
**ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ
ИССЛЕДОВАНИЙ ЭКОНОМИКИ**

**ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ - ПАРАДИГМА
СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ**

ПУГАЧ Борис Яковлевич, доктор философских наук, профессор кафедры теории культуры и философии науки, философский факультет, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина

*Теория относительности является величайшим
достижением человеческого мышления о природе,
изумительнейшим сочетанием философской
глубины, физической интуиции и
математического искусства.*

*Идеи Эйнштейна дали физической науке импульс,
который освободил ее от устаревших
философских доктрин.
Макс Борн*

Теория относительности является одной из ведущих теорий нашего времени. Она оказывает большое влияние на развитие научной мысли, вносит огромный вклад в познание законов природы. Теория относительности является основой не только современной физики, но и науки в целом.

Научное творчество А. Эйнштейна является значительным вкладом в развитие философской мысли XX века. Это проявляется в том, что специальная и общая теория относительности играют значительную роль в формировании научной картины мира, перестройке стиля научного мышления, разработке новой исследовательской программы и новых эталонов научного познания. А. Эйнштейн глубоко размышляет над фундаментальными философскими проблемами науки, которые выходят за рамки физики и приобретают общеполитический смысл. Теория относительности по-новому поставила и решила целый ряд проблем пространственно-временной структуры мира, имеющих важное мировоззренческое значение. Кроме того, в ее развитии нашли новое решение такие теоретико-познавательные вопросы, как соотношение эмпирического и теоретического, наблюдаемого и ненаблюдаемого и др. Поэтому теория относительности с момента своего возникновения находится в центре внимания философии.

А. Эйнштейн создает теорию относительности, благодаря обобщению идей физики, математики, философии. На его мировоззрение оказали влияние мыслители античности, основатели классической механики, электродинамики. Существенный вклад в развитие этой теории внесли ученые А. Лоренц и А. Пуанкаре.

Обратимся к физическим и философским идеям Альберта Эйнштейна (14 марта 1879, Ульм, Германия – 18 апреля 1955, Принстон, США) – одного из величайших мыслителей во всей истории науки, выдающегося физика-теоретика, создателя современной физики. В 1900 г. окончил Цюрихский политехникум. В 1902 – 1908 годы работает экспертом в патентном бюро в Берне. В дальнейшем ведет педагогическую и научную работу в Бернском,

Цюрихском, Пражском, Берлинском университетах. С 1933 г. работает в Принстонском институте высших исследований (США). Лауреат Нобелевской премии по физике за важные физико-математические исследования, особенно за открытие законов фотоэлектрического эффекта (1921).

В 1905 году в сентябрьском номере немецкого журнала “Анналы физики” появляется статья, написанная никому не известным тогда автором, молодым экспертом швейцарского патентного бюро в Берне А. Эйнштейном. В ней содержались фундаментальные идеи теории относительности [1].

Название работы – “К электродинамике движущихся тел” как будто бы не предвещало законченного рассмотрения поставленной задачи. Но уже из краткого введения становится ясной позиция автора на полное устранение основной трудности классической физики. Обладая рядом бесспорных преимуществ в изложении трудных для понимания, необычных сторон новой физической теории, статья оказывает решающее влияние на распространение основных идей теории относительности.

Обратимся к философским основаниям теории относительности. К ним можно отнести такие эпистемологические, методологические императивы: принцип наблюдаемости, принцип простоты, принцип соответствия, принцип симметрии и др. Сюда же входит принцип предустановленной гармонии – вера исследователя в рациональную природу реальности, представляющей собой реализацию простейших математически мыслимых элементов.

Становление теории относительности сопровождается кристаллизацией методологических, эвристических регулятивов, прежде всего принципа наблюдаемости, играющего важную роль в процессе построения научной теории и возникновении нового знания. Весьма содержательной является дискуссия двух величайших мыслителей XX века А. Эйнштейна и В. Гейзенберга по проблеме наблюдаемости. Гейзенберг утверждает, что научные теории должны строиться строго на представлениях о принципиально наблюдаемых объектах и измеримых величинах, считая, что такой точки зрения придерживался и сам Эйнштейн при создании теории относительности. Эйнштейн, возражая Гейзенбергу, подчеркивает, что, возможно, он и придерживался “философии такого рода”, но фактически это не так [2]. Значительно позже (1935) в письме известному британскому философу Карлу Попперу (1902-1994), Эйнштейн, разъясняя свою позицию по этому вопросу, указывает, что ему не нравится “тенденция цепляться за то, что является наблюдаемым. Я считаю тривиальным то, что никто не в состоянии делать в области атомных величин предсказания с любой желаемой степенью точности, и я думаю, что теория не может быть получена из результатов наблюдений, но может быть только изобретена” [3]. Исходя из этого, Эйнштейн выражает уверенность в том, что “с принципиальной точки зрения желание строить теорию только на наблюдаемых величинах совершенно нелепо” [4]. Получается, согласно Эйнштейну, что теория может базироваться и на принципиально ненаблюдаемых величинах, хотя в явном виде это положение им не сформулировано. Все свои размышления по проблеме наблюдаемости великий ученый выражает в форме философского тезиса: “Только теория решает, что именно можно наблюдать” [5]. Данное утверждение играет ключевую эвристическую роль в современной философии науки. Научная теория должна позволять измерять не только прямо наблюдаемые величины, но и величины, наблюдаемые косвенно, а именно, через функциональные зависимости с другими величинами, посредством наблюдения последних с помощью измерительных приборов, обеспечивающих опытную связь теоретического знания с эмпирическим.

