

УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Мы умышленно включили в т. I больше материала по сравнению с обычным объемом обязательных лекций по общей физике для студентов первого курса. В Калифорнийском университете в Беркли содержание этого тома излагалось в 1963—1964 гг. в течение одного семестра, состоявшего из 15 недель, при трех лекциях и одном теоретическом семинаре в неделю, причем лекции и семинары имели продолжительность по 50 минут: Нашими студентами были первокурсники второго семестра, проходившие в течение предыдущего семестра математику, курс которой не был специально рассчитан на изложение всех математических вопросов, нужных для преподавания физики. Нижеследующие советы были сформулированы в результате нашего первого опыта преподавания по этой программе, сопровождавшегося широким общением преподавателей со студентами.

Важное условие, определяющее план изложения первой части нашего курса, посвященной механике, состоит в том, что *в этой части курса должны быть подробно изучены лоренцевы преобразования пространства и времени (гл. 11) и импульса и энергии (гл. 12) как необходимая предпосылка для изложения теории электричества и магнетизма в т. II.* По нашему мнению, прохождение курса должно достигнуть гл. 10 до того, как истекнут две трети всего учебного времени, даже если для этого придется пропустить кое-что из материала, находящегося в предыдущих главах.

Некоторые темы (например, волны и теплота), обычно излагаемые в первой части курса общей физики, были перенесены в тт. III и V. Дополнения к главам, а также математические дополнения не обязательны, за исключением тех случаев, где оговорено обратное. Большинство студентов прочтет заметки «Из истории физики», не дожидаясь специального указания преподавателя.

По нашим наблюдениям за восприятием материала студентами, особенно важным элементом успешного преподавания этого курса являются теоретические семинары. Возможно, что еженедельное проведение двух лекций с двумя семинарами для опроса студентов окажется более эффективным, чем система «три и один», которой мы придерживались. Лекции должны сопровождаться демонстрациями. Студенты высказывают мнение, что лекции должны не

повторять рассуждения учебника слово в слово, а излагать предмет другими словами, разъяснять и резюмировать материал.

Примеры, задачи и дополнения. В тексте разбирается много *примеров*; большинство из них необходимо для изложения курса, и их следует читать как часть текста. В конце каждой главы содержатся *задачи*, назначение которых состоит в том, чтобы дать студенту возможность практически применить те основные положения, которые рассматривались в этой главе. Обычно в начале каждой группы задач даются более легкие задачи. К значительной части задач даны ответы. *Дополнения* к главам подобраны так, чтобы ввести более успевающего студента в новые области физической науки или как-то иначе использовать методы, изложенные в главе.

Математические дополнения. Некоторые главы сопровождаются дополнительными данными по математике, назначение которых — помочь студенту разобраться в математических вопросах, возникающих в ходе изучения им физики, но еще не разобранных в курсах математики. Мы без колебаний рекомендуем студентам пользоваться математическими справочниками, стремясь таким образом уменьшить объем сведений по математике, даваемых в тексте.

Сведения из истории физики. Ко многим главам т. I даются небольшие заметки под заголовками «Из истории физики». Некоторые из них представляют собой отрывки из одной или двух оригинальных научных работ, содержащих первые открытия в данной области физики. Приводя эти отрывки, мы намеревались, прежде всего, показать, насколько ясность, энергия и смелость мысли характерны для великих открытий и исследований. Наиболее ясной работой в данной области обычно является первоисточник, и может оказаться, что он остается единственным материалом, позволяющим читателю уяснить себе мотивы нового подхода к изучаемому предмету. Смелость мышления, проявляющаяся как отсутствие боязни введения новых идей, играет исключительно важную роль в исследовательской работе. Другая наша цель состояла в том, чтобы побудить студента к ознакомлению с оригинальной литературой по физике.

Глава 1 (Введение). Эта глава является совсем легкой для чтения. Дополнение «Простая астрономия Солнечной системы» особенно интересно для студентов; его можно использовать вместо задач. Лектор может с пользой провести обсуждение вопросов порядка величин, начиная с атома и кончая Вселенной.

