

УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Для усвоения основных разделов II тома вполне достаточно 14- или 15-недельного семестра. Это значит, что студент, проработавший I том, в состоянии тщательно изучить основной материал, прочесть, не очень торопясь, остальные разделы текста и изучить по крайней мере одну или две специальные темы, помещенные в задачах. Но при этом необходим разумный отбор и планирование материала. Полный объем курса превышает число тем, которые можно тщательно изучить в течение одного семестра. Ряд разделов можно и даже нужно пропустить при первом чтении или изложить только факультативно. Ниже мы укажем некоторые разделы, которые являются более или менее необязательными. Мы говорим «более или менее», так как окончательное решение предоставляется преподавателю, которому известны возможности и интересы студента и время, которым он располагает.

З а д а ч и. Число предложенных задач значительно превышает возможности любой группы студентов. Задачи разделены на две категории. Задачи в конце каждой главы относятся непосредственно к изложенному в ней материалу и являются обязательными упражнениями. Если студент затрудняется в решении одной из них, значит, он не проработал этого раздела курса. Список задач для каждой главы продолжен в конце книги в разделе «Дополнительные задачи и вопросы». Хотя различие между обеими группами задач не всегда велико, но в основном дополнительные задачи имеют более общий характер и обычно более интересны, чем те, которые приведены в конце главы. Некоторые из них содержат новые варианты применения законов физики или даже новые темы. Иногда в одной из задач с помощью наводящих указаний и обсуждения приводится доказательство, опущенное в тексте. Эти задачи и вопросы преследуют несколько разных целей. Они дают возможность лучшим студентам обдумать некоторые вещи и помогают представить, даже если их просто прочесть, не решая, огромный диапазон приложения изучаемых идей. Некоторые задачи могут также служить отправными точками для рассмотрения специальных проблем. (Примером такой задачи может служить задача 4.25 о диоде с ограничением по

пространственному заряду.) Полезно во время лекций иногда решать две или три такие задачи для студентов. «Дополнительные вопросы» можно также использовать перед началом обсуждения какого-нибудь раздела.

Демонстрации к лекциям. Лекционные демонстрации совершенно необходимы. Ни одна книга не может дать студенту полного представления об электричестве и магнетизме. Книги слишком теоретичны, особенно в отношении проблем, где возможно красивое и логическое изложение. Данная книга не исключение. Студентам необходимо держать в руках магниты, наматывать катушки, производить разряды, видеть очень чувствительные электрические и другие точные приборы. Они должны ощутить действие как мегаватта, так и микроватта. Берклеевская лаборатория не полностью удовлетворяет потребностям курса, и нужно использовать любые другие возможности для введения студента в мир, где электрическое поле является не символом, а реальностью, действия которой легко ощутить.

Экзамены. Ряд проблем в книге рассматривается на довольно высоком уровне. Мы надеемся, что для студентов это будет полезно. Однако не следует поддаваться искушению экзаменовать студентов на таком уровне. Наш опыт показывает, что наилучшими экзаменами являются сравнительно простые.

Глава 1 (Электростатика). Это — прямое изложение основных идей. Материал довольно сухой, поэтому он должен с самого начала сопровождаться демонстрациями по электростатике.

Необязательный раздел 1.6.

Глава 2 (Электрический потенциал). В этой главе мало нового материала, но зато вводится ряд новых математических понятий. Приведенный материал следует прорабатывать тщательно, сообразуясь, в отношении темпа, со способностями и подготовкой студентов.

Весь материал этой главы рано или поздно понадобится. Операция ротора, однако, до гл. 6 будет применяться редко. Если нужно допустить некоторое уменьшение математической нагрузки, то до гл. 6 можно отложить и чтение разделов от 2.15 до 2.18. Необходимо, чтобы студенты интуитивно чувствовали природу дивергенции и ротора. В тексте предусмотрена некоторая помощь студентам в самостоятельной проработке курса, например, рис. 2.32 и 2.34 и несколько специальных упражнений, но этим нельзя заменить устного изложения, черчения на доске и живого обсуждения.

Необязательных разделов нет.

