

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВАРИАНТЫ КОСМОЛОГИИ

ПРИНЦИП МАХА И КОСМОЛОГИЯ

Ю.С. Владимиров

*Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
Институт гравитации и космологии РУДН*

В статье показывается необходимость развития реляционного подхода к описанию физической реальности. В рамках этого подхода взаимодействия описываются посредством концепции дальнего действия и важную роль играет принцип Маха, который самым непосредственным образом связан с проблемами космологии. Обсуждены трактовки принципа Маха и дискуссии между сторонниками концепций ближнего действия и дальнего действия. Показан путь развития реляционного подхода, и отмечены принципиально важные следствия: вторичный характер гравитационного взаимодействия, новый взгляд на природу космологического красного смещения, два вида проявлений принципа Маха и некоторые другие обстоятельства.

Ключевые слова: принцип Маха, космология, концепция дальнего действия, электромагнитное взаимодействие, гравитация, излучение, космологическое красное смещение.

Введение

В настоящее время следует различать физические исследования в рамках трех разных физических (точнее метафизических) парадигм [1]: 1) ныне доминирующей теоретико-полевой, 2) геометрической, в основе которой лежит общая теория относительности (и ряд вариантов ее геометрических обобщений) и 3) менее известной реляционной, основы которой были заложены в трудах Г. Лейбница и Э. Маха. В каждой из названных парадигм по-своему видится физическая реальность, по-разному представляются ключевые проблемы, а для их решения используется различный математический аппарат. В частности, для формулировки теоретико-полевого подхода необходим априорно заданный пространственно-временной фон, на котором определяются поля и пишутся соответствующие дифференциальные урав-

нения. В рамках геометрической парадигмы во главу угла ставится искривленность пространственно-временного фона. Физическая реальность описывается методами дифференциальных геометрий. А в рамках реляционной парадигмы пространственно-временной фон исключается из числа первичных понятий; вместо него рассматривается совокупность отношений между объектами или событиями. В реляционном подходе для описания физической реальности следует использовать теорию систем отношений, основы которой были заложены в работах Ю.И. Кулакова [2; 3] и его группы.

Есть достаточно оснований утверждать, что для получения более или менее удовлетворительных представлений о физической реальности необходимо умение анализировать ее с позиций всех трех метафизических парадигм. Со стороны каждой из них открываются лишь некоторые ее свойства и закономерности. Односторонний подход неизбежно приводит к излишним фантазиям относительно скрытых от избранного подхода свойств мироздания.

Как известно, современная космология строится в рамках геометрической парадигмы, основу которой составляет общая теория относительности (ОТО). Именно после ее создания и написания уравнений Эйнштейна перед физиками открылась возможность строить модели Вселенной в целом, рассматривать возможные варианты ее образования и эволюции. Без преувеличения можно сказать, что с созданием ОТО физики получили возможность ставить и решать задачи, ранее рассматривавшиеся лишь в рамках философских и религиозных учений.

На основе решений уравнений Эйнштейна сначала самим автором уравнений была построена статическая однородная изотропная модель Вселенной, описываемая римановой геометрией постоянной положительной кривизны, а затем А.А. Фридманом [4] были найдены три варианта эволюционирующих моделей, пространственные сечения которых описываются геометриями Римана (постоянной положительной кривизны), Лобачевского и Евклида. Это открыло широкие возможности для исследований вопросов согласования возможных моделей с астрофизическими наблюдениями. В частности, открытие Хабблом в конце 1920-х годов красного смещения в спектрах далеких источников в космосе привело к признанию эволюционирующих моделей, описывающих расширение Вселенной, и вытекающих из этого следствий, в частности к признанию гипотезы Большого взрыва. Следует констатировать, что сейчас эти выводы стали общепризнанными.

Более того, сейчас активно обсуждаются новые данные астрофизических наблюдений, свидетельствующие об ускоренном расширении Вселенной. Однако для того, чтобы их согласовать с решениями уравнений Эйнштейна, понадобились гипотезы о темной энергии и темной материи, составляющие порядка 96 процентов от всей существующей в мире материи. Как относиться к этим гипотезам?

Автору невольно вспоминаются неоднократно высказывавшиеся академиком В.А. Фоком слова: «Вообще любая физическая теория – пусть это бу-

дет даже теория тяготения Эйнштейна – имеет предел применимости, и неограниченно экстраполировать ее нельзя. Рано или поздно становится необходимым введение существенно новых физических понятий, соответствующих свойствам изучаемых объектов и применяемым средствам их познания, а тогда выявляются и пределы применимости теории, притом возникают новые гносеологические вопросы» [5].

В другом месте он писал: «Прежде всего, неправильно видеть в нем (в решении Фридмана. – Ю.В.) какую-то «модель мира в целом»: такая точка зрения представляется неудовлетворительной в философском отношении. Пространство Фридмана–Лобачевского может, самое большее, служить фоном для ограниченного числа галактик, подобно тому, как галилеево пространство служит фоном для объектов, подобных Солнечной системе. Сама применимость уравнений Эйнштейна в их классическом виде к таким огромным пространствам не является столь бесспорной, как их применимость в более ограниченных масштабах. Не исключено, что для космических масштабов эти уравнения требуют изменения или обобщения» [6].

