

## Глава 6. ОТО - вторая позитивистская теория физики XX века

С историей возникновения и содержанием ОТО связано еще больше легенд, мифов и домыслов, чем со СТО. И снова анализ документов показывает, что основную роль в этом, как и в случае СТО, сыграли два фактора: 1) попытка построить мир согласно требованиям махистской философии и критики классической физики, и 2) культ личности Эйнштейна.

Если СТО возникла из попытки приспособить "принцип Маха" (т.е. требование абсолютной релятивности) к инерциальным системам отсчета (системам, движущимся без ускорения), то ОТО имело одним из побуждающих стимулов показать справедливость "принципа Маха" в применении к любым системам, в частности, к ускоренным неинерциальным. Вторым стимулом было построить лорентц-инвариантную теорию тяготения (ибо закон тяготения Ньютона не является лорентц-инвариантным). Почему первый стимул оказался в воображении Эйнштейна тесно связан со вторым, сказать трудно. Никаких физических оснований для этого фактически не существует. Можно думать, что это является изобретением Эйнштейна, и именно эта связь, пожалуй, целиком находится под его приоритетом. Все остальное в этой теории, как мы покажем подробно далее, он в значительной степени делит с другими, несмотря на громогласные замечания его сторонников об уникальности его творения.

Действительно, критика абсолютности ускоренного движения и его трактовка в позитивистском духе, как явления относительного, целиком принадлежит Маху и изложена в его "Механике" и других произведениях (58 (стр.28); 66 (стр. 127)]; постановка вопроса о лорентц-инвариантности гравитации и первая попытка решения этого вопроса принадлежит Пуанкаре (1906 г) [54]; математическому оформлению теории в частности, использованию римановой геометрии, Эйнштейн целиком обязан математику Гроссману; большинство решений уравнения гравитации найдены им с помощью друзей, а наиболее важные из них получены другими учеными (Шварцшильдом, Слэттэром, Фридманом и др.). Причем, как стало известно в последнее время, окончательный вид уравнения гравитации был подсказан Эйнштейну в частном письме Давидом Гильбертом.

В связи с искусственностью объединения общего принципа относительности с гравитацией теория Эйнштейна представляет собой чуть ли не хаотическое нагромождение различных попыток втиснуть мир в заранее принятую схему. Метод построения релятивистской теории тяготения, к которой, в конечном счете, свелись попытки Эйнштейна осмыслить все многообразие мира, можно характеризовать, как метод проб и ошибок. Поэтому теория тяготения оказалась обременена огромным облаком позитивистских толкований, из-за которого нелегко выявить то, что действительно имеет практический смысл. И снова, как в случае СТО, можно с уверенностью сказать, что махизм паразитировал на фактах ненаблюдаемости - принципиальной или мнимой – и постулировании того, что удовлетворяла априорной постановке задачи в рамках позитивизма. Развитие физики показывает, что экономия мышления, связанная с этим, дорого обошлась физике и еще дороже обходится в настоящее время.

Показать справедливость такого взгляда на ОТО является целью данной главы.

## 1. Об истории создания ОТО

Здесь не место излагать подробную историю ОТО, тем более, что она изложена во многих книгах, так что можно говорить уже об историографии ОТО. Мы подчеркнем только отдельные аспекты этой истории и историографии, опирающиеся на неоспоримые документальные данные и ставшие известными в последнее время .

Об историографии ОТО сказано очень хорошо в рецензии на книгу Визгина В.П. [66] написанной И.Илли [26], краткие выдержки из которой мы приводим: (стр.107): "Интерес к творчеству А. Эйнштейна (1879-1955) ... в связи с празднованием столетия со дня его рождения, привел к появлению первых двух итоговых монографий. Это книга Миллера А.И. (англ.) об истории возникновения СТО и книга Визгина В.П. о создании ОТО ... Что побудило автора обратиться к исследованию этих вопросов? Изучая литературу по истории ОТО, он обнаружил наряду со специальными историко-научными публикациями множество работ, относящихся к жанру "популярной истории науки" (выражение Дж. Холтона). Авторы этих работ - популяризаторы, философы, нередко крупные ученые, - восхищаясь творениями Эйнштейна и подчеркивая его гениальность, как правило, характеризовали ОТО как теорию, опередившую свое время и созданную, таким образом, гением одного Эйнштейна. Преувеличение аномальности, уникальности всей ситуации и, в частности, роли Эйнштейна он связывает с тем, что создание ОТО стимулировалось весьма небольшим количеством эмпирических фактов ... (стр.118): Материал I главы позволяет сделать вывод, что релятивистская теория тяготения возникла не на пустом месте, что она была подготовлена развитием исследований в XIX веке ... Важнейшим достижением Эйнштейна было то, что он глубоко осмыслил факт равенства инертной и гравитационной масс и вместо поиска различных - механических или электромагнитных -объяснений этого факта положил его в основу новой теории тяготения. Это привело Эйнштейна к принципу эквивалентности".

