

ПРИНЦИП МАХА И ПРИНЦИП ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ

А.П. Никитин¹

В статье рассматриваются «многоликий» принцип Маха (ПМ) и принцип относительности (ПО), которые органически связаны в силу единства природы, приводится краткий исторический обзор первоисточников этих принципов. Эрнст Мах сформулировал свой принцип, критикуя механику Ньютона, в своей книге [1] в 1896 году. А. Эйнштейн, впервые применив термин «принцип Маха» в 1918 году, написал, что общая теория относительности (ОТО) базируется на трех основных положениях, одним из которых был ПМ [2. С. 613]. В настоящее время ПМ используется в качестве одного из трёх основных положений реляционной теории Ю.С. Владимирова [3]. В статье рассказывается также о мысленном эксперименте А. Эйнштейна из статьи «Существует ли гравитационное воздействие, аналогичное электродинамической индукции?» [2. С. 223] и о многочисленных экспериментах, основанных на различных физических принципах, с целью проверки ПМ.

Ключевые слова: принцип Маха, принцип относительности, принцип эквивалентности, инерция, реляционная теория.

Факты вовсе не обязаны соответствовать нашим мыслям.

Э. Мах. Познание и заблуждение
[4. С. 431]

Введение

Принцип Маха (ПМ) – принцип, согласно которому инертные свойства материальных тел, то есть свойство тел оставаться в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения при отсутствии сил, определяются всей материей Вселенной. ПМ – это в каком-то смысле символ глубины нашего понимания и знания самых фундаментальных законов нашего мира. Согласно ПМ инертные свойства материального физического тела определяются всеми остальными материальными физическими телами Вселенной, то есть источником инерции является ускорение a не относительно абсолютного пространства, как у Ньютона, а относительно системы отсчёта, связанной «с небом неподвижных звезд», масса которых является источником инерции. В механике Ньютона и специальной теории относительности (СТО), напротив, считается, что инертные свойства тел, например масса, не зависят от наличия или отсутствия других тел. В общей теории относительности (ОТО) от окружающей материи, которая соответствующим образом изменяет

¹ E-mail: anikitinaaa@mail.ru

метрические свойства пространства-времени, зависят и свойства локально инерциальных систем отсчёта, относительно которых и определяются инертные свойства тел, что в современной физике считается реализацией ПМ.

Дж. Уилер в своей статье «Принцип Маха как граничное условие для уравнений Эйнштейна» удивляется: «Но каким образом звезды, находящиеся от нас на расстоянии 10^9 – 10^{10} световых лет, могут реагировать на ускорение пробной частицы, происходящее в данный момент и здесь, так, чтобы они успевали в тот же самый момент времени оказать обратное действие на пробную частицу?» [5. С. 471].

Действительно, каким образом материя Вселенной влияет, и влияет ли, на каждое физическое тело, например на протон или электрон? До настоящего времени нет ответа на эти вопросы.

В ходе данного исследования обнаружилась прямо-таки органическая взаимосвязь ПМ, ПО, ПЭ, отделить которые друг от друга не представляется возможным.

1. Принцип Маха в ОТО

«Физическое время и пространство суть особые зависимости физических элементов друг от друга...» [6. С. 432].

В 1918 году А. Эйнштейн в статье «Принципиальное содержание общей теории относительности», впервые применив термин «принцип Маха», заявил, что общая теория относительности (ОТО) «покоится на трех основных положениях, которые ни в какой степени не зависят друг от друга»:

а) *Принцип относительности*: законы природы являются лишь высказываниями о пространственно-временных совпадениях; <...>

б) *Принцип эквивалентности*: инерция и тяжесть тождественны; ...симметричный “фундаментальный тензор” ($g_{\mu\nu}$) определяет метрические свойства пространства, движение тел по инерции в нем, а также и действие гравитации. Описываемое фундаментальным тензором состояние пространства мы будем обозначать как “*G*-поле”

в) *Принцип Маха*: *G*-поле полностью определено массами тел. Масса и энергия, согласно следствиям специальной теории относительности, представляют собой одно и то же» [1. Т. 1. С. 613].

