

частице, которая существует *между двумя элементарными событиями*. Очевидно, единственным ограничением на траекторию виртуальной частицы может быть лишь принадлежность к ней двух событий. Собственное действие для виртуальной частицы редуцируется до своей минимальной величины, кванта  $h$ ,  $\hbar = h/2\pi$ , 1 или  $2\pi$ , в зависимости от принятых соглашений. Виртуальная частица не может служить в качестве классического масштаба или прообраза такого масштаба.

### 3.12 Обсуждение

К настоящему моменту мы описали нашу картину мира достаточно полно, чтобы иметь уже возможность сравнить её хотя бы в основных чертах с общепринятой сегодня теорией пространства-времени, т.е. с Общей Теорией Относительности. Три принципа декларированы как основа ОТО:

1. Принцип общей относительности, т.е. равноправие всех произвольно движущихся систем отсчёта при описании законов природы. Реализован этот принцип как необходимость ковариантной записи всех уравнений.
2. Принцип эквивалентности однородного гравитационного поля и неинерциальности (ускоренности) системы отсчёта. Формальной математической записью этого принципа является условие геодезичности траектории пробной частицы, подверженной действию только гравитационного поля.
3. Принцип существования локально Лоренцевых систем отсчёта везде, т.е. применимость Специальной Теории Относительности в окрестности каждой точки пространства-времени.

Существуют также уравнения, связывающие геометрические объекты ОТО (тензор кривизны и через него метрический тензор) с “физическими” тензором энергии-импульса. Пока мы остановимся только на обсуждении принципов.

Легко видеть, что первый из перечисленных принципов является неотъемлемой частью нашей картины мира. Мы его сформулировали и постоянно используем в гораздо более общей форме (§2.1). Понятие процедуры измерений шире чем понятие произвольно движущейся системы отсчёта, т.к. включает в себя и выбор единиц измерения. Именно в этом пункте сосредоточено различие между ОТО и нашей картиной мира. В ОТО выбор масштабов (в отличие от СТО) остался в неявном виде, вне теории.

Принцип эквивалентности также сформулирован и используется нами как более широкий принцип существования (§3.4). Геодезичность траектории *всякого*, а не только тела, подверженного лишь действию гравитации, есть частный результат этого принципа. Фактически принцип существования есть принцип *сохранения* в его наиболее общей форме применительно к существованию объекта. В нашей картине мира ограниченность существования является истоком как третьего принципа ОТО, так и необходимости “квантового” описания мира, чего мы ещё не касались в полной мере.

Также мы показали и необходимость существования локально инерциальных систем отсчёта, постулируемых третьим принципом ОТО. Однако, в отличие от ОТО, мы не предполагаем их существование во всех точках пространства-времени. Только с подпространствами существования объектов могут (и должны) быть связаны локально Лоренцевы системы отсчёта в нашем описании мира. Ограничивающее по форме, это утверждение на самом деле снимает очень сильные ограничения на структуру пространства-времени. Следовательно, мы опять используем более широкое описание, чем ОТО.

Всё это можно кратко сформулировать так:

- Если мы зафиксируем выбор *величин* масштабов и распространим существование локально Лоренцевых систем отсчёта на все точки мира (т.е. предположим существование квази-идеальных систем масштабов *везде*), то та часть геометрических свойств пространства-времени, которая опи-

сывается симметричной частью связности, будет совпадать со свойствами пространства-времени ОТО. Размерность мира должна быть при этом принята равной четырём (3 пространственных и 1 временной масштаб).

Однако существует момент, который делает ситуацию не настолько простой. Мы уже отмечали (§1.5), что наша интерпретация координат и вообще всех геометрических объектов с точки зрения размерностей их компонент радикально отличается от принятой в ОТО. В ОТО размерности геометрическим объектам приписываются извне, а координаты не более чем произвольные метки и обращаться с ними можно как заблагорассудится, хотя и в некоторых пределах. Для нас координаты и компоненты всех геометрических объектов суть результаты измерений, не всегда явно выполненных но всегда получаемых согласно хорошо описанной процедуре, пусть даже мы и не уточнили ещё всех деталей таких процедур.

Вследствие этой разницы в нашей картине мира интервал является действительно абсолютным числом, абсолютным в смысле его независимости от способа измерений. Поэтому он *не может быть получен никаким* измерением, кроме как измерением объекта самим собой или как определённая комбинация результатов определённых измерений, имеющая одно значение, независимо от того, каким конкретно образом (в указанных пределах) эти измерения производились. Как легко усмотреть из §3.7–3.10, измерение интервала между двумя точками в нашем изображении мира сводится к подсчёту событий между ними. В ОТО интервалу приписана размерность длины, а значит его численное значение зависит от того, какая единица длины выбрана. Значит интервал ОТО с нашей точки зрения *не абсолютный, а относительный* инвариант. Инвариант, который умирает при расширении группы допустимых преобразований. Однако, в ОТО он представлен абсолютной математической конструкцией. Стандартная процедура придания физического смысла математическим структурам в ОТО противоречива. Наиболее ярко это противоречие высвечено отсутствием непосредственного физи-

ческого смысла быть результатами измерений у координат общего вида и приписыванием его с помощью 3-го постулата ограниченному кругу *этих же самых координат* специального вида, локально инерциальным. Частное отличается от общего того класса, которому принадлежит, именно по тому признаку, по которому этот класс сконструирован. В нашей картине мира такого рода противоречий нет.

Конечно, это противоречие *интерпретации*, а не математической конструкции. Но это означает, что нельзя рассматривать ОТО как простой частный случай нашей картины мира. Помимо тех ограничений, наложенных на нашу картину мира, которые указаны выше, нужно ещё *изменить размерности, а значит и физический смысл* всех математических объектов.

Однако при сравнении с экспериментом результатов ОТО всегда апеллируют к её третьему постулату и тем самым вновь совершают переобозначение физического смысла и размерностей координат, а с ними и всех геометрических объектов (хотя и неявно), в естественную (принятую нами) систему. Поэтому можно с уверенностью сказать, что все *экспериментально проверяемые* следствия ОТО, основанные на её базовых постулатах, должны быть следствиями и нашей картины мира. Либо как точные результаты, если они не опираются на указанные ранее рамки перехода от нашей картины мира к ОТО, либо как относительные, если при их получении эти ограничения использовались. Математический аппарат в рамках этих ограничений один и тот же.

Интересно отметить, что именно разница в интерпретации интервала (действие здесь и расстояние, т.е. промежуток собственного времени в ОТО) является критическим пунктом в естественном слиянии теории пространства-времени как континуума с квантовой теорией, контуры которой явно просвечивают в обсуждавшихся в этой главе понятиях.

Прежде чем формулировать подробно, какое же при этом возникает описание мира для случая реальных и виртуальных частиц, которое и должно представлять собой квантовую те-

рию, остановимся на описании движения классических частиц и управляющих им (или проявляющихся в нём) классических полях.