Близиких позиций придерживался и профессор Д.Д. Иваненко, полагавший, что выводы ОТО справедливы в окрестности Солнца и, в лучшем случае, в рамках отдельных галактик.

Спрашивается, как воспринимать гипотезы о темной материи и темной энергии? Как свидетельства необходимости новых идей в физике микромира, способных объяснить физику новых видов «темной» материи и энергии? Но это выглядит как перекладывание трудностей «из одного кармана в другой» – из ОТО в физику микромира. А, может быть, данные гипотезы свидетельствуют о недостаточности представлений с позиций геометрической парадигмы? Может быть, здесь мы сталкиваемся с такими закономерностями, которые могут быть вскрыты лишь в рамках других названных парадигм?

В данной статье предлагается взглянуть на некоторые вопросы космологии под углом зрения иной парадигмы – реляционной.

Реляционная парадигма и принцип Маха

Известно, что, создавая общую теорию относительности, Эйнштейн был уверен, что реализует реляционные идеи Маха, однако, когда она была создана, Эйнштейн обнаружил, что его теория оказалась построенной на совершенно других основаниях, ознаменовав создание новой – геометрической парадигмы. Напомним, что при нахождении фридмановских решений использовалась нормальная система отсчета, в которой материя представляется замороженной в расширяющееся пространственное сечение. При этом пространство-время имеет первичный характер. Как писал Дж. Уилер: «Пространство-время не есть *арена* для физики, это *вся классическая физика*» [7]. А реляционная идеология Маха была принципиально иной. По определению самого Эйнштейна: «Мах в девятнадцатом столетии был единственным, кто серьезно думал об исключении понятия пространства, кото-

рое он пытался заменить представлением о всей сумме расстояний между всеми материальными точками. (Он предпринял эту попытку для того, чтобы прийти к удовлетворительному пониманию инерции.)» [8].

Напомним также, что идеи Маха (немецкой физической школы XIX века) были возведены в ранг принципа А. Эйнштейном в 1919 году. Он писал: «Принцип Маха: G-поле (метрика. – Ю.В.) полностью определено массами тел. Масса и энергия, согласно следствиям специальной теории относительности, представляют собой одно и то же; формально энергия описывается симметричным тензором энергии: это означает, что G-поле обуславливается и определяется тензором энергии материи» [9. С. 613]. В примечании Эйнштейн разъясняет: «Название “принцип Маха” выбрано потому, что этот принцип является обобщением требования Маха, что инерция должна сводиться к взаимодействию тел».

Согласно взглядам немецкой физической школы середины XIX века и воспитанного в ее рамках Э. Маха, физический мир представляет собой неразрывное целое, так что свойства его отдельных частей, обычно понимаемые как локальные (присущие отдельно взятым системам), на самом деле обусловлены распределением всей материи мира, или глобальными свойствами Вселенной. Мах писал: «Дело именно в том, что природа не начинается с элементов, как мы вынуждены начинать. Для нас во всяком случае счастье то, что мы в состоянии временами отвлечь наш взор от огромного целого и сосредоточиться на отдельных частях его. Но мы не должны упускать из виду, что необходимо впоследствии дополнить и исправить дальнейшими исследованиями то, что мы временно оставили без внимания» [10, с. 199].

Уже в середине XX века Дж. В. Нарликар в духе принципа Маха писал: «Во многих проблемах возможно “отделить” эффект Вселенной в том смысле, что влияние Вселенной остается эффективно постоянным внутри рассматриваемого пространственно-временного объема, к которому относятся эти проблемы. <...> Если читатель допустит на мгновение, что такая точка зрения верна, то ему станет ясно, что, вероятно, более легки именно те проблемы, в которых Вселенная проявляется в виде постоянного влияния окружающей среды, нежели те, в которых это влияние переменное. Самыми эффективными преимуществами обладают такие проблемы, где постоянное влияние Вселенной может быть заменено эмпирически найденными значениями, как, например, значения масс. Обычно практика благоразумного физика концентрируется на тех проблемах, где может быть достигнут прогресс, поэтому возникает положение, при котором все решенные проблемы представляют случаи такой развязки от влияния Вселенной» [11. С. 2].

Подобная позиция распространялась Махом буквально на все обсуждаемые в его время физические понятия и явления. Видимо, отсюда и возникло множество трактовок принципа Маха. Нам представляется, что *в более широком смысле под принципом Маха следует понимать идею об обусловленности локальных свойств частиц закономерностями и распределением всей материи мира, то есть глобальными свойствами Вселенной.* Это относится

к вариантам доказательства отсутствия опережающих взаимодействий, появления сил радиационного трения, значений масс частиц и ряда других свойств материи.

