториал УРСС, 2000.