

---

---

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ КОСМОЛОГИИ И ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ\*

А.Л. Зельманов

*Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга  
физического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова*

За последние 7–8 лет в астрономии был сделан ряд, я бы сказал, сенсационных открытий. Их значение не уменьшается от того, что существование некоторых из открытых явлений или объектов было предсказано. Но были сделаны также открытия, явившиеся полной неожиданностью, как, например, открытие квазаров. Если говорить о явлениях, возможность которых была предсказана, то к ним относятся равновесное трехградусное тепловое излучение, которое было отождествлено с теоретически предсказанным реликтовым излучением, и пульсары, отождествленные с гипотетическими нейтронными звездами.

По-видимому, открытие квазаров и реликтового излучения может сыграть гораздо большую роль, чем это на первый взгляд кажется. Дело в том, что естественная интерпретация вновь открытого трехградусного излучения (по-видимому, единственная в настоящее время разумная интерпретация) «состоит в том, что это – излучение, которое оторвалось от вещества в эпоху его рекомбинации, когда все метagalактические расстояния были в 1000–1300 раз меньше, чем в современную эпоху. Это означает, что в ту эпоху метagalактическая плотность вещества была на 9 порядков выше, чем в настоящее время. Это не очень высокая плотность, потому что современная метagalактическая плотность вещества – порядка  $10^{29}$  гр/см<sup>3</sup>, – значит плотность была порядка  $10^{20}$  гр/см<sup>3</sup>. Это было, по-видимому, не менее десятка миллиардов лет тому назад. Но за несколько сот тысяч лет до эпохи рекомбинации метagalактическая плотность могла быть сколь угодно высокой. А с современной точки зрения, при какой-то критической, очень высокой плотности все существующие физические теории уже бессильны: они не применимы к соответствующему этой плотности состоянию материи. Какова эта критическая плотность, никто не знает, во всяком случае, она не меньше чем  $10^{18}$  гр/см<sup>3</sup> и не больше, чем  $10^{94}$  гр/см<sup>3</sup>. Где-то на этом огром-

---

\* Текст статьи дается в редакции: *Зельманов А.Л.* Некоторые вопросы космологии и теории гравитации // Физическая наука и философия: Труды второго Всесоюзного совещания по философским вопросам современного естествознания, посвященного 100-летию со дня рождения В.И. Ленина (Москва, декабрь 1970 г.). – М.: Наука, 1973.

ном интервале плотностей все современные физические теории заведомо перестают работать.

Итак, весьма вероятно, что в прошлом наша Метагалактика, по крайней мере та ее часть, которую мы можем теперь наблюдать, прошла через состояние, описать которое современные физические теории не могут, состояние, подведомственное новой, еще неизвестной физической теории.

Что касается квазаров, то природа их загадочна, во всяком случае, пока не удастся понять сущность этих вновь открытых объектов с точки зрения существующих физических теорий. Возможно, для ее понимания необходима та же, новая, еще не созданная физическая теория.

Самые общие современные физические теории – это, с одной стороны, общая теория относительности и, с другой стороны, релятивистская квантовая теория. По-видимому, новая физическая теория должна представлять собой либо синтез этих двух теорий, либо замену такого синтеза, показывающую его невозможность. В этом случае она будет содержать не какие-либо наиболее общие дифференциальные уравнения, а принципы, позволяющие составлять дифференциальные уравнения для всех допускаемых ею частных случаев. Математическим выражением этих принципов могут быть также уравнения, но не дифференциальные.

Я согласен с тем, что главное в общей теории относительности – отнюдь не относительность, а именно то, что это – теория гравитации. И специальная теория относительности, и общая теория относительности суть, бесспорно, теории относительности. Но когда мы называем одну из них специальной, а другую общей, то вторая является общей по отношению к первой не в плане относительности: здесь нет обобщения относительности, потому что относительность в общей теории не большая, чем в специальной, а в некоторых случаях даже меньшая. Эти названия теорий сложились исторически. Мне кажется, что более правильно их называть так: специальная теория пространства-времени и общая теория пространства-времени. Однако я не думаю, что привьются эти или какие-либо другие новые названия теории. Ведь мы знаем, что в настоящее время Кузнецкий мост – не мост, Никитские ворота – не ворота, а Земляной вал – не вал. Но мы привыкли к этим названиям, и никаких недоразумений они не вызывают. Точно так же название «общая теория относительности» все у меньшего числа людей будет вызывать недоразумение.

Несмотря на свою логическую стройность и безупречность, общая теория относительности не свободна от затруднений. Обычно думают, что в ней нет никаких проблем. Это заблуждение. Есть проблемы, и притом не решенные не только вследствие математических трудностей, но и вследствие неясности некоторых принципиальных моментов. Я могу назвать для примера проблему энергии и импульса гравитационного поля, проблему гравитационных волн и проблему гравитационного излучения. Есть и проблемы, кото-

рые заведомо не могут быть решены в рамках общей теории относительности. Это относится, в частности, к релятивистской космологии.

Как всем понятно, Вселенная существует в единственном экземпляре. Поэтому любая корректная космологическая теория не должна допускать больше одной модели для Вселенной. Она может вообще не допускать космологической модели, так как Вселенная может быть столь сложна, что ее нельзя представить никакой моделью; но если уж теория дает модель, то она должна быть единственной, как единственна сама Вселенная. Космология, основанная на общей теории относительности, не удовлетворяет этому требованию, и это понятно, потому что основные уравнения общей теории относительности (как, впрочем, и любой другой из современных основных физических теорий) – дифференциальные. Поэтому они не могут давать единственную модель, – они, естественно, допускают множество моделей. Но это показывает, что общая теория относительности не настолько обща, чтобы правильно решить вопрос о модели Вселенной. Если в упомянутой выше новой, более общей физической теории наиболее общие уравнения не будут дифференциальными, возможно, что эта теория даст одну, а не множество космологических моделей.

