

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В современной теории гравитации — общей теории относительности Эйнштейна, — наряду с удивительными по точности предсказаниями эффектов смещения перигелия Меркурия и отклонения луча света в поле тяготения Солнца, почти отсутствуют другие опытные подтверждения теории, а сама теория в процессе своего развития выдвинула целый ряд принципиальных проблем. К числу таких проблем следует отнести проблему гравитационной энергии, связанные с нею проблемы гравитационных волн, квантования гравитации и ряд других нерешенных задач.

Такая ситуация создалась прежде всего потому, что отсутствовал базис, необходимый для построения теории, адекватной действительности, — экспериментальные исследования, допускающие повторяемость и изменение параметров. Эти исследования лимитировались прежде всего состоянием экспериментальной техники. Однако в последнее время в работах Вебера, Шиффа, Брагинского и других экспериментаторов наметилась конкретная программа экспериментов по детектированию гравитационных волн. Можно с уверенностью думать, что эти исследования повлекут за собой новые работы ученых-экспериментаторов и теория гравитации получит более надежный экспериментальный фундамент.

Когда та или иная отрасль науки, будучи несомненно актуальной, не имеет достаточно солидного опытного фундамента, то в ее развитии начинают проглядывать элементы формального теоретизирования. В некоторой степени не избежала этого и современная теория гравитации: стоит только указать на многочисленные варианты «единых теорий», из которых отнюдь не все выдержат проверку временем. Поэтому критический анализ различных

**теорий**, связанных с тяготением, в настоящий момент особенно актуален.

Среди нерешенных проблем гравитации проблема гравитационных волн привлекает к себе наибольшее внимание физиков, теоретиков и экспериментаторов. Это объясняется тем, что она тесно связана с другими нерешенными проблемами науки о тяготении (проблемой энергии, проблемой построения квантовой гравитодинамики и т. д.), и ее решение в теоретическом и экспериментальном планах стимулировало бы исследование многих других задач гравитации.

Гравитационным волнам посвящено огромное количество работ, как крупных монографий, так и отдельных статей, где трактуется теоретический подход к этой проблеме. Различные авторы по-разному подходят к ней: это либо приближенный подход по аналогии с методом Эйнштейна, либо определения, основанные на некоторых геометрических или физических соображениях, либо же теории, основанные на аналогии с электромагнитной теорией.

При построении теории гравитационных волн нужно, естественно, исходить из некоторого определения, но в теории гравитации Эйнштейна именно в этом пункте возникают два принципиальных затруднения: геометрический объект, определяющий энергию и импульс поля, не тензорной природы, а само поле гравитации отождествляется с пространственно-временным континуумом, и это особенно усложняет задачу. Стоит хотя бы отметить, что не существует пока ни одной физической теории (не считая «единых теорий»), где имела бы место подобная ситуация.

Как уже указывалось, число подходов к гравитационным волнам очень велико, и перед автором этой книги В. Д. Захаровым стояла прежде всего задача разобраться в них и упорядочить их, исходя из некоторого принципа. В качестве такого принципа автор выбирает определение понятия гравитационной волны, соответственно чему выделяет семь групп различных теорий гравитационных волн. Эти группы, конечно, не отделены друг от друга совершенно четко, но во всяком случае автору удалось на этом пути упорядочить в некоторой мере поистине огромный материал, сделать его более обозримым.

Следует кратко остановиться на значимости различных теорий, обсуждаемых в монографии. Ясно, что до тех пор, пока не скажет решающего слова эксперимент, нель-

зя указать критерия адекватности той или иной теории, и многие из описанных автором подходов окажутся по истечении времени достоянием только истории, если их рассматривать в целом как замкнутые теории гравитационного излучения. Необходимо все же при этом учитывать, что каждый из них содержит нечто объективно ценное, будь это конструктивная находка или тонкое физическое соображение, верная физическая идея, математический прием или что-либо другое. И хотя, вероятно, какие-то из анализируемых автором подходов не пройдут проверку временем, но многие конструктивно входящие в них элементы останутся в подытоживающей теории, будут полезными и необходимыми.

Таким образом, монография пишется на таком этапе исследования гравитации, когда теория не должна еще считаться завершенной, но находящейся в стадии становления. Отчасти поэтому книга имеет следующую структуру: анализ, осмысливание, упорядочение имеющегося в настоящее время огромного теоретического материала; личные разработки автора; в меньшей степени — сравнение с попытками новых экспериментальных исследований. Такая структура книги легко объясняется современной ситуацией в гравитации. Кроме того, содержание книги зависит, разумеется, от личных склонностей автора. Как отмечает сам автор во введении, наибольшее внимание он уделяет тем работам по теории гравитационных волн, в которых дается строгое инвариантное определение понятия гравитационных волн в смысле необходимых и достаточных условий, накладываемых на величины, характеризующие пространственно-временное многообразие, с тем, чтобы оно описывало волновое гравитационное поле. Другие возможные подходы к вопросу описываются менее подробно. По-видимому, эта особенность свойственна каждому автору.

Несомненно, однако же, что имеется одно весьма важное правило, которому должен следовать автор монографии по любой физической проблеме, — это установление связи теории с опытом (с экспериментом и наблюдениями). В. Д. Захаров пытается выдержать это правило, выделяя специальную главу для изложения экспериментальной стороны вопроса. Беда, правда, заключается в том, что пока таких сопоставлений с опытом мало в действительности, если не считать классических астрономических наблюдений и первых шагов по детектированию гравитационных

волн, предпринятых Дж. Вебером, В. Брагинским и некоторыми другими экспериментаторами.