Назначение принципа наблюдаемости Эйнштейн видит в требовании содержательности физических понятий, утверждений, научных теорий: “Фундаментальным оказывается следующий гносеологический постулат: понятия и суждения имеют смысл лишь постольку, поскольку им можно однозначно сопоставить наблюдаемые факты” [6]. Принцип наблюдаемости представляет собой такое требование, такой идеал научного познания, согласно которому теоретические понятия, идеализированные конструкты должны, в

конечном счете, в принципе получать эмпирическую интерпретацию и подвергаться экспериментальной проверке и измерению в условиях физического, реального или мысленного эксперимента.

Эйнштейн обращает внимание на качественное различие двух классов теорий: математических и физических. Возникает необходимость установления содержательности понятий теорий и их связи с опытом: “Математика оперирует исключительно соотношениями между понятиями, не принимая их связь с опытом. Физика также имеет дело с математическими понятиями, однако эти понятия приобретают физическое содержание лишь в том случае, когда их связь с объектами опыта четко определена. Так, в частности, обстоит дело с понятиями движения, пространства, времени. Теория относительности это физическая теория, основанная на последовательной физической интерпретации трех указанных понятий” [7].

Принцип относительности рассматривается Эйнштейном в таких двух аспектах. Первый выражает возможность осуществления экспериментально -измерительных процедур. Здесь фиксируется та его особенность, что законы природы проявляются одинаково во всех физических системах отсчета. Вторая грань характеризует его как методологический регулятив теоретического познания. Эйнштейну удается найти обобщенную форму принципа относительности. Согласно его требованию “законы природы не зависят от движения системы отсчета” [8].

Несомненный интерес представляет связь принципа наблюдаемости и мысленного эксперимента в процессе формирования теории относительности. Мысленный эксперимент является продолжением реального эксперимента. Как специфический вид теоретического рассуждения он сложился путем обобщения механизма реальных экспериментов и означает получение новых, зачастую действительному эксперименту недоступных, идеализированных экспериментальных ситуаций, условий и с их помощью обнаружения более глубоких связей объективной действительности. Мысленный эксперимент – это эксперимент с идеализированными объектами, наглядно-образными построениями в теоретически правомерных, но не обязательно практически осуществимых ситуациях с целью формирования понятий, утверждений научной теории, решения сложных научных проблем, выявления физического смысла теоретического формализма, обнаружения внутренних противоречий теории. Говоря о статусе мысленного эксперимента, В. Гейзенберг отмечает: “Такие эксперименты изобретали для того, чтобы выяснить какой-либо особенно важный вопрос, вне зависимости от того, может ли быть проведен фактически этот эксперимент или нет. Эти мысленные эксперименты оказались чрезвычайно полезными при выяснении некоторых проблем” [9]. А. Эйнштейн широко пользуется мысленными экспериментами при разработке проблем, связанных с расширением старой и формированием новой научной картины мира. Суть мысленного эксперимента он видит в следующем: “Мысленный эксперимент – это принципиальный эксперимент, даже если он фактически не осуществим. Он служит для того, чтобы охватить обозримо действительные опыты и извлечь из них теоретические следствия” [10].

Эйнштейн указывает на необходимость строгого соблюдения следующего требования: не предпринимать таких мысленных экспериментов, исходные посылки которых находятся в явном противоречии с фундаментальными законами природы. Глубокие философские дискурсы ученого позволяют выявить действительную роль мысленных экспериментов в создании специальной теории относительности, установить связь принципа наблюдаемости и мысленного эксперимента.

Мысленные эксперименты показывают, что скорость света будет величиной постоянной, если исключить привилегированную систему – эфир. С помощью таких экспериментов происходит наглядно-эмпирическое обоснование, формирование принципа постоянства скорости света.

Мысленные эксперименты дают возможность Эйнштейну провести анализ некоторых в принципе возможных экспериментальных ситуаций с целью уточнить, проверить и

установить содержательный смысл гипотезы постоянства скорости света. Эта гипотеза входит в противоречие с существующими теориями, которые опираются на ненаблюдаемый эфир.

Итак, с помощью мысленных экспериментов удается преодолеть привычные, устоявшиеся взгляды на пространство и время, выйти за их пределы созданием экспериментально-измерительной ситуации, которая по своему замыслу и осуществлению является продолжением физического эксперимента. Конструируемые чувственно-наглядные образы представляют собой идеализированные реальные объекты. Так, например, в мысленном эксперименте с поездом, движущимся с околосветовой скоростью, мы вместе с Эйнштейном отвлекаемся от того, как придать поезду скорость, близкую к световой, возможностями человека выполнить такой эксперимент. Вместе с тем мысленные эксперименты осуществляются в соответствии с фундаментальными законами природы (скорость света в вакууме есть постоянная, физически измеримая величина) и новой теорией.

Эйнштейновское определение одновременности посредством мысленных экспериментов является конкретным воплощением принципа наблюдаемости в генезисе специальной теории относительности. Это понятие из фиктивного, неопределяемого, априорного в классической физике, в новой теории превращается в принципиально наблюдаемое, объективно выражающее сущность физических процессов. С позиции принципа наблюдаемости – абсолютная одновременность – понятие, лишенное физического смысла, так как доказана принципиальная невозможность установления его связи с экспериментом.

Принцип наблюдаемости как эпистемологический императив современной науки позволяет уточнить содержание понятий, соотносить их друг с другом, выявить условия их осмысленности, границы применимости. В этой связи можно сказать, что принцип наблюдаемости путем всестороннего анализа пространства и времени, исключения эфира и абсолютной одновременности, во взаимосвязи с другими принципами и методами познания вводит в создаваемую теорию основные исходные понятия, идеи. Их последовательное развитие ведет к построению логически непротиворечивой, безупречной теории, адекватно отражающей сущность процессов, событий физической реальности.