Сравнивая методологию построения СТО и ОТО, с удивлением обнаруживаешь сходство: и там, и тут теория строится на постулировании того, что в классической физике пытаются объяснить. Хотя такой метод и служит образцом экономии мышления, но не устраняет из физики соответствующих вопросов. Более того, к ним добавляются новые. Такая теория» очевидно, может служить вспомогательным средством, но не основой построения материалистической теории.

Книга Визгина В.П. действительно является образцом научного подхода к истории и основана строго на документах. Все толкования автора неясных для истории мест не переходят границ допустимого. В связи с этим любопытна история создания релятивистской теории гравитации Д. Гилберта, которой Визгин уделил пристальное внимание, оказавшееся поистине пророческим. Чтобы указать отношение этой теории к ОТО Эйнштейна, отметим, что основное уравнение теории Гилберта совпадает с точностью до обозначений с уравнением Эйнштейна, но теория Гильберта имеет другие основания и структуру.

В связи с этим весьма странным является тот факт, что в научной литературе, не говоря уже о научно-популярной, упоминание о теории Гильберта встречается

крайне редко. Ничего не сказано, например, о теории Гильберта в весьма фундаментальных курсах истории физики Б.И. Спасского и П.С. Кудрявцева [37,60] . В чрезвычайно полном обзоре Паули [57] о ней сказано лишь в подстрочных примечаниях к §51 и на стр.227 тремя строчками, хотя ссылки на результаты Гильберта здесь встречаются в дальнейшем довольно часто. Первая и основная работа Гильберта по этому вопросу переведена в сборнике [68] (1962г), но этот сборник выпадает из круга книг по теории тяготения, а об истории создания теории Гильберта в нем, разумеется, не упомянуто. Поэтому повсеместно можно встретить утверждение о том, что Эйнштейн является единственным создателем релятивистской теории тяготения.

Именно поэтому довольно неожиданным оказалось внимание Визгина к истории создания теории Гильберта и рассмотрение ее наравне с теорией Эйнштейна. Если бы не примечание Паули [57] ("Одновременно с Эйнштейном и независимо от него общековариантные уравнения поля были установлены Гильбертом"), то можно было бы подумать, что Визгин преувеличивает успех Гильберта, но обвинить Паули в предвзятости не рискнет ни один современный физик.

Визгин в начале своей работы тоже придерживался мнения о независимости открытия уравнения тяготения Гильбертом и Эйнштейном, поскольку аксиоматическая теория Гильберта действительно не имеет точек соприкосновения с эвристической теорией Эйнштейна. Поэтому неожиданным явилось сообщение английских историков науки о том, что на заключительной стадии построения ОТО Эйнштейн и Гильберт работали в тесном контакте (к моменту окончания своей книги Визгин не был знаком с этим сообщением и поместил его в ней в качестве дополнения). Эти исследователи (Дж. Ирмен и К. Гилмор) обнаружили в принстонском архиве Эйнштейна его переписку с Гильбертом, относящуюся ко времени завершения ОТО и неизвестную ранее. Из нее явствует, что Гильберт получил уравнение гравитации раньше Эйнштейна и по просьбе последнего сообщил его Эйнштейну в частном письме до публикации. Сообщения обоих авторов об этом уравнении вышли в печати почти одновременно, но их отличала одна существенная особенность. Никаких ссылок или упоминаний о Гильберте в публикации Эйнштейна не было, тогда, как Гильберт в своем сообщении отдавал дань уважения развитию этого вопроса Эйнштейном. Такая парадоксальная ситуация имеет место в истории науки не часто. Из истории современной физики можно упомянуть разве только еще одну и, как ни странно, тоже связанную с именем Эйнштейна: первая и основная статья Эйнштейна по СТО также вышла без единой ссылки на литературные источники, хотя достоверно известно, что Эйнштейн был очень хорошо знаком с трудами Лорентца, Пуанкаре и др. И этот казус также дал повод к утверждению о том, что работа выполнена Эйнштейном независимо от Лорентца и Пуанкаре (в жанре "популярной истории науки" о последних вообще не находили нужным упоминать).