ПО, объединённый с ПЭ, при распространении на ускоренные (неинерциальные) системы отсчёта, привели Эйнштейна к идее геометризации пространства-времени и созданию ОТО – современной теории тяготения. Но, к сожалению, на этом пути Эйнштейну не удалось «включить» в ОТО ПМ, и позже Эйнштейн отказался от ПМ:

«По мнению Маха, в действительно рациональной теории инерция, подобно другим ньютоновским силам, должна происходить от взаимодействия масс. Это мнение я долго считал в принципе правильным. Но оно неявным образом предполагает, что теория, на которой все основано, должна принадлежать к тому же общему типу, что и ньютонова механика: основными понятиями в ней должны служить массы и взаимодействия между ними. Между

тем нетрудно видеть, что такая попытка решения не вяжется с духом теории поля» [1. Т. 4. С. 259].

Я.Б. Зельдович о ПМ: «Этот принцип сыграл большую эвристическую роль в создании Эйнштейном ОТО. Но после создания теории относительности выяснилось, что принципа Маха в ней не содержится... С этой точки зрения, каждое подтверждение теории относительности есть удар по принципу Маха» [7].

«...Система, связанная с реликтовым излучением, с общей массой далёкого вещества, действительно физически преимущественна, и она инерциальна в каждой точке. Может быть, это как-то можно трактовать в духе принципа Маха? Мы думаем, что этого делать нельзя. Прямолинейное применение принципа Маха в такой редакции ведёт к следующему. Раз выделена преимущественная система, то даже движение по инерции по отношению к ней (а необязательно с ускорением или вращением) должно вести к отличию в новой системе физических законов от законов в системе преимущественной. Но этого нет...» [8].

2. Принцип Маха

«Изолированные факты существуют только благодаря ограниченности наших чувств и наших умственных средств» [4. С. 236].

Эрнст Мах сформулировал свой принцип, критикуя механику Ньютона, в своей книге «Механика» [1] в 1896 году следующим образом: «Для меня вообще существует *только* относительное движение, и я не могу здесь допустить какую-нибудь разницу между движением вращательным и поступательным. Если тело вращается относительно *неба неподвижных звезд*, то развиваются центробежные силы, а если оно вращается относительно какого-нибудь *другого* тела, а не относительно неба неподвижных звезд, то таких центробежных сил нет. Я ничего не имею против того, чтобы первое вращение называли *абсолютным*, если только не забывают, что это означает нечто иное, как *относительное* вращение относительно *неба неподвижных звезд*».

Можем ли мы удержать неподвижным сосуд с водой Ньютона, заставить вращаться небо неподвижных звезд и тогда *доказать* отсутствие центробежных сил?

Опыт этот неосуществим... ибо *оба* случая чувственно не могут быть отличены друг от друга. Я считаю поэтому *оба* случая за *один и тот же случай* и различие Ньютона за иллюзию». «Я не принимал, что *только* отдаленные, а не также близкие массы принимают участие в определении скорости тела; я говорю только о влиянии, *независимом* от расстояния» [1. С. 202–203].

Идея, которую более чётко сформулировал Мах, зрела уже давно. Ещё Аристотель в своём сочинении «О небе» пришёл к выводу: «Небо... содержит в себе причину своего движения...» [9. С. 309]. И. Ньютон, опираясь на свой эксперимент с вращающимся ведром, считал: «Действующими причинами, из-за которых абсолютные и относительные движения различны между собою, являются центробежные силы, направленные от оси движения. При движении в круге только относительно эти силы не существуют» [10. С. 33].

По Ньютону: абсолютное пространство – это вместительница для материальных тел и возникновение центробежных сил относительно абсолютного пространства не зависит от наличия масс в этом пространстве, то есть центробежные силы будут возникать и в пустом пространстве.

Английский философ Д. Беркли, критикуя абсолютное пространство Ньютона и, предвосхищая ПО и ПМ, писал:

«6. ...Бессмысленно считать тяжесть или силу принципом движения... <...>

34. ...Причина существования тел является также причиной их движения... <...>

58. ...Мы не должны определять истинное место тела как часть абсолютного пространства, которую оно занимает, а истинное, или абсолютное, движение – как перемену истинного, или абсолютного места. Ибо всякое место относительно, так же как и всякое движение. ...Если мы допустим, что другие тела уничтожены и, например, существует один лишь земной шар, тогда никакого движения нельзя будет себе представить.

59. Далее, представим, существование двух шаров и ничего телесного ещё, кроме них. Затем представим силы, приложенные каким-либо способом; и, что бы мы не понимали под приложением сил, круговое движение двух шаров вокруг общего центра не может быть постигнуто воображением. Теперь предположим, что сотворено небо с неподвижными звездами; и сразу же, через представление приближения шаров к разным частям этого неба, движение станет постижимым» [11].