Какие же основные результаты специальной теории относительности? Она подорвала ньютоновские представления о времени и пространстве. Если раньше утверждалось, что вещи существуют во времени и пространстве, то теория относительности доказала, что изменение скорости движения вещи ведет к изменению ее пространственно-временных характеристик. Резюмируя достижения теории относительности в развитии учения о времени, пространстве и движении, Эйнштейн пишет, что она “привела к ясным физическим представлениям о пространстве и времени и в связи с этим к выяснению того, как ведут себя движущиеся масштабы и часы. Она устранила понятие абсолютной одновременности, а также понятие мгновенного действия на расстоянии в смысле Ньютона. Она показала, как нужно изменить уравнения движения при рассмотрении движений со скоростью, не очень малой по сравнению со скоростью света” [11].

Огромное значение для науки и практики имеет вытекающая из специальной теории относительности закономерная связь массы и энергии. Уравнение $E = mc^2$ связывает противоположные характеристики материальных объектов. Энергия, как мера движения, находит выражение в своей противоположности – массе, как мере инерции, устойчивости. Диалектическое содержание закона пропорциональности массы и энергии состоит в обнаружении внутренней взаимосвязи двух (ранее казавшихся совершенно независимыми) фундаментальных характеристик материальных объектов.

Величайшей заслугой А. Эйнштейна является также создание общей теории относительности (1916). Эта теория, как и специальная теория относительности, была подготовлена предшествующими исследованиями. Она представляет собой логическое развитие основных положений специальной теории относительности, причем важную роль здесь сыграли исследования немецкого математика и физика Германа Минковского (1864-

1909). “Обобщение теории относительности существенно облегчилось, – подчеркивает Эйнштейн, – благодаря работам математика Минковского, который впервые вскрыл формальное равноправие пространственных координат и временной координаты в специальной теории относительности и использовал это равноправие для построения теории” [12]. Речь идет о том, что специальная теория относительности получает математическое завершение в трудах Г. Минковского (учителя А. Эйнштейна в Цюрихе). Выступая в 1908 г. с докладом “Пространство и время” на собрании естествоиспытателей в Кельне, он подчеркивает: “Представления о пространстве и времени, которые я собираюсь развить перед вами, возникли на основе экспериментальной физики. В этом заключается их сила. Они приведут к радикальным следствиям. Отныне пространство само по себе и время само по себе уходят в царство теней, и лишь своего рода союз обоих этих понятий сохраняет самостоятельное существование” [13; 14]. Г. Минковский высказывает глубокую философскую и математическую идею объединения трех измерений пространства и времени в одно четырехмерное пространство-время. Четырехмерный формализм – “Мир Минковского”, т.е. единая концепция четырехмерного пространства-времени является адекватным языком релятивистской физики, его неотъемлемой, органической частью. Описание какого-либо процесса в рамках “Мира Минковского” позволяет выразить его в любой возможной системе отсчета. Элементы такого мира (“события”) имеют физическую реальность.

Общая теория относительности возникла благодаря распространению принципа относительности на гравитацию. Анализ свойств гравитации показал Эйнштейну, что она, как и электромагнетизм, является полевой областью материального мира.

Развитие общей теории относительности явилось следствием обобщения опытных фактов, которые были уже известны, (например, равенство инертной и гравитационной масс). Это открытие было сделано при изучении свойств гравитации достаточно давно. Еще в ньютоновской теории гравитации считалось, что тяготение одинаково действует на различные тела, сообщая им одинаковые ускорения независимо от их массы и природы. Отсюда следовал факт равенства гравитационной и инертной масс, установленный еще Г. Галилеем и подтвержденный в 1889 г. гравитационными экспериментами с высокой точностью (до 10^{-9}) венгерским физиком Роландом Этвешем (1848-1919). Американский физик Р. Дикке с сотрудниками (1964, Принстон) довел точность измерений до 10^{-10} - 10^{-11} , а советский физик В.Б. Брагинский с сотрудниками (1971, Москва, МГУ) – до 10^{-12} [15]. Другими словами, различные тела движутся в гравитационном поле совершенно одинаково, при условии, что их начальные скорости равны.

С помощью общего принципа относительности, согласно которому все системы отсчета, включая и неинерциальные, эквивалентны в описании природы, Эйнштейн подходит к изучению еще одного вида полевой материи – гравитации. Влияние гравитационного поля на движение тел было известно и раньше. Однако связанный с общей теорией относительности фундаментально новый результат заключается в том, что гравитация действует на электромагнитное излучение. “В гравитационных полях, – утверждает Эйнштейн, – световые лучи распространяются, вообще говоря, по криволинейному пути” [16]. Этот теоретический вывод представляет интерес для Эйнштейна в двух отношениях.

Во-первых, его можно проверить экспериментальным путем. Искривление световых лучей в поле тяготения, по подсчетам Эйнштейна, составляет 1,75 угловых секунды. Это явление можно наблюдать во время полного солнечного затмения. Нам будет казаться, что звезды вблизи Солнца сместятся на данную величину по отношению к своему действительному положению. “Проверка правильности этого вывода, – обращает внимание Эйнштейн, – представляет собой задачу чрезвычайной важности и мы надеемся на скорое решение ее астрономами” [17]. И действительно, в 1919 году эффект, предсказанный Эйнштейном, был с большой степенью точности (1,64 секунды) подтвержден экспедицией

английских ученых во главе с Артуром Эддингтоном (1882- 1944) во время затмения Солнца. Эта дата является началом триумфа теории относительности. Узнав об этом факте, Эйнштейн торжествовал, хотя и без того был совершенно уверен в себе. Одна из студенток спросила у Эйнштейна, что было бы, если бы он ошибся. “Тогда мне было бы жаль Господа Бога, теория-то все равно верна”, – ответил Эйнштейн.