В связи с этим автору вспоминается, как в 1971 году во время приезда в нашу страну Дж. А. Уилер в беседе с профессором Д.Д. Иваненко и другими теоретиками МГУ, в присутствии автора, поднял вопрос: почему все электроны мира обладают одинаковыми электрическими зарядами и массами независимо от места и способа наблюдения? Он сам же и дал ответ на этот вопрос, написав на стене кафедры теоретической физики МГУ над ранее написанным изречением Нильса Бора слова: «Не может быть физики элементарных частиц, имеющей дело лишь с частицами». И расписался: «Ученик Н. Бора». Из этой фразы и из содержания беседы следовало, что Уилер имел в виду влияние всего окружающего мира на свойства отдельных взаимодействующих частиц.

Исходя из изложенного, представляется целесообразным претворить в жизнь пожелания, высказанные Э. Махом, и наконец-то «обратить взор на огромное целое», чтобы «дополнить и исправить дальнейшими исследованиями то, что мы временно оставили без внимания». Естественно попытаться это сделать в рамках реляционной парадигмы, отстаиваемой Махом.

Концепции дальнего действия и ближнего действия

Сразу же следует подчеркнуть, что реляционный подход имеет три неразрывно связанные составляющие: 1) реляционный подход к природе пространства-времени, 2) описание физических взаимодействий в рамках концепции дальнего действия и 3) «Принцип Маха» в приведенном выше его расширенном толковании. При этом особо следует подчеркнуть, что принцип Маха присущ именно реляционному подходу. Несмотря на многочисленные попытки реализовать его в рамках геометрического или теоретико-полевого подходов, это так и не удалось сделать.

К сожалению, в ряде исследований в XX веке первая составляющая игнорировалась, что приводило к недостаточной обоснованности концепции дальнего действия, развивавшейся в трудах А. Фоккера, Я.И. Френкеля, Р. Фейнмана, Ф. Хойла, Дж. Нарликара и ряда других авторов. Дело в том, что в отсутствие заранее постулированного пространственно-временного фона концепция ближнего действия теряет смысл и взаимодействия можно описывать лишь в рамках концепции дальнего действия. А в работах указанных авторов развивалась концепция дальнего действия на фоне уже имеющегося пространства-времени.

Ныне почти забытая концепция дальнего действия широко обсуждалась в нашей стране на рубеже 1920–1930-х годов. Так, в Ленинградском политехническом институте, директором которого был академик А.Ф. Иоффе, читали курс электродинамики два члена-корреспондента АН СССР профессора Я.И. Френкель и В.Ф. Миткевич. Френкель читал электродинамику в рамках

концепции дальнего действия, а Миткевич – в рамках концепции ближнего действия. У студентов, да и у руководства института возникло недоумение: какая же из двух концепций является истинной. Для разрешения этого вопроса дирекцией был организован ряд диспутов с привлечением известных ученых страны. В диспутах участвовал также П. Эренфест¹.

Я.И. Френкель яростно отстаивал концепцию дальнего действия, заявляя: «Позвольте прежде всего доказать вам, что физическим абсурдом является именно представление о ближнем действии, а физической реальностью, физически обоснованным является представление о дальнем действии. Как вам не трудно представить себе это дальнее действие, да еще запаздывающее, все же вам необходимо сделать соответствующее усилие для того, чтобы освободиться от тех привычек, которые сложились у нас в эпоху, когда наши познания были недостаточны» [12. С. 73].

Миткевич отстаивал традиционную концепцию ближнего действия. Участники много спорили, но так и не пришли к окончательному выводу. А.И. Иоффе сделал вывод: «Каждая точка зрения остается на некоторое время», а присутствовавший на диспутах П.С. Эренфест заявил: «Никогда в Европе, никогда в Америке не могло бы случиться, чтобы 4 тысячи человеко-часов так усердно потратили бы на такой сложный вопрос, как это случилось здесь, и уже это очень притягивает меня к вам» [12. С. 100].

Не будем вдаваться во многие тонкости бушевавших дискуссий, а остановимся на одном принципиально важном вопросе, который был задан Я.И. Френкелю его оппонентом: «Допустим, что радиостанция “А” в некоторый момент времени начинает генерировать очень мощное излучение, распространяющееся на колоссальное расстояние. Возьмем расстояние столь большое, что оно проходится электромагнитным излучением в десять лет, пока оно не дойдет до некоторого удаленного радиоприемника “В”. Предположим, что после того, как радиостанция “А” уже поработала, мы ее совершенно уничтожим. Допустим, что радиоприемник “В” в момент излучения может даже не существовать и лишь потом, в конце десятого года, мы можем успеть построить приемную систему. Через десять лет излученная электромагнитная энергия будет принята системой “В”. А в промежутке, в течение десяти лет, где находилась излученная энергия, где находился физический агент, который должен в конце концов воздействовать на приемник “В”? С точки зрения Я.И. Френкеля, **нигде**. Такое объяснение физически недопустимо». [12. С. 54–55]. Другими словами, вопрос сводился к следующему: Если принять концепцию дальнего действия, то где локализована энергия испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения?