Идея Маха «красной нитью» проходит почти через все работы А. Эйнштейна периода разработки ОТО, но в статье «Эрнст Мах» по случаю ухода из жизни Э. Маха в 1916 году, оценивая его выдающиеся заслуги перед наукой, Эйнштейн наиболее полно описывает вклад Маха в физику, сравнивая с позицией Ньютона по вопросам пространства, времени и механики. [2. Т. IV. С. 30–31].

3. Принцип Маха в реляционной теории Ю.С. Владимирова

Если причислить и ощущения пространства и времени к элементам, то все постоянства связей исчерпываются взаимной зависимостью элементов.

Э. Мах. Познание и заблуждение
[4. С. 273–274]

Ю.С. Владимиров в статье «Реляционная концепция Лейбница–Маха» [3] пишет: «Реляционные идеи оказались особенно востребованными в самом начале XX века в период создания специальной теории относительности, а затем послужили важным стимулом для Эйнштейна при создании общей теории относительности. Он-то и предложил возвести в ранг принципа Маха необходимую ему часть реляционных взглядов Маха. Однако следует

подчеркнуть, что возведенное им в ранг принципа составляло лишь часть идей, отстаиваемых Махом. ...В настоящее время следует четко сформулировать суть реляционной концепции (парадигмы, подхода) в виде трех неразрывно связанных друг с другом составляющих (аспектов):

- 1) реляционного подхода к природе пространства-времени;
- 2) описания физических взаимодействий на основе концепции дальнего действия (взамен концепции ближнего действия);
- 3) признания обусловленности локальных свойств материальных объектов глобальными свойствами всего окружающего мира.

Эйнштейн же возвел в ранг принципа Маха лишь третью составляющую, причем в усеченном виде, имея в виду обоснование лишь инерции физических тел».

«Согласно реляционному подходу, пространство и время не являются самостоятельными сущностями, как это постулировалось И. Ньютоном, а представляют собой абстракцию от отношений между материальными объектами и событиями с их участием» [3. С. 73–74].

Ю.С. Владимиров в [3] пишет: «Взамен ньютоновой трактовки Мах предлагал... реляционное понимание природы пространства и времени: "...во временной зависимости выражаются простейшие непосредственные физические отношения. <...> В пространственных отношениях находит свое выражение посредственная физическая зависимость" [4. С. 417]. <...> И наконец, к четвертому препятствию следует отнести отсутствие понимания: какой вид физических взаимодействий является ответственным за реализацию принципа Маха, особенно его третьей составляющей» [3. С. 69–85].

4. Принцип относительности

Из истории науки известно, что гипотеза вращения Земли вокруг своей оси привела к рождению идеи относительности, когда почему-то мы, находясь на её поверхности, никак не наблюдаем этого вращения, а все другие небесные тела кажутся нам движущимися относительно Земли. Галилей в своей книге «Диалоги о двух системах мира» сформулировал этот принцип для классической механики: «Для предметов, захваченных равномерным движением, это последнее как бы не существует и проявляет своё действие на вещах, не принимающих в нём участия». И. Ньютон в своих «Математических началах натуральной философии» [10. Т. I. Следствие V] рассматривает движение тел в абсолютном пространстве: «Относительные движения друг по отношению к другу тел, заключённых в каком-либо пространстве, одинаковы, покоится ли пространство, или движется равномерно и прямолинейно без вращения».

Через три века после Галилея, который сформулировал ПО только для механических явлений, в 1895 году А. Пуанкаре в статье «К теории Лармора» формулирует ПО для всех явлений:

«Невозможно обнаружить абсолютное движение материи, или, точнее, относительное движение весомой материи и эфира. Все, что можно сделать, –

это выявить движение весомой материи относительно весомой материи». [12. С. 7]. В статье «Измерение времени» (1898 г.) А. Пуанкаре выдвигает гипотезу постоянства скорости света и условного характера понятия одновременности двух событий: «...принял скорость света постоянной и, в частности, одинаковой во всех направлениях. Это есть постулат» [12. С. 19].

В 1898–1904 годах А. Пуанкаре в своих работах [12] «Измерение времени», «Оптические явления в движущихся телах», «О принципе относительности пространства и движения», «Настоящее и будущее математической физики», задолго до Эйнштейна, сформулировал основные положения принципа относительности:

«1. Абсолютного пространства не существует, мы знаем только относительные движения.