В настоящее время уже делаются попытки восстановить справедливость, и в некоторых статьях по теории тяготения [42, 69] уравнение тяготения именуют уравнением Гильберта-Эйнштейна.

Также как и в случае с СТО основное отличие ОТО от теории Гильберта и других подобных теорий в использовании методологии махизма. Поддержка этой

теории со стороны приверженцев позитивизма создала почти сверхъестественную рекламу творениям Эйнштейна, порождая настоящий культ личности их автора.

Культ личности Эйнштейна позволяет до сего дня эксплуатировать многочисленные позитивистские рассуждения и построения Эйнштейна. Ссылка на Эйнштейна придает статьям магический вес, даже если работа не имеет по существу никаких связей с трудами Эйнштейна. Например, в настоящее время встречаются высказывания о том, что Эйнштейн, который по существу почти не занимался квантовой механикой, и совсем не интересовался квантовой теорией поля (НТП), является предтечей современных идей и результатов в КТП [70]. Пожалуй, таким авторам полезно внимательно перечитать "Природу вещей" Лукреция Кара, написанную 2 тысячелетия тому назад: при желании можно всерьез доказывать, что Лукреций был предшественником создателей и теории относительности, и квантовой теории поля, настолько прозорливыми были открытия атомистов того времени.

Переходя к критике ОТО, отметим следующее. В настоящее время среди специалистов почти общепризнанно, что ОТО Эйнштейна представляет собой релятивистскую теорию тяготения, а все рассуждения, связанные с общим принципом относительности, считаются несостоятельными. (Именно поэтому, вероятно, книга Визгина называется "Релятивистская теория тяготения", а не "ОТО"). Проводя параллель с историей создания теории Максвелла, можно сказать, что ОТО Эйнштейна есть релятивистское уравнение гравитации Гильберта--Эйнштейна, а связь его с принципом Маха, т.е. общим принципом относительности еще менее выдерживает критику, чем эфирные модели Максвелла. Следует при этом подчеркнуть, что в отличие от Максвелла Эйнштейн придавал своим эвристическим построениям значение физических принципов не менее важных, чем само уравнение. (Отметим также, что наряду с уравнением Гильберта-Эйнштейна в настоящее время существует большое количество других релятивистских уравнений тяготения, часть из которых не менее точно описывает существующие экспериментальные факты, чем уравнение Гильберта-Эйнштейна).

В связи с этим возникает необходимость рассмотреть критически не только соответствующую теорию тяготения, но и эйнштейновское ее обоснование. Поэтому полезно разбить критику ОТО на две части: первую мы посвятим критическому рассмотрению общего принципа относительности (ОПО) в том виде, как он фигурирует в ОТО, а вторую - уравнению гравитации и его решениям.

## 1. ОТО: краткий обзор результатов

Релятивистская теория тяготения Эйнштейна, как таковая, т.е. как математическая конструкция, дающая некоторые проверяемые данные, без интерпретации ее элементов и результатов, включает в себя одно тензорное уравнение, приведенное ранее:

$$-\kappa T_{ij} = R_{ij} - \frac{1}{2} R g_{ij}, \quad (A)$$

которое представляет собой краткую запись 10 (значащих) скалярных уравнений. Постоянная  $\kappa = 8\pi\gamma/c^4$ , где  $\gamma$  - гравитационная постоянная.

Все исследователи сходятся на том, что доказательством правильности этого уравнения служит не идеология ОТО, рассмотренная выше, (хотя в литературе, особенно популярной, уделяется основное внимание именно ей), а следующие два аргумента:

а) соответствие решений уравнения (А) экспериментальным данным, и б) соответствие ее в нерелятивистском пределе теории Ньютона. Какие именно экспериментальные данные, по мнению релятивистов, служат на сегодняшний день строгим подтверждением уравнения (А)? Перечислим их сначала без обсуждения.