Ответ Я.И. Френкеля был весьма своеобразным: «С точки зрения непосредственного действия элементов заряда друг на друга, без торгового посредника, которым является поле, – с этой точки зрения, энергия нигде не

¹ Пауль Эренфест – австрийский и нидерландский физик-теоретик.

находится, представляя собой нелокализуемую физическую величину. С точки зрения непосредственного действия электронов друг на друга, энергия их нигде не сосредоточена. Точно так же нельзя сказать, где находится энергия взаимодействия Луны и Земли – на Земле, Луне или между ними. Можно, однако, на те же вопросы смотреть иначе. Можно преобразовать энергию наэлектризованного шара в форму интеграла, распространенного по всему пространству. <...> При этом, можно сказать, что энергия находится всюду, во всем пространстве. Аналогичным образом, и в таком же самом смысле можно сказать, что энергия электрического тока находится либо нигде, либо во всем пространстве, в зависимости от того, рассматриваем ли мы взаимодействие между движущимися зарядами как непосредственное действие, пропорциональное величине зарядов и их скоростям, или же рассматривается это взаимодействие при помощи промежуточного понятия поля» [12. С. 27–28].

С точки зрения современного состояния реляционной теории, подобный ответ недостаточно обоснован и именно потому, что фактически игнорировалась первая составляющая реляционного подхода – реляционное понимание природы пространства-времени.

Производный характер пространства-времени

С точки зрения последовательного реляционного подхода, оба варианта утверждений Френкеля не выдерживают критики. Относительно первого, что «нигде», следует согласиться с Миткевичем, а относительно второго, что «энергия излучения находится во всем пространстве», следует сделать разъяснения с учетом первой составляющей реляционного подхода. Как уже отмечалось, в этом подходе пространство-время не является априорно заданной сущностью (фоном), а заменяется на совокупность отношений между объектами, в данном случае между зарядами. Следовательно, утверждение, что «электромагнитная энергия находится во всем пространстве» следует трактовать так, что она распределена в отношениях между всеми зарядами – возможными поглотителями. Ничего другого в данном подходе не остается. Напомним, что в более поздних работах Р. Фейнмана и Дж. Уилера утверждалось, что не может быть излучения, если нет его возможных поглотителей.

Но что это означает? Поскольку в последовательном реляционном подходе нет самостоятельной категории пространства-времени, а вместо него есть совокупность отношений между материальными объектами (зарядами), а кроме того, имеется море испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения, то возникают веские основания выдвинуть идею, что *испущенное, но не поглощенное электромагнитное излучение участвует в формировании самой идеи пространственно-временных отношений*. Более того, рискнем высказать даже более сильное утверждение, что именно **испущенное, но не поглощенное электромагнитное излучение ответствен-**

но за формирование классического пространства-времени. Но поскольку последнее имеет расслоенную структуру в виде базы (координатного пространства-времени) и слоя (касательного пространства скоростей или импульсов), то естественно считать, что испущенное излучение формирует как само координатное, так и импульсное пространства.

Сформулированное утверждение, на первый взгляд, может показаться чрезвычайно экстравагантным, однако в пользу данной идеи можно привести ряд ранее высказывавшихся соображений. При этом следует различать две составляющие: во-первых, саму идею необходимости вывода классических пространственно-временных представлений из неких более элементарных понятий и закономерностей. Во-вторых, это обоснование именно электромагнитной природы пространственно-временных отношений.

О первой составляющей уже неоднократно писалось в ряде наших работ [13; 14]. Такие взгляды высказывались А. Эддингтоном, П.К. Рашевским, Е. Циммерманом, Дж. Ф. Чью, Р. Пенроузом и рядом других авторов. Напомним лишь некоторые из этих высказываний.

Так, профессор мехмата МГУ П.К. Рашевский писал: «Возможно, что и сам четырехмерный пространственно-временной континуум с его геометрическими свойствами окажется в конечном счете образованием, имеющим статистический характер и возникающим на основе большого числа простейших физических взаимодействий элементарных частиц» [15. С. 658].

Американский физик-теоретик Дж.Ф. Чью писал: «Мой тезис в данной лекции будет состоять в предположении, что пространство и время в современной микроскопической физике играет примерно ту же роль, что и понятие эфира в макроскопической физике конца XIX века. Возможно, нам никогда не удастся продемонстрировать несуществование пространственно-временного континуума, однако все большее число физиков приходит к мысли, что дальнейшее существенное продвижение в теории предполагает отказ от ненаблюдаемого континуума» [16. С. 264–265].

Можно продолжить цитирование подобных высказываний других известных математиков и физиков-теоретиков, свидетельствующих в пользу решения назревшей проблемы вывода пространственно-временных представлений вместо того, чтобы продолжать традиционно подкладывать этот классический фон под все наши теоретические построения.

Анализ этой проблемы показывает, что решение данной проблемы вряд ли возможно в рамках теоретико-полевой или геометрической парадигм. Наиболее подходящей для решения данной фундаментальной проблемы является именно реляционная парадигма, идеи которой отстаивались Э. Махом.