2. Не существует абсолютного времени. <...>

3. Мы не способны к непосредственному восприятию не только равенства двух промежутков времени, но и не можем быть уверенными в одновременности двух событий, происходящих в различных местах.

4. Наконец, сама наша евклидова геометрия – всего лишь своего рода условный язык.

Таким образом, абсолютное пространство, абсолютное время, даже сама геометрия не имеют характера вещей, обуславливающих собой механику» [12. С. 23].

А. Пуанкаре в статье «О динамике электрона» (1905 г.) называет ПО «постулатом относительности Лоренца», а далее А. Эйнштейн в статье «К электродинамике движущихся тел» (1905 г.) переводит ПО из гипотезы в ранг фундаментального закона, о чём впоследствии Х.А. Лоренц написал в 1912 году: «Заслуга Эйнштейна состоит в том, что он первый высказал принцип относительности в виде всеобщего строго и точно действующего закона» [12. С. 23]. В статье «Теория относительности» в 1915 году А. Эйнштейн пишет: «...физические явления зависят только от движений тел относительно друг друга, то есть что с физической точки зрения абсолютного движения не существует» [2. Т. 1. С. 412].

«Постулат о равноправии всех таких систем K и K' , в которых не существует состояний движения, предпочтительных по сравнению с другими, мы будем называть “специальным принципом относительности”. <...>

Теория Лоренца вызывает недоверие именно потому, что она, по-видимому, противоречит принципу относительности» [2. Т. 1. С. 413].

В Гибсоновской лекции, прочитанной в Университете Глазго в 1933 году, Эйнштейн сказал: «...если понятие скорости может иметь только относительный смысл, то почему ускорение, несмотря на это, должно оставаться абсолютным понятием?» [2. Т. 2. С. 403].

ОТО уравнило все системы координат, и инерциальные, и неинерциальные, но только с кинематической точки зрения. С энергетической точки зрения, если скорость и ускорение относительны, то относительным должен быть и энергогравитационный потенциал, равный квадрату скорости, и, обобщая, так же и энергия движения не может оставаться абсолютным понятием.

«...В однородном гравитационном поле все движения происходят точно так же, как в равномерно ускоренной системе координат в отсутствие поля тяготения» [2. Т. 2. С. 404].

«...Разумную теорию гравитации можно построить лишь в результате обобщения принципа относительности» [2. Т. 2. С. 405].

Предлагаем читателю самому ознакомиться с важным, на наш взгляд, для понимания возникновения ОТО, у истоков которой стоял Э. Мах, отрывкам из статьи Эйнштейна «Основы общей теории относительности» [2. Т. 1. С. 455–456].

Критикуя абсолютное движение в абсолютном пространстве в теории Ньютона Мах писал: «Вряд ли есть необходимость заметить здесь, что и в приведенных здесь рассуждениях Ньютон изменяет своему намерению исследовать только *фактическое*. Об абсолютном пространстве и абсолютном движении никто ничего сказать не может, это чисто абстрактные вещи, которые на опыте обнаружены быть не могут. Все наши основные принципы механики представляют собою... данные опыта об относительных положениях и движениях тел» [1].

В статье «Эфир и теория относительности» (1920 г.) А. Эйнштейн рассматривает ПМ в соотношении с «эфиром» и общей теорией относительности:

«Правда, Мах пытался избежать необходимости принимать за реально существующее нечто недоступное наблюдению... Но инерция в случае ускорения относительно далеких масс предполагает прямое действие на расстоянии».

«Естественно, что большим шагом вперед было бы объединение в одну общую картину гравитационного и электромагнитного полей. Тогда была бы достойно завершена эпоха теоретической физики, начатая Фарадеем и Максвеллом» [2. С. 689].

ПМ предполагает дальное действие, но, находясь в тупике, возникает парадоксальная мысль: искать причину инерции не в далёких звёздах, а непосредственно здесь и сейчас. Эта мысль, исходя из нашего опыта, кажется совершенно фантастической, потому что рядом с телом нет ничего материального, чем мы привыкли объяснять любое движение, а идея материального эфира отвергнута экспериментами Майкельсона – Морли и теорией относительности Эйнштейна ввиду принципиального отсутствия в нашем мире абсолютной системы отсчёта.

