

Предисловие

Предлагаемое вниманию читателей учебное пособие по физике (с использованием элементов математического анализа) предназначено в качестве вводного для студентов, специализирующихся в области физики, других естественных, а также технических наук. Я стремился к тому, чтобы книга была легко читаема, доступна и интересна студентам и в то же время охватывала материал достаточно полно. При этом основное внимание уделялось тщательному и детальному изложению физических законов, а также решению задач.

Разумеется, в настоящее время уже существует немало хороших учебников по физике. Зачем понадобился еще один? Основная причина состоит в том, что первокурсные учебники, охватывающие все разделы физики, написаны обычно сухо и формально, а это затрудняет их изучение студентами. Таким учебникам, как правило, недостает легкости и свежести. Обычный подход состоит в том, что все темы сначала излагаются формально и абстрактно и лишь впоследствии (да и то не всегда) авторы возвращаются «на землю» и связывают материал с имеющимся у студентов опытом. По-видимому, такой подход привлекателен благодаря своей элегантности, но это может замедлить процесс познания для студентов (за исключением, быть может, лучших). Мой же подход состоит в признании того, что физика представляет собой описание реально происходящих явлений, и поэтому изложение каждой темы начинается с конкретных опытов и наблюдений, которые, без сомнения, знакомы студенту. Затем читателю предлагается более формальное и абстрактное изложение. Дело не только в том, что благодаря этому материал становится интереснее и проще для восприятия; главное, что такой способ изложения лучше отражает действительный ход развития физики. Например, исторически мы не начинали с общей формулировки второго начала термодинамики и последующего извлечения из него разнообразных следствий; напротив, сам этот закон возник как итог обобщения совокупности наблюдаемых явлений. Тем не менее многим учебникам по физике свойственно излагать материал в обратном порядке. Я постарался избежать подобного догматического подхода, при котором сначала формули-

руются в готовом виде законы физики и лишь затем описываются следствия из них; наоборот, физические законы в книге рассматриваются как обобщения конкретных наблюдений.

Я стремился также избежать излишнего педантизма и строить изложение ясно и лаконично, не допуская распространённой ошибки, состоящей в излишнем акцентировании мелких, подчас несущественных деталей, что сбивает студентов с толку. Однако я следил за тем, чтобы отдельные темы не «повисали в воздухе» и не вызывали недоуменных вопросов о том, для чего их следует изучать. Поэтому всюду объясняется важность и значение каждой темы, и все темы доводятся по возможности до своего логического завершения. Например, мы изучаем статические силы в структурах отчасти и потому, что реальные вещества обладают как упругими свойствами, так и хрупкостью, вследствие чего они могут разрушаться; именно поэтому в главе, посвящённой статике, мы рассматриваем как упругие свойства вещества, так и его разрушение. Здесь следует упомянуть о нескольких исключениях: очень небольшое количество тем изложено только весьма кратко и не получило дальнейшего развития (например, уравнения Максвелла в дифференциальной форме). В этих немногих случаях цель состояла лишь в ознакомлении студентов с подобными темами. Если в дальнейшем им придется встретиться с ними, они уже не проявят полного незнания. Более развернутого изложения не могло бы быть дано здесь на соответствующем уровне, так как сделало бы книгу слишком громоздкой.

Я придерживался более или менее традиционного порядка следования тем, хотя и допускал значительную вольность в этом порядке. Книга начинается с изложения механики (гл. 1–14), в том числе механики жидкостей и газов; затем следуют волны (гл. 15–16), кинетическая теория газов и термодинамика (гл. 17–21), электричество и магнетизм (гл. 22–33) и оптика (гл. 34–38). Закljučают книгу пять глав, посвящённых современной физике: специальной теории относительности (гл. 39), квантовой теории и атомной физике, в том числе физике лазеров и физике конденсированного состояния (гл. 40–41), ядерной физике (гл. 42) и, наконец, элементарным частицам (гл. 43); в эту последнюю главу вошло краткое обсуждение кварков, чарма, квантовой хромодинамики (КХД), а также «стандартной модели» (эволюции Вселенной) и теории Большого объединения. Вопросы современной физики излагаются на не слишком сложном уровне (в целом соответствующем принятому в книге) и по необходимости кратко. Я надеюсь, что читатель найдет в этих главах достаточно материала для того, чтобы у него «разыгрался аппетит» и он попробовал «на зуб» то, чем занимается современная физика. Разумеется, основное

внимание в этой книге уделено тем 38 главам, в которых излагается классическая физика.