Идея электромагнитной природы пространства-времени

1. Вторая часть сформулированного утверждения касается именно электромагнитной природы классических пространственно-временных отноше-

ний. В литературе широко известны работы А. Фоккера, Р. Фейнмана и ряда других авторов по теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия, которые самым непосредственным образом относятся к реляционному подходу. В основе этих работ лежит описание взаимодействия на основании принципа Фоккера [17], согласно которому взаимодействия между заряженными объектами описываются лишь через характеристики взаимодействующих частиц (их положения, заряды и скорости) без привлечения промежуточного электромагнитного поля.

В наших работах эти идеи были переформулированы в последовательном реляционном виде. Описание взаимодействий в принципе Фоккера было представлено в виде произведения двух парных отношений: ток-токовых (в виде скалярного произведения токов взаимодействующих частиц) и пространственно-временных (в виде дельта-функции от квадрата интервала между частицами). Согласно теории систем отношений, каждый вид отношений характеризуется своим видом закона. Для ток-токовых отношений он записывается в виде равенства нулю определителя типа Грама для пяти взаимодействующих зарядов (с одинаковыми диагональными слагаемыми).

2. Согласно теории отношений, следует ожидать, что миноры определителя в законе могут иметь некий физический смысл. Анализ возможных интерпретаций этих миноров привел к неожиданному для автора результату: диагональные миноры второго порядка приводят к выражению, совпадающему с фоккеровским видом прямого межчастичного гравитационного взаимодействия, ранее введенным в работах Я.И. Грановского, А.А. Пантюшина [18] и ряда других авторов совсем из иных соображений. В данном подходе этот факт естественно интерпретировать как то, что **гравитационное взаимодействие можно рассматривать имеющим вторичный характер, то есть являющимся своеобразным квадратом от электромагнитного взаимодействия.**

3. Мотивы, подтверждающие данное утверждение, можно усмотреть в 5-мерной теории гравитации и электромагнетизма Калуцы, где в выражение для 4-мерного метрического тензора $g_{\mu\nu}$ квадратично входит электромагнитный векторный потенциал A_μ [19]:

$$g_{\mu\nu} = G_{\mu\nu} - (4G/c^4)A_\mu A_\nu.$$

Однако в 5-мерной теории Калуцы гравитационное и электромагнитное взаимодействия трактуются независимыми, вследствие слагаемого $G_{\mu\nu}$ в этой формуле. Реляционный же подход позволяет устранить независимость, раскрывая физический смысл этого слагаемого: в нем компоненты $G_{\mu\nu}$ трактуются как комбинация из метрики Минковского $\eta_{\mu\nu}$ и слагаемых, обусловленных тем, что квадрат суммы вкладов от разных частиц в электромагнитный потенциал не равен сумме квадратов этих вкладов, обуславливающих гравитационное взаимодействие в реляционном подходе.

4. Диагональные миноры второго порядка ответственны за линейризованную теорию прямого гравитационного взаимодействия. Нелинейные

вклады в гравитационное взаимодействие описываются диагональными минорами третьего и четвертого порядков, с помощью которых производятся обобщения принципа Фоккера на кубичные и четверные взаимодействия макрообъектов.

5. Еще одним доводом в пользу утверждения о вторичном характере гравитации можно рассматривать высказывания А.Д. Сахарова и ряда других известных авторов, правда, исходя из совсем иных соображений. Так, С.Л. Адлер в связи с обсуждением возможностей квантования гравитации писал: «Прежде чем переходить к квантованию гравитации, нужно ответить на вопрос: является ли эйнштейновская теория фундаментальной или она всего лишь некая эффективная теория поля, описывающая длинноволновый предел (то есть область низких энергий) более общей теории, выглядящей совершенно иначе в малых масштабах?» (см. в [20. С. 188]).

6. Неожиданного союзника идеи обусловленности гравитации электромагнитными взаимодействиями можно увидеть в лице Николы Теслы (1856–1943), который в конце своей жизни писал: «За годы напряженной концентрации мне посчастливилось сделать два далеко идущих открытия. Первое заключается в динамической теории гравитации, которую я разработал во всех деталях и надеюсь очень скоро представить миру. Она настолько хорошо объясняет происхождение этой силы и движение небесных тел под ее действием, что положит конец пустым спекуляциям и ошибочным концепциям вроде искривления пространства. <...>

То же относится и к любым попыткам объяснить вселенские процессы без признания эфира и той незаменимой роли, которую он играет в явлениях вселенского масштаба» [21. С. 237].

В другом месте Тесла отмечал: «Изучив за долгое время все научные данные более чем на половине десятка языков и не найдя ни малейших указаний на эту истину, я считаю себя ее первооткрывателем. Формулируется же она так: нет в материи иной энергии, помимо полученной ею из окружающей среды» [Там же. С. 238].

Более подробных разъяснений сделанного Теслой «открытия динамической теории гравитации» автору неизвестно. Однако представляет интерес, как понимал Тесла понятие эфира. На этот счет имеется следующее его разъяснение: «Экспериментируя с импульсами высоких напряжений, я сразу же стал глубоко размышлять над проблемой природы электрической материи и энергии. Вскоре мысли об океане волн электрической энергии, заполняющей Вселенную, привели меня к новому физическому образу мирового электрического эфира. Уже в новом веке я смог развить эфирный принцип до такой степени, что получил новую динамическую теорию гравитации» [Там же. С. 240].