5. Эксперименты по проверке принципа Маха

Почему мы считаем, что физическое тело заканчивается там, где мы его уже не можем наблюдать?

Эрнст Мах

А. Эйнштейн в статье «Существует ли гравитационное воздействие, аналогичное электродинамической индукции?», опубликованной 1912 году, фактически ставит мысленный эксперимент для проверки ПМ:

«Пусть рассматривается система тяготеющих масс, состоящая из сферической оболочки K с массой M , равномерно распределенной по поверхности шара, и из расположенной в центре этой оболочки материальной точки P с массой m (рис. 1). Будет ли действовать на жестко закрепленную материальную точку P сила, если оболочке K сообщить ускорение Γ ?» [2. С. 223].

Далее Эйнштейн пишет, что «следующие рассуждения заставляют считать такое силовое воздействие действительно существующим и позволяют определить в первом приближении его величину» [2. С. 223].

Эта статья интересна во многих отношениях:

– во-первых, Эйнштейн теоретически доказывает возможность дальнего действия, что можно проверить экспериментально – достаточно в вакууме раскрутить сферическую оболочку K с ускорением по определению, как тело P с массой m тоже должно начать крутиться в том же направлении,

– во-вторых, «следовательно, инертная масса m' с учетом влияния оболочки K равна

$$m' = m + kmM/Rc_0^2, \quad (1)$$

где в обозначениях Эйнштейна “ k – гравитационная постоянная, R – радиус оболочки K , c_0 – скорость света в гравитационном поле с данным потенциалом, M – инертная масса оболочки K в отсутствие P , m – инертная масса точки P в отсутствие K ”.

Этот результат очень интересен. Он показывает, что присутствие оболочки K , обладающей инертной массой, увеличивает инертную массу находящейся внутри нее материальной точки P . Это наводит на мысль о том, что инерция материальной точки *полностью* обусловлена воздействием всех остальных масс посредством некоторого рода взаимодействия с ними» [2. С. 225]. Здесь Эйнштейн в сноске признаёт: «*Это полностью согласуется с точкой зрения, выдвинутой Э. Махом в его остроумных исследованиях по этому вопросу*» [2. С. 225].

О своём мысленном эксперименте в письме в 1913 году Эйнштейн писал Маху: «...инерция проявляется как своего рода взаимодействие тел, вполне в духе Вашей критики ньютоновского эксперимента с вращающимся сосудом» [2].

К этому вопросу Эйнштейн возвращается в статье «Формальные основы общей теории относительности» 1914 года [2. С. 326–384]. В этот период создания ОТО о ПМ Эйнштейн вспоминает почти в каждой своей статье, и такое впечатление, что он хочет «встроить» этот принцип в ОТО, но это ему никак не удаётся.

В современных обозначениях формула (1) выглядит следующим образом:

$$m' = m + GmM/Rc^2, \quad (2)$$

где G – гравитационная постоянная, c – скорость света в вакууме как функция x, y, z .

Замечая, что $GM/R = \Delta\varphi$ – гравитационный потенциал, равный разности энергопотенциалов, создаваемый оболочкой K с массой M на расстоянии R , то есть в точке P , а $GmM/R = m\Delta\varphi = E_G$ – гравитационная энергия, получим

$$m' = m + \Delta\varphi m / c^2 = m + E_G / c^2.$$

Мы знаем из опыта, что гравитационный потенциал в данном месте пространства «обнаруживается» для всех движущихся тел (например, для Луны вокруг Земли или Земли вокруг Солнца) равным квадрату их скорости, то есть

$$GM / R = \Delta\varphi = v^2,$$

и, соответственно, гравитационно-кинетическая энергия этого движущегося тела

$$E_G = m\Delta\varphi = mv^2.$$

Тогда инертная масса равна

$$\begin{aligned} m' &= m + GmM / Rc^2 = m + \Delta\varphi m / c^2 = m + mv^2 / c^2 = \\ &= m(1 + v^2 / c^2) = E_0 / c^2 + E_G / c^2, \end{aligned}$$

где $(1 + v^2/c^2) = \gamma^2$ – квадрат фактора Лоренца), откуда полная энергия замкнутой системы равна

$$E = E_0 + E_G = mc^2(1 + v^2 / c^2) = E_0(1 + v^2 / c^2) = constant. \quad (3)$$