В связи с дискуссией о конвенционализме, которая вчера здесь возникла, я хотел бы сказать несколько слов.

Вся современная физика явно или неявно пользуется метрической геометрией. Что такое метрическая геометрия? Это геометрия, в которой основным понятием служит понятие длины. И поскольку понятие длины – понятие основное, оно не подлежит определению в рамках метрической геометрии. Если физика пользуется метрической геометрией, значит, понятие длины (а поскольку мы говорим о физике, то не только понятие длины, но и понятие промежутка времени) принадлежит к основным физическим понятиям, не подлежащим определению. Но так как речь идет о физике, то пользование понятиями длины и длительности предполагает представление об идеальных эталонах и возможность указания процедуры, которая позволяет сколь угодно близко подойти к реализации таких эталонов. И должны существовать реальные прототипы этих эталонов. В современной физике такими прототипами служат, с одной стороны, кристаллы, а с другой – атомные колебания. Законы физики позволяют ввести также вторичные эталоны длины и длительности, связанные посредством этих законов с упомянутыми – первичными – эталонами. Но теперь представьте себе ситуацию, которая создавалась в Метагалактике в прошлом, когда плотность была чудовищная и когда принципиально – не только практически, но принципиально – не могли существовать объекты, служащие прототипами идеальных эталонов длины и длительности. А при упомянутой выше критической плотности исчезает возможность пользования и вторичными эталонами, поскольку все известные нам физические теории теряют силу. Ясно, что описание таких состояний должно быть дано физической теорией, которая не пользуется понятиями

ми длины и длительности, поскольку при этих состояниях, вероятно, бессмысленно говорить о длинах и промежутках времени. Мы часто слышим заявления, что в глубоком микромире пространственно-временная картина должна быть оставлена, и тут же делается заверение, что не буквально оставлена, но что нужно лишь отказаться от каких-то представлений о свойствах пространства и времени, к которым мы привыкли. По-видимому, первое представление, от которого придется отказаться, это – представление о метричности пространства и времени в глубоком микромире и при очень высокой плотности.

Когда у нас есть определенные типы эталонов для пространственной длины и для промежутка времени, мы знаем, что такое длина, длительность и соответствующая им пространственно-временная метрика. Тогда, изучая природу, мы устанавливаем геометрию и физические законы, которыми и пользуемся. Но представьте себе, что мы вводим какие-то другие понятия и эталоны длины и длительности; тогда геометрия пространства-времени изменится. Но вместе с тем изменится и формулировка физических законов.

Таким образом, существует соотносительность между принятой геометрией (причем выбор геометрии связан с выбором основных эталонов) и соответствующей формулировкой законов физики. Вводить эту идею в современную физику нет необходимости, это привело бы только к усложнениям, потому что у нас фактически есть один тип эталонов длины и один тип эталонов длительности. Но когда мы переходим к условиям, при которых таких эталонов или вообще нет, или они есть, но это – другие эталоны, – тогда эта идея становится законной.

Из всех прогнозов самый верный состоит в том, что ни один прогноз не окажется верным.

И все же можно предположить, что будущая физическая теория будет аметрической или полиметрической, поскольку она будет допускать множество различных типов метрик, и тогда на будущем этапе развития физики на смену идей относительности явится идея соотносительности.

В связи с вопросом о том, может ли завершиться развитие физики и не противоречит ли эта возможность идее бесконечного многообразия природы, я хотел бы спросить: что означает завершение развития физики? И в каком смысле следует понимать бесконечное многообразие природы? По-видимому, тенденция развития физики такова, что мы переходим ко все более общим физическим принципам, причем количество этих принципов не растет, а уменьшается. Не исключено, что со временем, может быть в той будущей теории, которая будет аметрической или полиметрической и в которой наиболее общие уравнения не будут дифференциальными, а космологическая модель будет единственной, возможно, что в этой теории будут сформулированы какие-то общие физические принципы, которые будут содержать в себе физику, через нее химию и т. д.

Это не означает возможности сведения биологии к химии, а химии к физике и даже возможности вывода биологии из химии и химии из физики.

Я не буду подробно об этом говорить, но известен пример, когда пытались рассчитать свойства вещества, состоящего из двухатомных молекул, на основе квантовой механики, и это удалось при помощи счетных машин. Но когда хотели произвести такой же расчет для вещества, состоящего из трехатомных молекул, то оказалось, что для этого нужно занять все счетные машины мира, причем на срок столь длительный, что расчет оказался невыполнимым.

Таким образом, вы можете легко себе представить, что основные принципы могут содержать в себе абсолютно все, но практическая невозможность вывода из этих принципов многих закономерностей, которые мы сравнительно легко познаем из эксперимента, превращается в принципиальную невозможность.

Таким образом, предположение, согласно которому общее количество основных принципов может быть очень невелико, ни в какой мере не противоречит идее бесконечного многообразия природы и идее, согласно которой вообще мы не можем вывести из этих принципов закономерности химии, биологии, хотя все закономерности мира могут в этих принципах содержаться.