7. Следует отметить, что ничто не мешает называть океан излученного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения электромагнитным эфиром. Дело только в том, что сущность этого эфира принципиально отличается от представлений об эфире в конце XIX века. В связи с этим заметим,

что даже Эйнштейн в ряде своих статей [22] не возражал от трактовки искривленности пространства-времени в виде своеобразного эфира.

8. Приведем еще одно высказывание Теслы, свидетельствующее о той важности, которую он придавал своим взглядам: «Хотя множество моих изобретений основано на этом принципе, я могу сообщить о нем лишь сейчас – в самом конце своей жизни. Дело в том, что модель динамической гравитации предполагает создание циклопических резонансных генераторов, способных своими колоссальными всплесками энергии расколоть не только нашу планету, но и всю Солнечную систему...» [21. С. 240].

Реляционное обоснование космологического красного смещения

Приведенные выше соображения, а также позиции Н. Теслы заставляют еще раз задуматься, в частности, о природе открытого Хабблом космологического красного смещения, которое принято интерпретировать через проявление эффекта Доплера, как считается, свидетельствующего о расширении Вселенной.

Исходя из изложенного, сопоставим энергию «моря» испущенного электромагнитного излучения с энергией «разбегания галактик» в надежно наблюдаемой части Вселенной.

Как известно, в полную плотность электромагнитного излучения вносят вклад два основных фактора: реликтовое излучение и прочее излучение звезд. По данным телескопа «Планк» [23] и другим источникам, температура реликтового излучения составляет $T_{rel} = 2,72548 \pm 0,00057$ К, а наблюдаемая интенсивность излучения приводит к следующей плотности $\rho \sim 10^{-34}$ г/см³.

Плотность энергии излучения всех звезд во Вселенной известна с меньшей точностью. Впервые ее оценку произвел А. Эддингтон [24. С. 371], получив результат $\rho_{star} \sim 8,58 \cdot 10^{-34}$ г/см³, что соответствует эффективной температуре 3,18 К. Эту величину Эддингтон назвал температурой межзвездного пространства. (В то время реликтовое излучение еще не было известно.) Таким образом, полная плотность энергии излучения во Вселенной может быть оценена величиной $\rho_{sum} \sim 13,22 \cdot 10^{-34}$ г/см³.

Согласно идеологии реляционного подхода вся энергия пока не поглощенного электромагнитного излучения должна быть распределена между его возможными поглотителями, то есть между всеми частицами Вселенной. Это следует трактовать как дополнительную энергию материи Вселенной, каковой естественно считать энергию расширения Вселенной. (Отметим, что альтернативу этому – сжатие – следует отвергнуть по той причине, что поглощение излучения приводит к отталкиванию.)

При оценке энергии расширения Вселенной ограничимся учетом только наблюдаемой ее части, в которой надежно наблюдается космологическое красное смещение. Кроме того, будем учитывать только наблюдаемые виды материи (без гипотетических темной материи и темной энергии), причем будем считать ее однородной изотропной сплошной средой, а скорость рас-

ширения определять законом Хаббла $v = Hr$. Согласно современным оценкам, ее плотность $\rho_m \sim 10^{-34}$ г/см³.

На основании современных наблюдательных данных можно с достаточной уверенностью рассуждать о плотности материи и ее движении лишь в ограниченном объеме пространства (в котором закон Хаббла линеен), что заставляет ограничиться значениями красного смещения до $z \sim 0,1$.

Вычисления показывают, что плотность энергии расширения указанного объема Вселенной оценивается величиной $\rho_E = (12 \pm 3,1) \cdot 10^{-34}$, что находится в хорошем соответствии с подсчитанной плотностью электромагнитного излучения (в единицах г/см³) [25]. Это позволяет утверждать, что *энергия расширения указанного объема наблюдаемой Вселенной можно считать обусловленной излученной электромагнитной энергии*.

При сделанном утверждении на основании реляционного подхода возникает ряд естественных вопросов. Главным из них является: действительно ли Вселенная расширяется или эффект ее расширения следует считать кажущимся наблюдателю? В последнем случае под вопрос ставится гипотеза Большого взрыва. Заметим, что расширение будет происходить лишь в случае реального поглощения «моря фотонов». Другой вопрос относится к обоснованию самого хаббловского закона, то есть пропорциональности красного смещения расстоянию до наблюдаемого источника (звезды или галактики). Имеются и другие вопросы.

Природа свободного действия

Вернемся к обсуждению теории прямого межчастичного взаимодействия фоккеровского типа. Пока обсуждались лишь вклады в действия прямых электромагнитного и линеаризованного гравитационного взаимодействий. Однако для получения уравнений движения необходимо к слагаемым взаимодействия добавить члены, описывающие действие свободных частиц.