Глава 2 (Векторы). Эта глава также нетрудна для преподавания. В нее введены формулы для производных синуса и косинуса, так как они применяются в гл. 3. Преподавателю следует или договориться с кафедрой математики, чтобы эти формулы своевременно были объяснены студентам, или же дать это объяснение самому. Очень полезны лекционные демонстрации, иллюстрирующие, что силы и скорости складываются векторно, а также показывающие, что такое момент силы.

Глава 3 (Принцип относительности Галилея). В минимальном варианте программы не обязательно излагать теорию ускорения Кориолиса, рассматриваемую в дополнении к этой главе. При анализе частного случая — сил, действующих на материальную точку, покоящуюся относительно вращающейся системы отсчета, — надо вывести формулу центростремительного ускорения, которая используется ниже в нескольких местах этого тома. Хороший демонстрационный опыт состоит в том, что металлический шарик погружается в краску и затем проецируется через вращающийся диск с отверстиями.

Глава 4 (Простые задачи нерелятивистской динамики). Хотя рассматриваемые здесь вопросы элементарны, нельзя торопиться, излагая эту главу. Ее материал вызывает у части студентов значительные затруднения временного характера, потому что им почти впервые приходится применять математику к физике. Убедительным доводом в пользу раннего изложения этого материала является его значение для лабораторных работ по физике, проводимых в Калифорнийском университете. Поскольку в средней школе уже изучалось движение тел в поле сил тяготения, *следует обратить внимание студентов на аналогии* между этим движением и движением заряженных частиц под действием электрических и магнитных сил. Термин «поле» наводит на студентов панику, подобно термину «проза» при изучении родного языка. В минимальном варианте программы по механике нет надобности оперировать с комплексными числами. В лекционные демонстрации можно включить прямолинейное ускоренное движение, равномерное круговое движение, виды волн (пользуясь проекционным осциллографом) и качение колеса.

Глава 5 (Сохранение энергии). Материал этой главы совершенно стандартный. Различие между внешними силами и силами взаимодействия, т. е. внутренними силами, вначале может вызвать некоторое замешательство, которое устраняется путем решения нескольких задач на доске. В демонстрации входят пружины и маятники. Понятие об интеграле по контуру можно не давать.

Глава 6 (Сохранение импульса *) и момента импульса). Задачи на удар и на движение спутника заслуживают подробного обсуждения. Можно вывести уравнения Резерфорда для рассеяния частиц (их решение дано в гл. 15). Примеры из астрономии заинтересуют более любознательных студентов, однако в минимальной программе их можно не давать. В демонстрации входят игрушечные ракеты, баллистический маятник, скамья Жуковского.

Глава 7 (Гармонический осциллятор). Очень важны линейные задачи и, в частности, задача о вынужденных колебаниях гармонич-

*) Английский термин «momentum» (angular momentum) по своему смыслу может обозначать или «количество движения», или «импульс». Поскольку, однако, в английском языке нет эквивалента термину «количество движения» (все реже применяемому и у нас), то было принято решение при переводе настоящей книги всюду пользоваться термином «импульс». (Прим. ред.)

ческого осциллятора. Даже в объеме минимальной программы необходимо разобрать первый из трех примеров нелинейных задач, потому что он дает студентам понятие о том, как они могут оценить ошибки, обусловленные линеаризацией задачи о колебаниях маятника. Понятие о сдвиге фаз при вынужденных колебаниях гармонического осциллятора не сразу воспринимается большинством студентов. Здесь помогает хорошая лекционная демонстрация. Электрические аналогии плохо воспринимаются на этой стадии преподавания, и их, может быть, следовало бы оставить для лабораторных работ. В демонстрации входят гармонические колебания камертонов (следует усилить их, чтобы звук был хорошо слышен, а также показать форму волны на экране); вынужденные колебания груза на пружине; задаваемые генератором сигналов вынужденные электрические колебания контура, состоящего из сопротивления, индуктивности и емкости; прибор Прингсхейма; колебания связанных осцилляторов.