Через пять — семь лет многие из теорий, рассматриваемых в монографии, будут отсеяны экспериментальным решето и лягут на полку истории, но то, что в них было ценного, отнюдь не пропадет даром, а войдет органически в ткань будущей теории гравитации. В этом смысле монография В. Д. Захарова сыграет свою полезную роль. С другой стороны, по той же причине, а также в силу указанного выше большого количества работ по проблеме гравитационных волн, автор физически не мог уделить много места более детальному анализу той или иной теории. В основном он придерживается следующего плана: четко излагаются основные посылки той или иной теории, делаются основные выводы из этих посылок и обрисовываются на этом основании контуры теории, иногда устанавливаются связи с другими теориями, их эквивалентность, если она имеет место. Более детальное изложение потребовало бы увеличения размера книги в четыре-пять или более раз, что едва ли сделало бы ее удобочитаемой и, наоборот, может быть, помешало бы основной задаче автора — дать по возможности полный обзор современной ситуации в проблеме гравитационных волн. Что касается личных исследований автора, то они вошли вполне закономерно и на равных правах с другими подходами при объективном изложении и указании их связей с работами других авторов (главным образом с теорией Зельманова).

Теория гравитационных волн в рамках теории гравитации Эйнштейна, если говорить о принципиальных трудностях построения теории, приводит к необходимости ответить по крайней мере на три вопроса, за которыми, впрочем, возникают и другие: а) если попытаться ввести интегральные инварианты, основанные на обычной теореме Остроградского, то энергия поля гравитации выражается не тензорами (что не являлось бы неожиданным), а геометрическими объектами, которые можно обратить в нуль выбором системы координат; б) определяя энергию поля через тензорные величины и отождествляя по Эйнштейну поле и пространственно-временной континуум, приходится распутывать понятие «энергия пространства и времени»; в) вообще отбрасывая понятия энергии и импульса поля гравитации (такая точка зрения также существует), приходится заранее зачеркнуть всякие аналогии с дру-

гими полями; в) не имея в общей теории относительности понятия привилегированной системы координат, приходим к тому, что в конкретных вопросах возникают трудные задачи интерпретации координат. Эти и другие вопросы при чтении книги Захарова проходят перед читателем в достаточно заостренном виде и дают ему чисто конструктивное понимание основных трудностей современной теории гравитации; некоторые авторы различных популярных изданий или обходят, или попросту не понимают вопроса, рисуя оптимистическую картину общей теории относительности как теории завершенной и отвечающей на все поставленные перед ней вопросы.

Одна из наиболее старых отраслей физики — наука о тяготении — в настоящее время проходит период переоценки ценностей на базе современных экспериментальных исследований, и можно думать, что в самом ближайшем будущем теория гравитации получит на этой основе более твердые фактические данные, на которые можно будет опереться, в частности, при изучении особенно интересного явления гравитационных волн, если они существуют. В этом случае гипотезы, изложенные в монографии Захарова, можно будет оценить заново и отобрать из различных построений те элементы, которые этого заслуживают, подтверждаясь в опыте.

Можно ли на основании материала, излагаемого автором, и вообще основываясь на ситуации, сложившейся к данному моменту, отдать предпочтение той или иной теории гравитационного излучения? Автору предисловия кажется, на основании известных ему данных, что этого сделать пока нельзя. Для этого не хватает проверки опытом, более фундаментального экспериментального базиса, эвристичности рассматриваемых теорий. Собственно говоря, по мнению автора предисловия, ни одно из рассматриваемых в книге построений не заслуживает, в строгом смысле слова, названия теории, пока они не проверены в опыте и не привели к экспериментально обнаружимым следствиям, пока они не «начали работать» в этом плане.

Кроме того, к тому времени, когда монография была представлена к изданию, появились новые теоретические разработки (например, основанные на принципе моделирования полей тяготения), не отраженные, естественно, в монографии. Это неизбежное явление не снижает общей ценности книги и общей оценки, которой она заслуживает.

Следует отметить поистине огромную чисто библиографическую работу, сделанную автором, потребовавшую больших знаний современной физики и математического аппарата. Библиография (около 450 названий) представляет исключительную ценность своим тематически продуманным подбором и сохранит много времени для читателя, рискующего иначе потонуть в море информации. За исключением, может быть, последних двух лет в ней отражены почти все основные работы по гравитационным волнам.

При общей оценке монографии В. Д. Захарова следует также иметь в виду тот факт, что она актуальна именно на сегодняшний момент, и автор остро чувствует это, развертывая в своей книге перед читателем большую и пеструю картину исследований многих теоретиков, как зарубежных, так и советских (широко представленных в книге), и тем самым выводя свою книгу из жестких рамок учебников, в значительной мере устаревших как в части постановки задач, так и — в особенности — в части физического материала. Такие книги особенно нужны в наше время, когда поток информации захлестывает читателя и особенно остра потребность в подытоживающих обзорах по той или иной проблеме. Монография В. Д. Захарова, не лишенная отдельных недостатков (некоторая схематичность изложения, субъективность в оценке некоторых гипотез и др.), обладает зато тем несомненным достоинством, что это по существу первая в мировой литературе попытка по возможности широкого описания различных теоретических построений, связанных с проблемой гравитационных волн. Книг такого жанра по гравитационным волнам в мировой литературе пока указать нельзя, хотя именно такие книги явно необходимы. По этой причине ни на минуту не возникает сомнения в том, что монография В. Д. Захарова быстро найдет читателя, так как число лиц — ученых, студентов, инженеров, — интересующихся гравитационными волнами, в Советском Союзе очень велико, и спрос на книги такого рода большой.

*А. З. Петров*