25 февраля 1952 года благодаря солнечному затмению вновь представилась возможность проверить теорию Эйнштейна. Несколько групп ученых отправились в город Хартум в Судане, чтобы установить явление искривления лучей света в гравитационном поле с помощью усовершенствованной аппаратуры и более точных методов измерения. В результате измерений американские ученые получили величину 1,70 секунды. В январе 1953 года Эйнштейн пишет своему другу Карлу Зелигу, будущему автору замечательной книги о гражданине Вселенной: “Этот эффект ничтожно мал, и он только потому представляет интерес, что был предсказан общей теорией относительности. Испускаемые неподвижными звездами световые лучи очень немного отклоняются, когда проходят вблизи Солнца. Последние измерения более точны, чем предыдущие, так как результаты их лучше согласуются с теоретическими данными, нежели прежние результаты. Это, очевидно, предельная точность измерения столь ничтожно малого эффекта” [18]. Согласно Эйнштейну, основная ценность общей теории относительности состоит не в том, что она подтверждается малыми эффектами, а в громадном упрощении теоретической основы, на которой вырастает вся физика. Однако лишь немногие сумели правильно оценить это обстоятельство.

Во-вторых, факт искривления светового луча в поле тяготения свидетельствует о том, что закон постоянства скорости света в пустоте, составляющий одну из основ специальной теории относительности, имеет относительный характер. Он заставляет ставить вопрос о границах применимости специальной теории относительности. “Можно лишь заключить, – пишет Эйнштейн, – что специальная теория относительности не может претендовать на неограниченную применимость; ее результаты применимы лишь до тех пор, пока можно не учитывать влияние гравитационного поля на физические явления (например, световые)” [19].

Далеко не все соглашались с идеей искривления пространства вокруг Солнца при прохождении луча света. Некоторые слушатели покидали лекции Эйнштейна, недовольно качая головой и бормоча: “Искривленное пространство... Ерунда какая-то... Как это пространство может быть искривленным? Таких как он надо держать в сумасшедшем доме”.

Великий преобразователь естествознания связывает построение теории гравитации с геометрией Римана. Именно в ней Эйнштейн видит адекватное отражение физических свойств объективного мира в космических масштабах. Таким образом, математическая основа общей теории относительности уже существовала.

Эйнштейн глубоко уверен в том, что посредством математических структур и конструкций “мы можем найти те понятия и закономерные связи между ними, которые дадут нам ключ к пониманию явлений природы” [20].

Эйнштейновская теория гравитации дает удовлетворительную интерпретацию искривления световых лучей в гравитационном поле Солнца с позиции закона равенства тяжелой и инертной масс. С ее помощью удастся объяснить “странное” поведение планеты Меркурий. Было замечено медленное круговое движение его орбиты, которое пытались объяснить воздействием на Меркурий тяжелых планет, в первую очередь, Юпитера. Однако, соответствующие вычисления, основанные на ньютоновской теории гравитации, не согласовывались с наблюдаемым эффектом. Классическая теория гравитации данное отклонение объяснить не могла. “Согласно общей теории относительности получается, – пишет Эйнштейн, – что эллипс орбиты каждой планеты должен вращаться вокруг Солнца вышеуказанным образом и что это вращение для всех планет, кроме Меркурия, слишком мало, чтобы его можно было заметить при современной точности наблюдений; для Меркурия же вращение должно составлять именно 43 угловых секунды в столетие, в точном согласии с наблюдаемым” [21].

В 1916 году Эйнштейн предсказывает существование гравитационных волн, исследует их свойства, механизм возникновения. Доказывается, что гравитационные поля (волны) распространяются со скоростью света [22]. Первую экспериментальную попытку обнаружить гравитационные волны осуществляет американский физик Джозеф Вебер с помощью построенных им первых детекторов гравитационных волн от вземных источников (1968). Его опыты успеха не имели.

Неуловимые, гипотетические гравитационные волны, излучение становятся физически измеримой реальностью в тончайших экспериментах доктора философии по физике, сотрудника лаборатории физики плазмы Принстонского университета (США) Рассела Халсе (р. 1950) и профессора физического факультета Принстонского университета Джозефа Тейлора (р. 1941). Открытие гравитационного излучения (волн) отмечено Нобелевской премией (1993) [23].

Но существует и другая проблема – прием гравитационных волн, приходящих из космоса. Эта задача технически очень сложна. Для ее решения необходимо иметь гигантские физико-технические устройства. Так, система LIGO (Laser Interferometr Gravitationalwave Observatory, США) состоит из двух далеко разнесенных “антенн” длиной 4 км каждая. В ней можно будет заметить смещение зеркал под действием приходящей гравитационной волны на 10^{-16} см и меньше. В ближайшие годы LIGO и аналогичные установки, строящиеся в Европе, вступят в строй, положив начало гравитационно-волновой астрономии [24].

