

ВВЕДЕНИЕ

Обзор квантовой физики

1. В этой части курса мы будем изучать физику атомов, ядер и элементарных частиц. При этом мы познакомимся с неизвестными нам еще свойствами природы, а именно с *квантовыми явлениями*. Поэтому настоящий том назван *квантовой физикой*. Современная математическая теория квантовых явлений носит название *квантовой механики*.

«Квантовую физику» не следует считать изолированной частью физики, не связанной с макроскопическим миром. В действительности она охватывает всю физику, и ее законы в том виде, как они известны теперь, являются наиболее общими законами природы.

2. В предыдущих томах Берклеевского курса мы изучали физические явления макромира. Законы природы, с которыми мы там познакомились, относятся к *классической физике*. В общем, можно сказать, что классическая физика имеет дело с явлениями, где вопрос о микростроении вещества не играет большой роли. В этом томе мы специально займемся изучением элементарных частиц и рассмотрим законы, объясняющие их свойства. Наше внимание мы, естественно, обратим к тем явлениям, в которых действие этих законов выявлено наиболее ясно. Это означает, что мы будем рассматривать лишь ситуации, в которых участвует небольшое число частиц. Таким образом, большая часть рассматриваемых в этой книге явлений относится к *микрофизике*.

Зная законы, управляющие поведением элементарных частиц, мы можем в принципе предсказать поведение макроскопических систем, которые состоят из очень большого числа таких частиц. Это означает, что законы классической физики следуют из законов микрофизики, и поэтому квантовая механика является основой для понимания как микромира, так и макромира.

3. Когда мы применяем законы классической физики к макроскопическим системам, то пытаемся описать лишь глобальные свойства таких систем. Нас интересует, например, движение твердого тела как целого, но мы отвлекаемся от движения элементарных частиц, из которых оно состоит. Такова характерная особенность классических теорий: применяя их к макросистемам, мы игнорируем тонкие детали поведения последних и не делаем попыток рассмотреть все аспекты ситуации.

Таким образом, законы классической физики имеют приближенный характер. Они являются предельным случаем более мощных и общих законов квантовой физики.

Иными словами, классические теории являются феноменологическими теориями. Такая теория описывает и обобщает экспериментальные данные в определенных областях физики. Феноменологические теории не претендуют на объяснение всех явлений в физике, но хорошая феноменологическая теория должна очень точно объяснить все явления в своей ограниченной области применения. Философски настроенный читатель, возможно, скажет, что, в сущности, любая физическая теория является «феноменологической» и различие между «фундаментальной» и «феноменологической» теориями есть всего лишь вопрос подхода. Как физики, мы ясно ощущаем, однако, различие между обоими типами теорий. Фундаментальные законы природы отличаются большой общностью, их применимость не знает исключений. Мы рассматриваем их как универсальные и точные, пока эксперимент не докажет нам противного. Что касается законов, полученных из феноменологической теории, то мы с самого начала не считаем их универсальными; мы знаем, что они годятся (т. е. достаточно точны) лишь для ограниченной области явлений и за ее пределами могут полностью потерять свое значение.

4. Не следует, конечно, уменьшать значение феноменологических теорий. Они служат очень полезной цели — обобщают наш опыт в различных областях физики. Во многих случаях мы считаем, что располагаем теорией, основанной на фундаментальных законах, но явление настолько сложно, что точные предсказания с помощью такой теории оказываются весьма затруднительными. В подобных случаях мы обращаемся к упрощенной феноменологической теории, основанной частично на прямых экспериментальных фактах, частично на основных принципах фундаментальной теории. Иными словами, мы даем возможность самой физической системе выполнить часть теоретической работы. Кроме того, в физике возможна и такая ситуация, когда нам неизвестны фундаментальные законы. В этом случае любая феноменологическая теория (основанная на простой модели), которую мы способны построить, может оказаться путеводной нитью в поисках более мощной теории.

Когда мы пытаемся понять непривычное физическое явление, то весьма полезно сначала прибегнуть к наиболее простому — к теории или модели, которые уже себя оправдали в аналогичной ситуации. Если наша модель окажется подходящей, то мы чему-то научимся, если же она не годится, то и в этом случае мы чему-то научились.

Важно помнить, что модели — это только модели и что вся физика не описывается единственной моделью.

5. Часто говорят, что открытие квантовой механики привело к «революции» в физике. Это драматическое выражение, обладающее странной притягательной силой, предполагает решительный и полный переворот во взглядах. Необходимо, однако, иметь в виду, что законы классической физики остались непоколебленными, если ограничить их область применения явлениями, для которых классическая физика была создана. Движение маятника, например, и сегодня описывается так же, как оно описывалось в XIX веке.

Более того, классические концепции зачастую оказываются хорошим приближением для рассмотрения *некоторых* особенностей микрофизических явлений. Очень важно, что мы понимаем пределы применимости классических концепций. В этой главе мы дадим читателю лишь общее представление об этих пределах. По мере расширения знаний он познакомится в последующих главах с квантовыми явлениями и приобретет более точное понимание этой важной проблемы.

Классические теории, как было с определенностью установлено огромным числом опытов, выполненных в нашем столетии, не имеют универсальной применимости. Мы познакомим читателя с некоторыми экспериментальными доказательствами, и он убедится в том, что действительно таковы свойства нашего мира.

6. Размышляя об изменениях, происшедших в физике в течение этого столетия, мы должны иметь в виду, что классическая физика не дала нам *исчерпывающей* теории строения вещества. Законы классической физики являются хорошими феноменологическими законами, но они не говорят нам всего о макроскопических телах. С помощью этих законов мы можем описать поведение (движение) механизмов, состоящих из пружин, рычагов, маховых колес и т. д., если мы располагаем такими «физическими константами», как плотность, модуль упругости и т. д., характеризующими вещество, из которого эти механизмы сделаны. Но классическая теория не может ответить, *почему* плотность или модуль упругости имеют именно такие значения, *почему* стержень ломается, когда напряжение становится больше определенного предела, и т. д. Она не объясняет, почему медь плавится при 1083°C , почему пары натрия испускают желтый свет, почему водород обладает присущими ему химическими свойствами, почему светит Солнце, почему ядро урана спонтанно делится, почему серебро — проводник, а сера — изолятор и почему постоянные магниты можно делать только из стали. Можно без конца перечислять обычные экспериментальные факты, о которых классическая теория может сказать мало или совсем ничего не говорит.

7. Читатель спросит, обладаем ли мы *сейчас* исчерпывающей теорией строения вещества? Ответ будет отрицательным: у нас нет детальной теории, которая могла бы объяснить *все* явления в нашем мире. Но за последнее столетие наше понимание природы вещей чрезвычайно расширилось. Мы узнали о новых свойствах природы, о которых не имели ни малейшего представления, и успешно решили множество старых проблем. С удовлетворением можно сказать, что теперь мы понимаем химические явления и макроскопические свойства вещества. В этих областях физики мы уже можем ответить на те вопросы, которые не могла разрешить классическая теория.

Атомы и элементарные частицы

8. Перейдем к идее элементарных частиц. Греческим философам принадлежит заслуга введения в теорию вещества идеи об атомах. (Не исключено, что аналогичные соображения развивались другими