Глава 3 (Электрические поля вокруг проводников). Эту главу можно прочесть довольно быстро. Введенный в ней плоский конденсатор будет часто встречаться дальше. Некоторые важные идеи возникают в связи с теоремой единственности, нетривиальность которой выявляется лучше всего при обсуждении. Введение метода релаксации и вариационного метода для решения краевой задачи

электростатика не совсем обычно на этом этапе, но для студентов интересны именно эти методы, являющиеся более полезными и поучительными, чем традиционные трюки с «мнимыми изображениями». Однако весь этот раздел (3.8) можно безнаказанно пропустить, так же как раздел 3.6, в котором вводятся коэффициенты емкости и где на конкретном примере показано, как описываются линейные системы в общем виде. В этой главе недостает сведений о практических измерениях электрических полей или потенциалов (или экспериментов с полями) и описания приборов — электроскопов, электростатических вольтметров и т. д. Этот недостаток должны возместить лекционные демонстрации и лабораторные работы.

Необязательные разделы: 3.6, 3.8.

Глава 4 (Электрические токи). Представление об объемной плотности тока было введено выше, так же как микроскопическая картина переноса заряда ионами. Область физики, подчиняющаяся закону Ома, изучается здесь с помощью классической модели Друде — Лоренца. Этот материал (раздел 4.4) можно рассмотреть достаточно глубоко, если позволяет время. Последующее изложение с ним не связано, но физика этого раздела важна сама по себе, и студент должен по крайней мере прочитать весь материал. Рассмотрение постоянного тока сводится к напоминанию основных законов. Его легко продолжить в нужных направлениях с помощью примеров и задач. Студенты в Берклеевской лаборатории делают практические работы с различными цепями тока задолго до изучения этой главы.

Необязательные разделы: 4.5, 4.6, 4.10.

Глава 5 (Поля движущихся зарядов). После изучения I тома и практических работ в лаборатории студент уже знает о существовании магнитного поля и силы $q(\mathbf{v}/c \times \mathbf{B})$, действующей на движущийся заряд. Желательно восстановить все это в памяти к началу чтения главы.

Перед рассмотрением раздела 5.3 следует показать простые явления магнитного взаимодействия и, особенно, силы, действующей между параллельными токами. В этой главе студент рассматривает магнитные взаимодействия с новой точки зрения. Основным физическим фактом является инвариантность заряда. Чтобы оценить этот факт, следует дать тщательное определение величины заряда в системе с движущимися зарядами.

Основной целью главы является внесение полной ясности в представление об электрическом поле заряда, движущегося с постоянной скоростью. Это достигается преобразованием электрического поля к движущейся системе координат. Здесь необходимо подробное обсуждение понятия поля. Пока студент не поймет доказательства в разделе 5.5, он будет относиться с недоверием к выводу основного закона преобразования, который будет ему казаться отвлеченным частным случаем. Электрическое поле релятивистской частицы оказывается интересной неожиданностью для большинства студентов — даже для наиболее рассудительных, которые скорее ожидают «запа-

звывающего» поля. Теперь для изложения проблемы излучения требуется только небольшое отступление и, хотя мы оставили этот вопрос до III тома, можно в этом месте показать студентам, как возникает синхротронное и тормозное излучение (см. задачу 5.8). Материал раздела 5.8, изложение которого занимает довольно большое время, можно значительно сократить, если студенты изучали преобразование сил в I томе, гл. 12. В последнем разделе появляется сила, зависящая от скорости. Подробности вычислений менее важны, чем понимание идей вывода. Здесь следует подчеркнуть простоту и точность результата.

Необязательных разделов нет.

Глава 6 (Магнитное поле). Снова рассматривается понятие магнитного поля \mathbf{B} и демонстрируются его источники. Интегральное соотношение $\int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 4\pi I/c$, выведенное для прямых нитей тока, просто постулируется для постоянных токов вообще. (Дальнейшее рассмотрение этого вопроса привело бы нас к ускоренно движущимся зарядом.) В этой главе мы вводим, по ряду причин, векторный потенциал. Здесь и позже, в гл. 10, даны простые применения этого понятия. Любой студент, занимающийся физикой, должен познакомиться с ним. Несмотря на то, что в тексте этот вопрос не поднимается, преподавателю следует указать на различие между осевым и полярным вектором, и мы рассматриваем поля \mathbf{E} и \mathbf{B} в веществе в соответствии с существенным различием в симметрии между источниками электрического и магнитного полей. Однако основной упор в этой главе должен быть сделан на само магнитное поле. Законы преобразования для полей в вакууме, которые теперь получаются вполне естественно, можно проиллюстрировать с помощью нескольких примеров. Например, рекомендуется проработать и обсудить со студентами задачу 6.15. Разделы 6.8 и 6.9 необязательны (однако первый параграф раздела 6.9 может помочь разъяснению важного пункта), и их можно рекомендовать для дополнительного чтения.