Общая теория относительности вносит существенный вклад в физическое учение о времени и пространстве. Из нее, например, вытекает вывод о том, что “гравитационное поле оказывает воздействие и даже определяет метрические законы пространственно - временного континуума” [25]. В общей теории относительности метрика и гравитация оказываются в определенном смысле тождественными, так как они, в конечном счете, определяются распределением масс. Как замечает Эйнштейн, в этой теории “геометрические свойства пространства не самостоятельны: они обусловлены материей” [26].

Шестидесятые годы XX века внесли новый импульс в развитие общей теории относительности. В 1963 году открыты квазары. Свойства этих космических объектов не укладывались в рамки существовавших представлений. Квазары удаляются от нас с очень большой скоростью и при этом выделяют колоссальную энергию, эквивалентную энергии, выделяемой несколькими обычными галактиками. Современная наука пока не в состоянии дать однозначный ответ на вопрос о природе и поведении подобных астрофизических объектов.

В 1967 году английские ученые Энтони Хьюиш и Джойселин Белл из Кембриджа обнаружили космические образования, названные пульсарами [27]. Эти экзотические объекты излучают электромагнитные волны большой интенсивности через строго определенные интервалы времени. Предполагается, что пульсар – это нейтронная звезда. Открытие пульсаров свидетельствует о том, что звезды, как и Вселенная в целом, эволюционируют. Их качественное состояние изменяется под влиянием гравитации [28]. Возможность существования таких удивительных, экзотических объектов предсказана замечательным советским физиком-теоретиком Л.Д. Ландау еще в тридцатые годы XX века.

Выдающийся физик и философ современности Стивен Хокинг (р. 1942) – Великобритания, Кембридж, размышляя о философии науки, о происхождении Вселенной, ее дальнейшей судьбе, приходит к такому заключению: “Мы еще многого не знаем о Вселенной, многого не понимаем. Но уже достигнутый нами прогресс должен воодушевить нас и придать уверенности в том, что полное понимание – в границах возможного. Думаю, мы не обречены вечно бродить на ощупь в темноте. Совершив рывок к созданию полной теории Вселенной, мы станем ее истинными хозяевами. Я надеюсь, что Вселенная подчиняется какому-то порядку, который сейчас мы можем постигнуть отчасти, а полностью – не в таком уж далеком будущем. Возможно, эта надежда всего лишь мираж. Но,

несомненно, лучше стремиться к полному пониманию, чем отчаиваться в человеческом разуме” [29].

С 1973 года автор уделяет большое внимание исследованию весьма интересных, загадочных, гипотетических, космических объектов, которые называются черными дырами. Они возникают в результате сжатия тела гравитационными силами до размеров, меньших его гравитационного радиуса $r_g = 2 GM/c^2$ (где M – масса тела, G – гравитационная постоянная, c – численное значение скорости света). Предсказание о существовании черных дыр сделано на основе общей теории относительности. Согласно этой теории, с приближением размера небесного тела к r_g сила тяготения стремится к бесконечности. Однако противодействующее сжатию силы упругости при очень высокой плотности вещества в малом объеме остаются конечными. Основное свойство звезды, поверхность которой достигла сферы с радиусом r_g (сферы Шварцшильда), состоит в том, что никакие сигналы, испускаемые в пределах сферы Шварцшильда, не могут выйти наружу и достигнуть внешнего наблюдателя. Границу области, за которую не выходит свет, называется горизонтом черной дыры. Гипотеза о таких космических объектах привлекла к себе внимание после открытия нейтронных звезд. Экспериментальные поиски черных дыр – важнейшая проблема современной астрономии.

С. Хокинг считает, что более полная картина о черных дырах возможна на пути дополнительности, сочетания выводов и предсказаний общей теории относительности и принципа неопределенности. Универсальный закон микромира – принцип неопределенности способен дать важную информацию о черных дырах. “К моему удивлению, - заявляет Хокинг, - обнаружилось, что вследствие этого принципа черные дыры должны быть не совсем черными. Они постоянно выделяют излучение и частицы. Как может излучение вырваться из гравитационного поля черной дыры? Есть много путей понять это” [30].

После длительных размышлений ученый приходит к выводу о том, что “принцип неопределенности позволяет частицам на короткой дистанции двигаться быстрее света. Это, в свою очередь, позволяет им и излучению прорваться через горизонт событий и вырваться из черной дыры. Поскольку черная дыра испускает частицы и излучение, она должна терять массу. От этого черная дыра должна становиться меньше и эмитировать частицы с большей частотой. В конце концов она дойдет до нулевой массы и совсем исчезнет” [31].

Проблема существования мира – Вселенной, ее эволюция, выявление таких свойств как бесконечность и конечность, неограниченность и ограниченность всегда находились в центре внимания философов, математиков, физиков. Космологические проблемы с особой остротой встали перед исследователями в связи с созданием общей теории относительности. А.Эйнштейн ставит глубокие и интересные вопросы, например: “Как следует представлять себе мир в целом?” [32]. И далее он продолжает: “Является ли мир, в котором мы живем бесконечным или же он, подобно сферическому миру, конечен? Наш опыт далеко не достаточен для ответа на этот вопрос. Однако общая теория относительности дает возможность ответить на этот вопрос со значительной достоверностью” [33].

В основе философско-методологической программы Эйнштейна находятся идеи и положения немецкого математика Бернхарда Римана (1826-1866). Рيمان, рассматривая свойства неограниченности и бесконечности, приходит к выводу о том, что неограниченности пространства свойственна эмпирическая достоверность. “Но отсюда, – подчеркивает Рيمان, – никоим образом не следует бесконечность пространства: напротив, если допустим независимость тел от места их нахождения, то есть припишем пространству постоянную меру кривизны, то придется допустить конечность пространства” [34].