То, что курс по традиции начинается с механики, представляется вполне оправданным, поскольку механика была исторически первым разделом физики и содержит в себе очень много общефизических понятий. Существуют различные способы расположения отдельных тем внутри этого раздела, и мы не настаиваем на обязательном точном следовании порядку глав, принятому в данной книге. Например, статику можно изучать как до, так и после динамики. Одна из причин выбранного здесь расположения состоит в том, что автору из собственного опыта преподавания известно, как трудно дается студентам понятие силы в отсутствие движения. И лишь после того, как они поймут связь между силой и движением, в том числе третий закон Ньютона, им, по-видимому, будет проще разобраться и в задачах статики, где имеются силы, а движение отсутствует. Кроме того, более позднее изложение статики обладает еще одним преимуществом: к этому времени студент уже полностью осваивает понятие момента силы, столь важное для задач статики и трудное для понимания, когда движение не рассматривается. Наконец, статика является по существу частным случаем динамики, и мы строим ее изучение на том, что статическая система становится тогда, когда ей что-либо мешает остаться динамической (например, препятствует падению тела). Тем не менее посвященная статике гл. 11 написана так, что при желании ее можно изучить и перед динамикой, а именно сразу после краткого знакомства с векторами.

Еще один пример свободы в выборе порядка изложения представляют собой главы о свете. В нашей книге они, как это стало общепринятым, помещены следом за главами, посвященными электричеству и магнетизму, а также электромагнитным волнам. Однако можно было бы поместить главы о свете сразу за главами, посвященными волнам и звуку (гл. 15 и 16), — тем самым все сведения о волнах различной физической природы были бы собраны в одном месте. Еще одним примером подобного рода служит специальная теория относительности (гл. 39), следующая за электромагнитными волнами и светом. Можно было бы, однако, с неменьшим основанием поместить эту главу и в механику (например, после гл. 8), поскольку почти все содержание гл. 39 (за исключением факультативного раздела 39.2) опирается на материал, изложенный в гл. 8.

Много внимания уделяется в данной книге решению задач. В нескольких местах в начале книги, в особенности в разд. 2.7, 4.8 и 4.10, даются развернутые рекомендации по решению задач, помогающие находить «подходы» к ним. Наиболее содержательным из этих разделов является 4.10; к этому времени студент уже приобретает неко-

торый опыт (не всегда вполне успешный) в обращении с задачами и, по нашему мнению, будет заинтересован во внимательном изучении этого раздела. Разумеется, в том случае, если преподаватель сочтет нужным, раздел. 4.10 может быть изучен и значительно ранее.