Глава 8 (Элементарная динамика твердых тел). В курс, преподаваемый по минимальной программе, эту главу можно не включать. В демонстрации входят: гироскоп, ядерный магнитный резонанс или электронный парамагнитный резонанс и опыты с колесом и осью.

Глава 9 (Силы, действующие по закону обратных квадратов). Задачу о планетных орбитах легко можно изложить в том виде, как она дана в тексте. Это классическая задача классической механики. Ее следует пропустить, если уже использованы две трети всего учебного времени. В демонстрации входят: опыт Кэвендиша; движение массы на пружине по горизонтальной траектории с уменьшающимся радиусом; иллюстрация динамического метода определения положения центра масс с помощью вращения гантели, представляющей собой модель системы Земля — Луна.

Глава 10 (Скорость света). Эта глава предназначена главным образом для самостоятельного чтения. Не надо уделять чрезмерное внимание обсуждению эффекта Доплера. В задачах делается упор на астрономические явления. Целесообразно продемонстрировать опыт по определению скорости света; если возможно, то эффект Доплера по Мёссбауэру; показать интерферометр.

Глава 11 (Преобразование Лоренца для длины и времени). Эта глава особенно важна. Преподавать ее оказалось неожиданно легко. Следует уделить время решению ряда задач. Кратко напомните сказанное в гл. 3 (и гл. 4) о преобразованиях координат. Постоянно подчеркивайте инвариантность величины c . Разберите опыт Айвса и Стилуэлла.

Глава 12 (Релятивистская динамика. Импульс и энергия). В гл. 12 и 13 даются наиболее важные результаты специальной теории относительности. Заметка «Из истории физики» о соотношении между массой и энергией независима от содержания главы и легко воспринимается. Обсудите на семинаре устройство отклоняющих систем для пучков заряженных частиц и эксперименталь-

ные детали опытов Бухерера по поперечному импульсу; покажите диапозитивы со снимками пузырьковой камеры.

Глава 13 (Простые задачи релятивистской динамики). Рассматриваемые задачи несложны, и их решение поможет студенту освоиться со специальной теорией относительности.

Глава 14 (Принцип эквивалентности). Особых трудностей здесь нет. Обсудите на семинаре детали опыта Паунда и Ребки.

Глава 15 (Частицы современной физики). Краткое обсуждение основных фактов о наиболее важных частицах.

Об экзаменах. Необходимо дать студентам точные указания о том, какой материал требуется знать на экзаменах; иначе они могут растеряться из-за обилия вспомогательных данных, приведенных в тексте. Некоторые разделы этого курса менее знакомы студентам и могут показаться им более трудными, чем вопросы, проходимые также во многих элементарных курсах. Это надо учесть на экзаменах, делая больше упор на простые, чем на сложные и запутанные вопросы, потому что даже экзамен имеет целью обучение физике, а не испытание сообразительности студента *).

УКАЗАНИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Первый год изучения физики в высшей школе является, пожалуй, наиболее трудным. В течение этого года излагается гораздо больше новых идей, представлений и методов, чем на последующих курсах. Студент, четко усвоивший основы физики, изложенные в этом первом томе, даже если он еще не в состоянии свободно применять их в сложных случаях, может считать, что оставил позади себя большинство трудностей, возникающих при изучении этого предмета.

А что делать тому студенту, которому трудно дается решение задач и понимание различных разделов этого курса даже после того, как он прочитал текст дважды? Во-первых, ему надо вернуться к ранее пройденному и вновь прочитать соответствующие места в своем школьном учебнике физики, а также углубленно проработать учебник, выпущенный комитетом содействия изучению физики **). Затем, ему полезно почитать какую-либо из многих книг на уровне курса физики для высшей школы, которые проще и элементарнее, чем наш курс; особое внимание он должен обратить на упражнения, даваемые в этих учебниках.

*) Последний тезис, по-видимому, является спорным, так как многие считают, что обучение физике складывается из всестороннего содействия накоплению знаний и, что не менее важно, развитию у студентов физического образа мышления, который можно назвать специфическим видом «сообразительности». (Прим. ред.)

***) «Физика», пер. с англ. под ред. А. С. Ахматова, «Наука», 1965. (Прим. ред.)