В теории относительности мерой инерции тела является полная энергия тела (системы тел):

$$E^2 = m^2c^4 + p^2c^2 = m^2c^4 + m^2v^2c^2,$$

где $p = mv$ – импульс тела, частицы
или

$$E^2 = m^2c^4(1 + v^2 / c^2) = E_0^2(1 + v^2 / c^2) = constant, \quad (4)$$

идентичная формуле (3)

Следовательно, для изолированной системы, какой можно считать, например, Вселенную, Солнечную систему, машину, атом, при постоянной полной энергии системы E , постоянной скорости света при постоянном гравитационном потенциале Вселенной на данный период времени, при изменении *внутри системы* относительной скорости тела v , и, соответственно, энергогравитационного потенциала $v^2 = \Delta\varphi$ в этом месте пространства-поля, при соблюдении закона сохранения энергии, должна меняться «внутренняя» энергия тела $E_0 = mc^2$, что возможно только при изменении массы тела m (иногда в современной терминологии «масса покоя» m_0). Это возможно только в том случае, когда часть массы переходит в энергию замкнутой системы E при увеличении скорости, увеличивая тем самым потенциал в этом месте «пространства», и при «торможении», наоборот, – энергия системы переходит в массу. Следовательно, необходимо сделать общий вывод: движение материальных тел осуществляется за счёт «расходования» энергии их

масс. Например, у достаточно замкнутой Солнечной системы при движении вокруг центра Галактики с переменной скоростью должна изменяться инертная масса системы, включая и инертные массы планет и всех тел, из-за изменения гравитационного потенциала, а так называемая масса покоя, равная $E = Mc^2$, должна увеличиваться из-за стока материи к Солнцу и планетам.

Обобщая, можно сделать вывод, что для того, чтобы механически «двигаться» внутри системы, необходимо «сжигать» массу, превращая её в энергию, и неважно, снаряд это с пушкой, или автомобиль с двигателем, или бегущий человек. Спрашивается, откуда берётся энергия для ускорения и набора скорости, например, падающего камня? Или для падения воды в гидростанциях? Ответ, основывающийся на наших исследованиях, должен быть однозначен: в кинетическую энергию свободно падающего тела превращается масса этого тела. Тогда возникает следующий вопрос: куда уходит энергия, полученная при «уменьшении» массы? Ответ может быть только один: переходит в энергию поля, повышая его потенциал и тем самым обеспечивая «механическое» движение материального тела в «пространстве».

В. Хьюз в статье «Принцип Маха и эксперименты по анизотропии массы» писал: «Мах высказал точку зрения, именуемую теперь принципом Маха, согласно которой... сила инерции, действующая на тело, есть результат гравитационного воздействия на это тело удаленной материи и инертная масса тела определяется всей материей во Вселенной. С этой точки зрения, естественно поставить вопрос, не приведет ли анизотропное распределение материи во Вселенной к тому, что инертная масса сама окажется зависящей от направления, то есть анизотропной» [5. С. 202].

Если ПМ верен, то, согласно современным физическим представлениям, какой бы однородной Вселенная ни была в больших масштабах, для нас находящихся на Земле, должна наблюдаться изотропия масс в направлении скопления масс, – например, центра нашей Галактики.

В статье «Сущность теории относительности», опубликованной в 1921 году, Эйнштейн подробно останавливается на идеях Маха и рассматривает теоретические и экспериментальные возможности проверки принципа Маха [2. Т. 2. С. 75–77].

С целью проверки ПМ были выполнены многочисленные эксперименты, основанные на различных физических принципах, например, Дж. Коккони и Э. Солпитер [13; 14], Иллинойская группа [15], В. Хьюз [16], Р. Древер [17], по выявлению анизотропии массы в направлении центра Галактики, но все они не выявили её с точностью до $\Delta m/m < 10^{-22} - 10^{-23}$, что даёт основание современной физике сделать вывод, что анизотропии масс, вытекающей из ПМ, не существует и, соответственно, объяснение инерции масс невозможно с помощью ПМ как результат гравитационного влияния удаленных масс Вселенной.

