

## Предисловие автора

Только теперь, когда эта книга завершена, я могу оглянуться назад и подумать о причинах, побудивших меня начать работу и довести ее до конца.

Первая из них чисто утилитарная: мне хотелось собрать воедино и дать оценку богатейшим данным, накопленным за последнее десятилетие с помощью новой техники в экспериментальной физике, а также астрономическим исследованиям в чрезвычайно широком диапазоне частот — оптическом, радио, радиолокационном, рентгеновском и инфракрасном. Несомненно, что и после выхода книги будут появляться новые результаты, и я не могу рассчитывать, что моя работа не будет стареть. Но я все же надеюсь, что, рисуя достаточно полную картину экспериментальной проверки общей теории относительности и космологии, я облегчу читателю (а заодно и самому себе) понимание новых данных по мере их появления. Я попытался также заглянуть в не очень далекое будущее и обсудить дальнейшее развитие экспериментов, особенно тех, которые связаны с искусственными спутниками Земли и Солнца.

Существовала и другая, более субъективная причина написания этой книги. Изучая общую теорию относительности, а затем читая лекции в Беркли и Кембридже, я постоянно испытывал неудовлетворенность от системы изложения, принятой в этой ветви физической науки. Я обнаружил, что в большинстве учебников исходная роль отводилась геометрическим идеям, и поэтому у студента, который задавался такими, например, вопросами: почему гравитационное поле представляется метрическим тензором, почему свободно падающее тело движется по геодезической или почему уравнения поля в общем случае ковариантны, — могло создаться впечатление, что это все как-то связано с тем фактом, что пространство-время представляет римановское многообразие.

Конечно, это была точка зрения Эйнштейна, и его выдающийся гений предопределяет наше понимание созданной им теории. Однако я считаю, что геометрический подход искусственно расчленяет общую теорию относительности и теорию элементарных частиц. До тех пор пока у нас, как и у Эйнштейна, оставалась надежда на то, что при известных обстоятельствах материю можно понять в геометрической интерпретации, имело смысл придавать геометрии Римана при описании теории гравитации главенствующую роль. Но время склоняет нас к неверию в то, будто сильные, слабые и электромагнитные взаимодействия

можно понять с помощью геометрии, и приводит к мысли, что слишком большой упор на геометрию может только затемнить глубокую связь, существующую между гравитацией и остальной физикой.

Я основываю обсуждение общей теории относительности не на геометрии Римана, а на принципе, следующем из эксперимента,—принципе эквивалентности гравитации и инерции. Может показаться, что такие геометрические понятия, как метрика, аффинная связность и тензор кривизны, проникают все-таки в теорию гравитации, основанную на принципе эквивалентности, и участвуют в создании общей теории относительности Эйнштейна. Однако я попытался здесь без необходимости не вводить геометрических понятий, и потому риманова геометрия используется только как математический аппарат при объяснении принципа эквивалентности, а не как фундаментальная основа теории гравитации.

Такой подход приводит нас естественным образом к вопросу: почему гравитация должна подчиняться принципу эквивалентности? Ответ, на мой взгляд, нельзя найти ни в сфере классической физики, ни, тем более, в римановой геометрии, но он будет продиктован ограничениями квантовой теории гравитации. По-видимому, невозможно построить какую-либо лоренц-инвариантную квантовую теорию частиц с нулевой массой и спином 2 так, чтобы эта теория не соответствовала классической теории поля, подчиняющейся принципу эквивалентности. Таким образом, принцип эквивалентности служит наилучшим мостом между теорией гравитации и теорией элементарных частиц. В параграфе, посвященном квантовой теории гравитации, я коснулся квантовых основ принципа эквивалентности, но углубляться в этот вопрос в данной книге у меня не было возможности.

Негеометрический подход, принятый в этой книге, влияет до некоторой степени на выбор обсуждаемых вопросов. В частности, я не стал подробно обсуждать вывод и классификацию сложных точных решений уравнений поля Эйнштейна, поскольку мне кажется, что большая часть соответствующего материала не необходима для основательного понимания теории гравитации и едва ли хоть какая-либо часть его имеет отношение к экспериментам, которые, возможно, будут выполнены в обозримом будущем. При таком самоограничении мне пришлось опустить многие работы, проделанные профессиональными релятивистами за последнее десятилетие, но я попытался обеспечить полноту книги за счет ссылок и библиографии.

Я с сожалением опустил здесь подробное обсуждение прекрасных теорем Пенроуза и Хоукинга о гравитационном коллапсе; эти теоремы только коротко упомянуты в § 11 гл. 9 и § 15 гл. 11, достаточно же подробное их обсуждение требует много большего времени и соответствующего объема в книге.

Я старался дать исчерпывающий список литературы, относящейся к эксперименту по проверке общей теории относительности и космологии. Я ссыпался также на подробные теоретические вычисления всякий раз, когда цитировал экспериментальные результаты. Тем не менее я даже не пытался привести всех теоретических работ по вопросам, обсуждаемым в этой книге. Многие из результатов стали уже классическими, и подбор ссылок на исходные оригинальные работы был бы сродни экскурсу в историю науки, для которого я не чувствую себя достаточно подготовленным. Отсутствие литературной ссылки поэтому не обязательно означает, что результат оригинален, хотя в ряде случаев это и так.

Мне доставляет удовольствие поблагодарить многих людей за неоценимую помощь при написании этой книги. Студенты, которые слушали мой курс последние семь лет, помогли мне своими вопросами и замечаниями освободить выкладки от ошибок и пеяностей. Я особенно признателен Джиллу Пански за внимательную проверку многих вычислений. Я усиленно эксплуатировал знания многих моих коллег, включая Стенли Дезера, Роберта Дикке, Джорджа Филда, Икко Ибена мл., Филиппа Моррисона, Мартина Риса, Леонарда Шиффа, Мартена Шмидта, Джозефа Вебера, Райнера Вейса и особенно Ирвина Шапиро. И наконец, я в долг у Конни Фридман и Лиллиан Хортон за неоднократную перепечатку рукописи, проведенную с неистощимым терпением и огромным мастерством.

*Стивен Вайнберг*

Кембридж, Массачусетс,  
апрель 1971 г.