Однако в последовательной реляционной теории отсутствует понятие свободной частицы. Частицы могут рассматриваться лишь в отношении с другими частицами. То, что в общепринятых формулах трактуется вкладом в действие «свободной» частицы, должно получаться из отношений рассматриваемой частицы с частицами окружающего мира, в согласии с принципом Маха.

Это подтверждается сравнением формулы, полученной из минора второго порядка с фоккеровским действием для линеаризованной гравитации. Они отличаются одним из коэффициентов. Анализ показывает, что это отличие может быть интерпретировано именно через автоматическое возникновение членов свободного действия взаимодействующих частиц.

При получении этого результата используется примечательное соотношение в виде суммы отношений избранной частицы со всеми частицами окружающего мира

$$\sum_{b \neq a} m_b \int \delta(s^2(a,b)) ds_b = 2M/R_g.$$

Учитывая, что в определение дельта-функции неявно входит расстояние между выделенной и другой частицей, это выражение можно трактовать как отношение полной массы Вселенной M к ее наблюдаемому (кажущемуся?) размеру (радиусу) R_g .

Вспоминая определение в общей теории относительности понятия гравитационного радиуса массивного источника, можно также трактовать получившееся выражение как определение гравитационной постоянной G , так что $R_g = 2MG/c^2$.

Заметим, что данная интерпретация существенно отличается от предлагаемой в теории Хойла и Нарликара [26], которые пытались с помощью подобных соображений получить значения масс частиц.

Таким образом, в данном реляционном подходе показывается обусловленность лагранжиана «свободных» частиц их взаимодействием со всеми частицами окружающего мира (Вселенной) в духе принципа Маха. *«Свободная» часть в действии представляет собой лишь завуалированное суммирование взаимодействия выделенной частицы со всем окружающим миром.*

Отметим, что данное проявление принципа Маха принципиально отличается от рассмотренного выше влияния «моря» электромагнитного излучения на пространственно-временные отношения. Исходя из этого, предлагается различать несколько видов проявлений принципа Маха.

Заключение

В данной статье обсуждена лишь часть проявлений принципа Маха, однако реляционный подход позволяет выйти и на ряд других проявлений этого принципа. Напомним некоторые из них.

1. В работах Р. Фейнмана и Дж. Уилера [27] в рамках теории прямого межчастичного электромагнитного взаимодействия показано, что учет отклика мирового поглотителя (материи окружающего мира) на взаимодействия любой пары зарядов (с одинаковыми долями опережающих и запаздывающих взаимодействий) приводит к компенсации опережающих взаимодействий и удвоению запаздывающих.

2. В работах тех же авторов было показано, что учет отклика мирового поглотителя приводит к появлению в уравнениях движения заряженных частиц силы тормозного электромагнитного взаимодействия, обоснование которого в рамках общепринятой теории доставило много хлопот ряду авторов, в том числе П. Дираку, пытавшемуся обосновать ее с помощью гипотезы протяженного электрона.

3. В реляционном подходе предлагается новый взгляд на квантовомеханические закономерности, в том числе и на теорию атома. Согласно данному подходу атом удерживается не абстрактным электромагнитным полем притяжения разноименно заряженных частиц, а совокупностью вкладов от испущенного, но еще не поглощенного электромагнитного излучения [28].

Это позволяет утверждать, что каждый атом «чувствует» весь окружающий мир.

Наконец, отметим, что реляционный подход позволяет подойти к реализации еще одной идеи, высказанной П.К. Рашевским [29], – о возможном изменении законов общепринятой арифметики в очень больших масштабах. Он писал: «Быть может, положение с натуральным рядом в настоящее время имеет смысл сравнивать с положением евклидовой геометрии в XVIII веке, когда она была единственной геометрической теорией, а потому считалась некой абсолютной истиной, одинаково обязательной и для математиков, и для физиков. Считалось само собой понятным, что физическое пространство должно идеально точно подчиняться евклидовой геометрии (а чему же еще?). Подобно этому мы считаем сейчас, что пересчет как угодно больших расстояний в физическом пространстве и т.п. должен подчиняться существующим схемам натурального ряда и числовой прямой (а чему же еще?)» [29].

П.К. Рашевский поставил ряд вопросов и высказал гипотезы относительно обобщений координатного пространства, построенного на основе иной аксиоматики арифметики, а в работах В.Л. Рвачева (см. [30]) было показано, что изменения в представлениях о свойствах натурального ряда фактически уже воплощены в физике в виде закономерностей специальной теории относительности (в пространстве скоростей или в импульсном пространстве).

В последних работах В.Л. Рвачева была предпринята попытка применить новую арифметику к координатному пространству и на этой основе дать иную интерпретацию известных наблюдений по космологическому красному смещению в спектрах излучения от далеких астрофизических объектов. Есть достаточно оснований полагать, что именно таким образом можно будет обосновать так называемое ускоренное расширение Вселенной.

В наших работах [31] было предложено на этой основе обосновать загадочное поведение звезд на краях спиральных галактик. Как известно, попытки обоснования такого поведения звезд на основе общей теории относительности привели к гипотезе темной материи.