На основе положений и идей Б. Римана, А. Эйнштейн создает философско-методологическую программу познания мира, вырабатывает принципиально новую модель Вселенной, как пространственно-замкнутую. “Развитие неевклидовой геометрии привело к осознанию того факта, что можно сомневаться в бесконечности нашего пространства, не вступая в противоречие с законами мышления и опытом, – пишет Эйнштейн, ссылаясь на

Римана, и продолжает, – мыслимы замкнутые пространства” [35]. В релятивистской космологии Эйнштейна пространство представляет собой трехмерную замкнутую в себе и в то же время неограниченную (не имеющую “края”, границы) сферу.

Таким образом, Эйнштейн рассматривает мир в его пространственной протяженности как замкнутый. Методологическая идея, а точнее гипотеза о замкнутой Вселенной составляет суть теории тяготения, это одно из наиболее радикальных предположений в научном познании вообще. Исходя из астрономических измерений, выдвигается положение о том, что такая характеристика материи как плотность, является величиной постоянной во всей Вселенной.

Равномерная плотность материи определяет другое свойство Вселенной – ее геометрию, а значит и знак кривизны пространства. Исходя из решений уравнений поля тяготения, кривизна должна быть постоянной, положительной величиной.

Итак, реальный мир – Вселенная, представляет собой замкнутое само на себя трехмерное пространство положительной кривизны. Замкнутость Вселенной – это ее неотъемлемое свойство. Оно открывается теоретическими методами, прежде всего путем выдвижения и обоснования парадоксальной гипотезы, которая вступает в явное противоречие с привычной концепцией пространственно-бесконечной Вселенной.

По мнению выдающегося физика XX века, одного из пионеров новой физики Макса Борна (1822-1970) гипотеза о замкнутой Вселенной – это одна из самых великих идей о природе космоса. Он отмечает, что на основе обобщения уравнений поля Эйнштейн показал, что “существует решение, представляющее замкнутую Вселенную” [36]. Предположение Эйнштейна о замкнутости пространства получает поддержку со стороны творцов современной физики Макса Лауэ (1879-1960), Эрвина Шредингера (1887-1961) и др.

Творчески развивая идеи Эйнштейна, гениальный советский физик и математик Александр Александрович Фридман (1888-1925) приходит к нестационарной, динамической модели Вселенной: к гипотезе замкнутого в себе мирового пространства, радиус кривизны которого изменяется во времени (1922). Это означало новый этап в развитии космологических аспектов общей теории относительности. Фридман конструирует наглядный образ Вселенной в форме шара, который может быть “то раздувающимся, то уменьшающим свой радиус и как бы сжимающимся” [37]. Ученый обосновывает новое фундаментальное понятие космологии – “нестационарный мир” (Вселенная) и разъясняет его “поведение”: “Переменный тип Вселенной представляет большое разнообразие случаев; для этого типа возможны случаи, когда радиус кривизны мира, начиная с некоторого значения, постоянно возрастает с течением времени; возможны далее случаи, когда радиус кривизны меняется периодически: Вселенная сжимается в точку (ничто), затем снова из точки доводит радиус свой до некоторого значения, далее опять, уменьшая радиус своей кривизны, обращается в точку и т.д.” [38]. Объем Вселенной пульсирует, (то расширяется, то сокращается), а изменение радиуса происходит неодинаково в разные стороны.

Исследования Фридмана являются применением общей теории относительности к решению космологических проблем. Из решения гравитационных уравнений Эйнштейна для изотропного однородного распределения вещества следует вывод о существовании таких характеристик Вселенной, как изменение “радиуса мира”, замкнутость, расширение, сжатие, т.е. открытие пульсирующей Вселенной. Она пульсирует, но всегда сохраняется ее замкнутость. “Сегодня большинство астрономов пользуется теорией Фридмана в несколько измененной форме, в том виде, в котором ее независимо представили два американских физика, Говард П. Робертсон и Артур Уокер”, - пишет современный исследователь Вселенной Барри Паркер [39].

А.А. Фридман продолжает размышлять над вопросом о том, насколько адекватной является модель нестационарной Вселенной. Реальная Вселенная значительно сложнее предлагаемых как наглядных, так и математических ее конструкций. В основополагающем труде “Мир как пространство и время” (1922) А.А. Фридман пишет: “В XX веке человек попытался снова, на основании тех сведений о мире, которые естествознание ко времени

нашей эпохи накопило, создать общую картину мира, правда, мира чрезвычайно схематизированного и упрощенного, напоминающего настоящий мир лишь постольку, поскольку тусклое отражение в зеркале схематического рисунка Кельнского собора может напоминать нам сам собор” [40].

В 1945 г. Эйнштейн, при подготовке нового издания своих лекций по теории относительности, дополняет их параграфом “О космологической проблеме”, где говорит о трудностях осмысления процессов Вселенной и указывает, что выход из сложной теоретико-познавательной ситуации предложил Фридман. “Его результат, – отмечает Эйнштейн, – затем получил неожиданное подтверждение в открытом Хабблом расширении звездной системы, в красном смещении спектральных линий, которое растет линейно с расстоянием” [41]. И далее Эйнштейн приходит к такому выводу: “Одно уже требование пространственной изотропии Вселенной приводит к схеме Фридмана. Не вызывает поэтому никаких сомнений, что это наиболее общая схема, дающая решение космологической проблемы” [42].