В книге подобрано значительное число детально разобранных примеров и задач, охватывающих широкий круг вопросов не только из области физики, но также из техники, других наук и повседневной жизни; автор надеется, что они будут более интересны студентам, чем это бывает обычно в подобных курсах. Около 2000 задач распределены по разделам и классифицированы по степени трудности на три группы. Задачи, относящиеся к группе I (низший уровень), являются простыми (как правило, они решаются простой подстановкой в соответствующие формулы) и призваны дать студенту возможность убедиться в своих знаниях, а иногда служат для иллюстрации несложных, но интересных или практически полезных вопросов курса. Задачи, относящиеся к группе II (средний уровень) – это обычные («нормальные») задачи, требующие определенного размышления и, как правило, комбинированного применения двух или более понятий. Наконец, задачи, относящиеся к группе III (высший уровень), являются наиболее трудными. Расположение задач в том или ином разделе означает, что для их решения требуется лишь знание материала вплоть до данного раздела включительно; в этих задачах (особенно в группах II и III) нередко приходится использовать материал предшествующих глав и разделов. Однако следует заметить, что ранжирование задач по степени трудности и их распределение по группам I, II и III являются неизбежно субъективными и должны рассматриваться лишь как условные. Задачи группы II охватывают очень широкий диапазон по степени трудности, тогда как задачи группы III могут представить затруднения даже для наиболее успевающих студентов. Мы рекомендуем внимательно проверить уровень задач этой группы, прежде чем включать их в регулярное домашнее задание. В конце каждого тома приведены ответы к задачам с нечетными номерами. Каждая глава содержит также определенное количество вопросов (общим числом около 1200), требующих устных ответов. Во всей книге систематически используется система единиц СИ; единицы британской системы лишь определены, но нигде не используются. Во многие главы включено ограниченное число задач, требующих программируемого калькулятора (или компьютера); например, к их числу относится обсуждение в разд. 2.10 процедуры численного интегрирования.

Предполагается, что читатели уже освоили математический анализ (или делают это одновременно с чтением этой книги). Понятие производной вводится впервые в конце гл. 2, посвященной кинематике, в качестве факульт-

тативного материала. Его освоение вполне можно отложить, например, до момента ознакомления с понятием интеграла в гл. 6, посвященной работе и энергии. Вообще математический анализ, особенно вначале, используется весьма постепенно и в небольших дозах. Изложение каждой темы во всей книге начинается, как правило, на достаточно элементарном уровне, что доступно для понимания большинству студентов с различным уровнем подготовки. Математическая строгость, соответствующая этому уровню, достигается обычно довольно быстро; для наиболее успевающих студентов введены дополнительные (факультативные) темы и разделы (отмеченные звездочкой), а также некоторое число весьма сложных задач, относящихся к группе III (см. выше). Математические понятия вводятся там, где они впервые применяются: производная и интеграл, как уже отмечалось, — соответственно в гл. 2 и 6, векторное сложение — в гл. 3, скалярное и векторное произведения — соответственно в гл. 6 и 10 и т.д. Я полагаю, что такой подход более предпочтителен, чем, например, насыщение математикой в гл. 1, поскольку он стимулирует студента к изучению данного математического понятия и наглядно поясняет, почему оно определяется именно так, а не как-либо иначе. Несколько тем общего характера (например, анализ размерностей и оценка по порядку величины) приведены в гл. 1 с тем, чтобы привлечь к ним внимание и не «закопать» в какой-либо более или менее произвольной части книги; впрочем, они могут быть изучены и позднее, когда в этом возникнет необходимость.

Эта книга содержит в себе большой материал, который вряд ли можно изучить в нормальном темпе в рамках, например, годового курса; тем не менее его все же нетрудно адаптировать для целей такого курса. Так разделы, обозначенные звездочкой, можно рассматривать как необязательные (факультативные). В этих разделах содержится материал, обычно не излагаемый в курсах подобного уровня и связанный либо с более сложной физикой, либо с интересными приложениями. Эти разделы не содержат материала, необходимого для чтения дальнейших глав (кроме, разумеется, факультативных разделов в них). Отсюда, впрочем, не следует, что строго необходимо изучать все разделы, не отмеченные звездочкой; в выборе материала сохраняется достаточная гибкость, соответствующая интересам студентов и преподавателей. Для сокращенного курса, помимо факультативных разделов, можно опустить значительные части некоторых глав (или целиком главы). К ним относятся гл. 10 (кроме разделов 10.1 и 10.2), 11–13, 23, 31, 32, 39–43, а также отдельные разделы гл. 8, 16, 27, 29, 33, 35–38. Темы, не изучаемые в аудитории, могут быть прочитаны студентами самостоятельно, и потому эта

книга представляет собой ценное справочное пособие благодаря своему широкому охвату материала.