После выхода статьи А. Эйнштейна «Принципиальное содержание общей теории относительности» вскоре выяснилось, что общековариантные уравнения гравитационного поля Эйнштейна «не удовлетворяют постулату «в», так как они допускают решение», что «...из уравнений (1) следует, что

может быть G -поле без какой бы то ни было материи, вопреки постулату Маха» [2. С. 614]. Де Ситтер (De Sitter) нашёл решение уравнений тяготения Эйнштейна без материи, не исключаяющее наличие «инерции по отношению к пространству», что прямо противоречит ПМ, согласно которому наличие инертной массы у тела является следствием гравитационного взаимодействия его со всей материей Вселенной. В своей вышеуказанной статье Эйнштейн писал: «Иначе обстоит дело с “принципом Маха” “в”; необходимость придерживаться его отнюдь не разделяется другими авторами, но я и сам считаю, что выполнение его не обязательно. По принципу Маха, согласно уравнениям гравитационного поля, не может существовать никакого G -поля без материи. Очевидно, что постулат “в” тесно связан с вопросом пространственно-временной структуры мира как целого, так как в порождении G -поля принимают участие все массы».

О ПМ в этой статье Эйнштейн уже пишет, что «выполнение его обязательно» [2. С. 614]. Далее Эйнштейн приходит к выводу, что «...нужно... мысленно сконструировать мир, отвечающий принципу Маха...» [2. С. 615].

Заключение

Принцип Маха, когда инертные свойства тел в первоначальной формулировке определяются всей материей Вселенной, можно встроить в физическую теорию таким образом, что инертные свойства материального физического тела будут определяться движением единой материи в материально-энергетическом поле [18] при выполнении принципа относительности и закона сохранения энергии, а «источником», причиной инерции является напряжённость-ускорение этого поля [19].

ЛИТЕРАТУРА

1. Мах Э. Механика: историко-критический очерк её развития. Ижевск: редакция журнала «Регулярная и хаотическая динамика», 2000.
2. Эйнштейн А. СНТ. М.: Наука, 1965, 1966.
3. Владимиров Ю.С. Реляционная концепция Лейбница–Маха // Метафизика. 2016. № 3 (21). С. 69–85.
4. Мах Э. Познание и заблуждение. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. С. 417.
5. Гравитация и относительность / под ред. Х. Цзю и В. Гоффмана. М.: Мир, 1965.
6. Мах Э. Познание и заблуждение / пер. Г. Котляра. М., 1909. С. 432.
7. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Релятивистская астрофизика. М.: Наука, 1967.
8. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Строение и эволюция Вселенной. М.: Наука, 1975
9. Аристотель. Сочинения: в 4 т. М.: Мысль, 1981.
10. Ньютон Исаак. Математические начала натуральной философии. М.: Наука, 1989.
11. Беркли Д. Трактат «О движении» («De motu») // Беркли Джордж. Сочинения. М.: Наука, 1978. С. 152–247.
12. Принцип относительности. М.: Атомиздат, 1973.
13. Cocconi G., Salpeter E.E. // Nuovo Cimento. 1958. 10. 646.

14. *Cocconi G., Salpeter E.E.* // Phys. Rev. Lett. 1960. 4. 176.
15. *Sherwin C.W., Frauenfelder H., Garwin E.L.* // Phys. Rev. Lett. 1960. 4. 399.
16. *Hughes V.W., Robinson H.G., Beltran-Lopes V.* // Phys. Rev. Lett. 1960. 4. 342.
17. *Drever R.W.P.* // Phil. Mag. 1961. 6. 683.
18. *Никитин А.П.* О фундаментальной связи постоянных Планка и Хаббла // Метафизика. № 4 (26). С. 153–160. URL: <http://lib.rudn.ru/35>
19. *Никитин А.П.* Космофизика. Cosmophysics (RUS). URL: <http://vixra.org/pdf/>

MACH PRINCIPLE AND PRINCIPLE OF RELATIVITY

A.P. Nikitin²

The article considers the “many-faced” Mach principle and the principle of relativity, which are organically related due to the unity of nature, and provides a brief historical overview of the primary sources of these principles. Ernst Mach formulated his principle by criticizing Newtonian mechanics in his book [1] in 1896. A. Einstein, first using the term “Mach principle” in 1918, wrote that the general theory of relativity is based on three main points, one of which was the Mach principle [2. P. 613]. Currently, Mach principle is used as one of the three main provisions of the relational theory of Yu.S. Vladimirov [3]. The article also describes A. Einstein’s thought experiment from the article “Is there a gravitational effect similar to electrodynamic induction?” [2. P. 223] and about numerous experiments based on various physical principles, with the aim of checking Mach principle.

Keywords: Mach principle, principle of relativity, principle of equivalence, inertia, relational theory.

² E-mail: anikitinaaa@mail.ru