Теория Фридмана открывает самое грандиозное по масштабу явление природы – космологическое расширение. Она выдерживает строгую проверку в дискуссии с Эйнштейном, затем находит прямое доказательство и подтверждение в астрономических наблюдениях. Научное сообщество признает теорию расширяющейся Вселенной Фридмана и открытия Хаббла, как важнейший аргумент в ее подтверждении. Значительную роль в установлении связей между астрономией и космологией сыграли замечательные работы английского астрофизика Артура Эддингтона (1882-1944) и бельгийского космолога, священника, президента Папской академии наук в Ватикане (1960-1966) Жоржа Леметра. Они первыми обращаются к теории Фридмана для интерпретации наблюдаемой картины разбегания галактик, так как именно она является ключом к пониманию общей структуры и динамики реальной Вселенной, ее эволюции во времени. В 1931 г. Эйнштейн окончательно признает теоретические результаты Фридмана, в особенности, их математическую часть, “доказанную” и подтвержденную самой природой. Физический мир естествоиспытателя, который в принципе может быть измерен или же получить качественную оценку, должен оказать влияние “на развитие идей современных философов, часто стоящих выше “измеримой” Вселенной естествоиспытателя” [43].

Выводы А.А. Фридмана о нестационарной, замкнутой Вселенной критически, глубоко и обстоятельно анализируются А. Эйнштейном. Он считает результаты Фридмана правильными и проливающими новый свет на космологическую проблему. Эйнштейн обращается к переосмыслению своих теоретических результатов и, вслед за Фридманом, признает расширяющуюся Вселенную, так как теория требует расширения пространства. Он также считает, что мир можно рассматривать в его пространственной протяженности как замкнутый континуум. [44].

А. Эйнштейн и А.А. Фридман утверждают в космологии принципиально новую модель мира, – замкнутую, пульсирующую Вселенную. Она радикальным образом изменяет философское и естественнонаучное понимание природы и происходящих в ней процессов и вносит ощутимый вклад в изучение геометрии пространства о “неизмеримо большом” (Риман), но замкнутом объеме Вселенной.

Обратимся к свойству замкнутости. Никто никогда всерьез не задумывался над тем, что поле тяготения способно искривлять световые лучи. Оказывается, что в гравитационных полях лучи света распространяются по замкнутым, геодезическим (“наикратчайшим”), мировым линиям. Данное положение опирается на высказывание М. Борна. Автор “Эйнштейновской теории относительности” пишет: “Геодезические линии на сфере есть окружности наибольшего диаметра и, следовательно, замкнутые кривые. То же самое должно иметь место и для геодезических линий в нашем мире, которые представляются лучами света или траекториями свободно падающих частиц. Следовательно, световой сигнал или тело, посланные в одном направлении, должны вернуться с противоположной стороны, разумеется, после очень большого промежутка времени” [45].

Таким образом, из общей теории относительности вытекает гипотеза о том, что световой луч, распространяющийся по геодезической (“самой прямой”) линии, через миллиарды лет вернется к своему источнику (или, скажем, исходной точке пространства). Этот теоретический факт (вывод) является достаточно убедительным основанием замкнутости Вселенной. Другим основополагающим аргументом, следующим из общей теории относительности о ее замкнутости, можно считать отличную от нуля плотность вещества во Вселенной. Эти два факта доказывают замкнутость Вселенной. Свойство замкнутости представляет собой один из существенных параметров целостной Вселенной. Именно это свойство и определяет название модели мира – замкнутая Вселенная.

Известный физик-теоретик М.А. Марков, обращая внимание на нестатичность Вселенной и расширение пространства, приходит к модели пространственно - замкнутой Вселенной Эйнштейна - Фридмана [46].

Замкнутость Вселенной – это фундаментальное свойство мироздания и оно – принципиально ненаблюдаемо. Как экспериментально проверить, что Вселенная замкнута? Не существует принципиальной возможности построить самый сложный и совершенный прибор, разрешающая способность которого смогла бы зафиксировать “неизмеримо большое”, т.е. всю Вселенную как замкнутую целостность.

Пульсирующая (наблюдаемая в эксперименте), но замкнутая (транснаблюдаемая) Вселенная – это и есть диалектическое единство физической реальности наблюдаемых и транснаблюдаемых характеристик. Этот факт космологии имеет фундаментальное философское значение с позиции наблюдаемости и ненаблюдаемости. Теория “рождения” Вселенной, ее важнейшие свойства: пульсирующий характер, замкнутость – это сложнейшие, дискуссионные и до конца еще не решенные философско-методологические, естественнонаучные проблемы.

Теория Александра Александровича Фридмана – подлинный триумф научной мысли, впервые охватившей Вселенную как целостность в ее динамике и развитии. Ученый является основоположником эволюционной космологии и разрушает вековую парадигму статичности Вселенной. Значительным достижением космологии является построенная Гамовым Георгием Антоновичем (1904-1968), учеником Фридмана по Петроградскому университету, концепция ранней “горячей” Вселенной. Она блестяще подтверждается в открытии 1965 года предсказанного реликтового излучения. По самым точным современным измерениям фоновое радиоизлучение выражается величиной 2,8 К (кельвинов). Реликтовое излучение равномерно заполняет объем Вселенной, т.е. оно однородно и изотропно. Этот тип излучения является решающим подтверждением удивительного факта, что мы живем в расширяющейся Метагалактике.