Необязательные разделы: 6.8, 6.9.

Глава 7 (Электромагнитная индукция и уравнения Максвелла). Перед этой главой следует показать несколько опытов. Эквивалентность, обсуждаемую в разделах 7.2, 7.3 и 7.4, можно сделать совершенно очевидной с помощью чувствительного баллистического гальванометра, движущихся катушек и магнитов. (Не останавливайтесь перед введением постоянных магнитов, несмотря на то, что в тексте о них не упоминается до гл. 10!) В этой главе нет специальных задач, но возможности для демонстрации явления индукции беспредельны. В двух местах наше изложение может показаться поверхностным и поспешным:

1) Раздел 7.8, где рассмотрены затруднения с самоиндукцией. Из-за них мы сначала ввели понятие о взаимной индукции.

2) Раздел 7.12, где обсуждается роль тока смещения. Наш опыт показывает, что эти вопросы, небрежно рассмотренные, возможно,

будут беспокоить вдумчивого студента; следовало бы уделить им больше внимания. Как только студенты познакомятся с уравнениями Максвелла, трудно избавиться от искушения сообщить им об электромагнитных волнах, и в последней части раздела 7.13 мы несколько вторгаемся в область III тома.

Необязательные разделы: 7.7, последняя часть 7.13.

Глава 8 (Цепи переменного тока). В этой главе рассматриваются только элементарные основы теории переменного тока. Надеемся, что это скромное введение дополнит практические знания студентов, полученные в лаборатории.

Упражнения с комплексными числами подготовят студента для работы над III томом. Преподаватель, если позволит время, может расширить это изложение, воспользовавшись соответствующими разделами. Он может пропустить эту главу, если его студенты собираются изучать цепи переменного тока более подробно в курсе электротехники. В этом случае раздел 8.1 должен изучаться как часть гл. 7, где он логически следует за разделом 7.10.

Необязательных разделов нет (или можно отказаться от всей главы, за исключением раздела 8.1).

Глава 9 (Электрические поля в веществе). При отсутствии тщательного плана на гл. 9 и 10 может остаться мало времени. Для чтения этих двух глав по расписанию предназначается больше одной пятой части времени — три или лучше четыре недели из семестра в 14 недель. Здесь нашей основной целью является познакомить студента с электрическим строением вещества; формальная теория макроскопического поля стоит на втором плане. Если остается мало времени, можно отказаться от классического примера диэлектрического шара в пользу наведенных и постоянных молекулярных диполей (длинный раздел 9.13, однако, следует пропустить при первом чтении, рекомендуя его только хорошо подготовленным и интересующимся студентам). Необходимо как можно больше использовать знания студентов по химии, как бы скромны они ни были. Этот раздел курса в равной мере нужен физикам и химикам, а его основы имеют большое значение для будущих специалистов по молекулярной биологии и физиологов. Используйте его в духе Дебая!

Необязательные разделы: 9.6, 9.10, 9.11, 9.13, 9.17.

Глава 10 (Магнитные поля в веществе). Эта глава требует несколько меньше времени, чем предыдущая гл. 9, несмотря на то, что, как и последняя, открывает много возможностей для знакомства студентов с рядом чрезвычайно интересных явлений. Если у преподавателя мало времени, можно перед подробным классическим анализом диамагнетизма, приведенным в разделе 10.5, начиная с уравнения (23), изложить только результаты разделов 10.3 и 10.4, не касаясь выводов. Можно также сэкономить время на вопросе о макроскопических полях в веществе, к которому студент может вернуться несколько позднее, когда ему непосредственно понадобятся такие поля. Наша трактовка макроскопического магнитного поля проводится параллельно изложению вопроса

об электрическом поле в гл. 9. В обоих случаях мы избегаем использования гипотетических «полостей». Сводка основных определений на рис. 10.19 должна помочь преподавателю организовать свое изложение.

Е д и н и ц ы. В большей части этой книги мы пользуемся гауссовской системой единиц СГС и, где необходимо, практическими единицами (вольт, ампер, кулон и ом). Мы избегаем введения *абсолютного ампера*, в наших основных единицах ток измеряется в ед. СГСЭ_q/сек. Первичным магнитным полем является **В**. Оно измеряется в гауссах, и мы не называем его магнитной индукцией. В приложении даны соотношения между единицами международной системы СИ и применяемыми нами единицами, а также приведена таблица основных физических постоянных.