Рассмотренные в этой статье проявления принципа Маха и сопутствующие обстоятельства в гигантских масштабах заставляют более серьезно отнестись к идеям реляционной теории и ее следствий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирова Ю.С. Метафизика. – М.: БИНОМ (Лаборатория базовых знаний), 2002.
2. Кулаков Ю.И. О новом виде симметрии, лежащей в основании физических теорий феноменологического типа // Доклады АН СССР. – 1971. – Т. 201. – № 3. – С. 570–572.
3. Кулаков Ю.И. Теория физических структур. – М., 2004.
4. Фридман А.А. О кривизне пространства // Избранные труды. – М.: Наука, 1966.
5. Фок В.А. Квантовая физика и современные проблемы // Ленин и современное естествознание. – М.: Мысль, 1969. – С. 290.

6. Фок В.А. Теория пространства, времени и тяготения. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», URSS, 2014.
7. Уилер Дж.А. Гравитация, нейтрино и Вселенная. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1962.
8. Эйнштейн А. Относительность и проблема пространства // Собр. научн. трудов. – Т. 2. – М.: Наука, 1966. – С. 749.
9. Эйнштейн А. Принципиальное содержание общей теории относительности // Собр. научн. трудов. – Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 613.
10. Мах Э. Познание и заблуждение. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
11. Нарликар Дж.В. Инерция и космология в теории относительности // Астрофизика, кванты и теория относительности. – М.: Мир, 1982. – С. 498–534.
12. Френкель Я.И. Природа электрического тока. (Беседы-диспут в Ленинградском политехническом институте). – Л-М: ГТТИ, 1933.
13. Владимиров Ю.С. Проблема вывода классического пространства-времени из закономерностей физики микромира // Метафизика, 2015. – № 2 (16). – С. 21–27.
14. Владимиров Ю.С. Физика дальнего действия. Природа пространства-времени. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
15. Раиевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. – М.: Наука, 1967.
16. Chew G.F. The dubious role of the space-time continuum in microscopic physics // Science Progress. 1963. – Vol. LI. – No. 204. – P. 529–539.
17. Владимиров Ю.С., Турыгин А.Ю. Теория прямого межчастичного взаимодействия. – М.: Энергоатомиздат, 1986.
18. Грановский Я.И., Пантюшин А.А. К релятивистской теории тяготения // Изв. АН Каз.ССР, сер. физ.-мат. – 1965. – № 2. – С. 65–69.
19. Владимиров Ю.С. Геометрофизика. М.: БИНОМ (Лаборатория базовых знаний), 2005.
20. Сахаров А.Д. Научные труды. – М.: АПЦТ Изд-во «ЦентрКом», 1995.
21. Арсенов О.О. Никола Тесла. Открытия реальные и мифические. – М.: Эксмо, 2010.
22. Эйнштейн А. Об эфире // Собр. научн. трудов. Т. 2. – М.: Наука, 1966. – С. 154–160.
23. Planck 2013 results. I. Overview of products and scientific results / P.A.R. Ade et al / (Planck Collaboration) // Astronomy and Astrophysics. 2014. Manuscript “Planck’ parameters 2015”.
24. Eddington A.S. The internal constitution of the stars. – Cambridge University Press, 1930.
25. Vladimirov Yu.S., Molchanov A.B. Relational justification of the cosmological redshift // Gravitation and Cosmology. – 2015. – Vol. 21. – № 4. – P. 279–282.
26. Hoyle F., Narlikar J.V. Action at a distance in physics and cosmology. – San Francisco: W.N. Freeman and Comp., 1974.
27. Wheeler J.A., Feynman R.P. Interaction with the absorber as the mechanism of radiation // Rev. Mod. Phys. 1945. – Vol. 17. – P. 157–181.
28. Владимиров Ю.С. Основания физики. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
29. Раиевский П.К. О догмате натурального ряда // Успехи матем. наук. – 1973. – Т. XXVIII. – Вып. 4 (172). – С. 243–246.
30. Рвачев В.Л. Релятивистский взгляд на развитие конструктивных средств математики. – Харьков: Препринт Инст-та проблем машиностроения АН УССР, 1990.
31. Владимиров Ю.С., Ромашика М.Ю. Модифицированная ньютоновская динамика (MOND) и ее возможные интерпретации // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. – 2013. – № 1. – С. 64–77.

MACH'S PRINCIPLE AND COSMOLOGY

Yu.S. Vladimirov

The article shows the need for developing a relational approach to describing physical reality. Within the framework of this approach, interactions are described using the concept of action at a distance, where Mach's principle, which is most directly related to the problems of cosmology, plays a major role. Discussed are interpretations of Mach's principle and discussions between proponents of the concepts of close-range action and action at a distance. The path is shown for developing a relational approach and its fundamentally important effects are noted such as the secondary character of gravitational interaction, a new view on the nature of the cosmological red shift, two types of manifestations of the Mach's principle, and some other circumstances.

Key words: Mach's principle, cosmology, concept of action at a distance, electromagnetic interaction, gravitation, emanation, cosmological red shift.