Я убежден, что необходимо уделять значительное внимание деталям, особенно при получении важного результата. Как при качественном обсуждении, так и в ходе математического вывода я стремился к сохранению всех его этапов; при этом, однако, студенту не придется утратить в деталях, рискуя упустить понимание вопроса в целом. Моя цель состояла в том, чтобы указать, какие выражения носят общий характер, а какие таковыми не являются, и четко установить границы применимости важных соотношений, что указывается в квадратных скобках (рядом с самим соотношением), например:

$$x = x_0 + v_0 t + (1/2) a t^2 \quad [\text{постоянное ускорение}].$$

Большинство студентов испытывают трудности при изучении вращательного движения. В качестве примера внимания к деталям (хотя, строго говоря, это отнюдь не «деталь») укажем на то, что автор тщательно проводил различие между радиус-вектором r материальной точки и расстоянием от этой точки до оси (по перпендикуляру к ней), обозначаемым специально прописной буквой R . Это различие (особенно существенное для понятий момента силы и момента импульса) часто недостаточно разъясняется в других книгах; иногда для обеих величин используется одно и то же обозначение r , что может лишь привести к запутыванию студентов. Кроме того, мы начинаем изучение вращательного движения с более простого частного случая вращения вокруг оси (гл. 9); для этого случая вводится момент импульса и кинетическая энергия вращения. Лишь в гл. 10 рассматривается более общее вращение вокруг неподвижной точки, и этот более сложный материал может быть при желании опущен (за исключением разделов 10.1 и 10.2, посвященных векторному произведению и вектору момента силы относительно точки).

Несколько необычно изложение материала в гл. 29, посвященное источникам магнитного поля. Здесь в рамках одной главы рассматриваются магнитные поля, обусловленные электрическими токами (в том числе законы Ампера и Био–Савара), а также магнитные поля в веществе (ферро-, пара- и диамагнетизм). При таком изложении достигается большая ясность, краткость и в то же время полнота изложения темы. Другим примером может служить рассмотрение вопроса о консервативных силах и сохранении энергии в гл. 7 – тщательное, но без обычно присущего изложению этого вопроса затуманивания сути; в частности, явно показано, почему для работы консервативных сил имеет место равенство $W_{1 \rightarrow 2} = -W_{2 \rightarrow 1}$. В гл. 18 приведено описание процесса диффузии; несмотря на важность этого вопроса, он редко рассматривается в книгах подобного уровня. Заметим,

что нам удалось не только найти более простой и ясный подход, чем в книгах более высокого уровня, но и дать описание собственно процесса диффузии, а не самодиффузии.

Я хотел бы поблагодарить многих людей, которые различными способами помогали улучшить эту книгу. Среди тех, кто прочел рукопись и сделал много очень существенных замечаний, — профессора Джеймс Б. Герхарт, Эдвард Ф. Гибсон, Роберт Б. Холлок, Гордон Е. Джонс, Террилл В. Маес, Майкл А. Моррисон, Эдвард Б. Нельсон, Норман Пирлмен, Шеридан Саймон, Гилберт Х. Уорд и Томас Х. Вуд. Особую благодарность я выражаю Джону Хайлброну, сделавшему ценные замечания по удивительной истории нашей науки. Большой благодарности заслуживают также профессора Ричард Маррус и Говард Шугарт за многочисленные полезные обсуждения, а также за гостеприимство, оказанное ими в Калифорнийском университете (Беркли). В заключение хотелось бы поблагодарить многих сотрудников издательства «Прентис-Холл», принимавших участие в работе над книгой, в особенности Логана Кэмпбелла, Дуга Хэмфри, Линду Михатов, Джанет Шмид, а также терпеливого и четкого в своих требованиях редактора Рэя Маллани. Ответственность за все ошибки лежит, разумеется, полностью на мне; все замечания и поправки будут приняты с благодарностью.

Дуглас К. Джанколи