Первые решения уравнения (А) были получены Эйнштейном незадолго до того, как он и Гильберт опубликовали это уравнение. Конечно, Эйнштейн, использовал не уравнение (А), ибо такового еще не существовало. Эйнштейн к тому времени в качестве уравнения тяготения рассматривал уравнение типа:  $R_{ij} = \kappa T_{ij}$  и искал его решения в предположении пустого пространства и слабого поля тяготения. В этом случае  $T_{ij} \approx 0$  и  $R \approx 0$ , и уравнение (А) сводится к уравнению  $R_{ij} = 0$ . Строго говоря, пустое пространство соответствует уже евклидовому пространству и СТО, но Эйнштейн дополнительно из других соображений (в частности, принципа эквивалентности) ввел поправки в метрику и получил решения для трех эффектов, которые допускали экспериментальную проверку: 1) отклонение света в поле тяготения, 2) изменение частоты света в поле тяготения, 3) вековое смещение перигелия Меркурия и других планет. (Решение было опубликовано в 1915г.; первый эффект впервые наблюдался в 1919г., второй - примерно в 1920г.; третий эффект был хорошо известен и количественно определен еще в XIX веке).

После открытия уравнения (А) (1916 г.) Шварцшильд получил аналогичные решения в предположении точечности массы посредством решения уравнения (А).

Следующее важное решение уравнения (А) было получено Фридманом А. А. в предположении *однородного в среднем распределения вещества в пространстве*. Оно приводило к выводу о нестационарности Вселенной, т.е. решение показывало, что тела Вселенной либо должны непрерывно разлетаться (расширяющаяся Вселенная), либо - с большим периодом - то разлетаться, то возвращаться в исходное состояние (пульсирующая Вселенная). При расширении Вселенной частота света, излучаемого удаляющимися телами, должна по причине доплер-эффекта смещаться в сторону уменьшения (космологическое красное смещение). Такое смещение действительно было обнаружено и служит экспериментальным подтверждением теории Эйнштейна, а также и нестационарности Вселенной.

На основании решения Фридмана были предложены космологические модели эволюции Вселенной. Наибольшим успехом пользуется в настоящее время теория, начало которой положил Г. Гамов, называемая в настоящее время теорией Большого взрыва, которую мы подробнее обсудим в свое время. Здесь же отметим только, что согласно этой теории в межзвездном пространстве должно от прежних времен (10-20 млрд. лет назад – начало зарождения Вселенной согласно этой теории) сохраниться излучение со спектральным составом черного тела и температурой около 3 °К. Это излучение - называемое реликтовым – было обнаружено, и температура его приблизительно совпала с теоретически предсказанным значением. Мы упомянули об этом, потому что в настоящее время существование реликтового излучения часто рассматривается как подтверждение теории Эйнштейна, хотя связь между ними

чрезвычайно далека (забегая вперед, укажем, что теория Большого взрыва может быть описана и в рамках теории Ньютона).

Существуют еще некоторые эффекты, предсказываемые уравнением (А), но они еще не проверены экспериментально (например, существование гравитационных волн); другие эффекты возникают уже в пределах СТО и не могут служить непосредственным подтверждением ОТО.

Следующим свидетельством справедливости уравнения (А) является существование ньютоновского предела уравнения (А). Оказалось, что в слабых полях тяготения из уравнения (А) можно получить уравнение тяготения Пуассона – полевой эквивалент «силового» уравнения тяготения Ньютона.

Характерной особенностью уравнения (А) является его нелинейность, благодаря чему обнаружилась возможность вывести из него уравнения движения тел в гравитационном поле. Это тоже может рассматриваться как подтверждения теории Эйнштейна.

Эйнштейн показал также, как следует рассматривать входящие в уравнение (А) элементы, чтобы выполнялись законы сохранения энергии, импульса и момента импульса поля и материи. Чуть позже в этом выводе были обнаружены принципиальные ошибки. Как обстоит дело на сегодняшний день, мы увидим в дальнейшем.

Обратимся теперь к критическому рассмотрению теории тяготения Эйнштейна и ее результатов.