Излучение чисто случайно зарегистрировано американскими радиофизиками Арно Алланом Пензиасом (р. 1934) и Робертом Вудровом Вильсоном (р. 1936). В 1965 году по заданию известной радиотелефонной компании “Белл” они настраивали свою антенну на одном из крупных радиотелескопов для связи через искусственные спутники Земли. Антенна была настроена на длину волны 7,35 см. Оказалось, что на этой волне имеется неустранимый фоновый “шум”. Ни регулировка радиоаппаратуры, ни учет всех возможных источников радиопомех на Земле и в космосе не дали положительных результатов. Сигнал по-прежнему приходил с одинаковой интенсивностью со всех направлений. Пензиас и Вильсон выяснили удивительные вещи: загадочный радиосум не зависит ни от направления антенны, ни от времени суток и года. Ученые приходят к такому заключению: обнаружено реликтовое излучение, возникшее на ранней стадии расширения Вселенной, который и нужно ожидать по “горячей” теории Гамова. Термин “реликтовое” предложен советским астрофизиком Шкловским И.С. (1916-1985). Он означает “ископаемое”, дошедшее до нас из глубокого прошлого. По своему значению это открытие стоит рядом с открытием Хаббла. Пензиас и Вильсон отмечены Нобелевской премией (1978) за реликтовое открытие. Эволюционная космология Фридмана получает новое, исключительное по силе и убедительности подтверждение. Реальность ранней Вселенной является доказанным фактом.

Среди других гипотез рождения Вселенной можно назвать идею академика НАН Украины, профессора Фомина Петра Ивановича, выпускника Харьковского университета. Он предложил (1968) такую возможность: не могло ли возникновение Вселенной представлять собой квантовый процесс самопроизвольного рождения из вакуума? “И в самом деле, – пишут Э.А. Тропп, В.Я. Френкель, А.Д. Чернин, – рождение отдельных элементарных частиц из вакуума хорошо известно в физике, детально изучено и экспериментально доказано. И если сама Вселенная была когда-то подобна элементарной частице, то почему бы ей и не возникнуть таким доступным и даже естественным для элементарных частиц образом. Эта идея, высказанная независимо и другими исследователями, привлекает к себе внимание и усилия самых смелых и авторитетных теоретиков” [47].

Рождение, эволюция, будущее Вселенной – это кардинальные философские и естественнонаучные проблемы. Глубокие мысли на эти вопросы содержатся в фундаментальном труде выдающихся ученых, основателей Харьковских научных школ в физике А.К. Вальтера и И.И. Залюбовского «Ядерная физика». В частности, высказываются интересные идеи о рождении Вселенной. Авторы утверждают: «Модели суперобъединения, включающие гравитацию, должны будут дать ответ на главный вопрос космологии: Как образовалась Вселенная, в чем физическая причина ее рождения» [48].

В истории мировой науки, в частности астрономии, видное место занимает имя американского исследователя Эдвина Пауэлла Хаббла (1889-1953). Авторы книги об этом замечательном человеке А.С. Шаров, И.Д. Новиков делают такой вывод: “С 1924 по 1929 г., за каких-то пять лет, Хаббл добивается выдающихся результатов: показывает, что внегалактические туманности – это звездные системы и подтверждает тем самым теорию островной структуры Вселенной, создает общую классификацию туманностей – галактических и внегалактических и, наконец, открывает самое поразительное и грандиозное явление – расширение Вселенной. Проходит еще пять лет и Хаббл вместе с Хьюмасоном подтверждает закон красного смещения на все больших расстояниях, изучает распределение галактик до пределов, доступных 100-дюймовому рефлектору. Едва ли кому-либо из астрономов, не говоря о Копернике и Галилее, удалось сделать столь революционный переворот в наших представлениях о Вселенной, причем в удивительно краткие сроки” [49].

Затронем некоторые аспекты многогранной творческой деятельности Хаббла, о которых сказано выше в сжатой форме. Важной стороной открытий ученого является обнаружение спиральных туманностей (далеких звездных систем) – галактик. Именно туманности, по словам Эйнштейна, оказались “предназначенными для пополнения наших знаний о строении пространственно-временного континуума” [50]. Вселенная предстает перед глазами астрономов не миром звезд, а миром туманностей, галактик. Хаббл удается обнаружить, что галактики не покоятся в мировом пространстве, а быстро движутся. В своем большинстве они двигаются по направлению от нас, а не к нам. Устанавливается закономерность разлета галактик.

Главным достижением Хаббла – великого ученого XX столетия, автора замечательных открытий, определивших лицо современной астрономии, явилось установление закона красного смещения линий в спектрах далеких галактик, свидетельствующего о расширении Вселенной. Хаббл открывает то, что называют сейчас Большим Взрывом Вселенной. Красное смещение, как свойство космических объектов, проявляется в увеличении длин волн линий в электромагнитном спектре источника, т.е. смещение линий в сторону красной части спектра к более низким частотам, по сравнению с линиями эталонных спектров. Красное смещение, обусловленное эффектом Доплера, возникает в том случае, когда движение источника света относительно наблюдателя приводит к увеличению расстояния между ними. Космологическое красное смещение, наблюдаемое у далеких галактик и квазаров интерпретируется на основе общей теории относительности как эффект расширения Метагалактики (взаимного удаления галактик друг

от друга). Используя эффект Мёссбауэра, в 1959 г. удалось измерить красное смещение в гравитационном поле Земли [51]. Хаббл выявляет природу красного смещения в спектрах галактик и экспериментально доказывает, что оно обусловлено расширением Вселенной. Существует прямая взаимосвязь между красным смещением в спектрах галактик и расстоянием до них. Более далекие галактики обладают намного большими значениями красного смещения и, следовательно, движутся от нас намного быстрее. Ученик Э. Хаббла, американский астроном А. Сендидж зафиксировал в 1968 г. скорость удаления галактики, которая составила 140 тыс. км/с. [52].

Так как скорость удаляющихся друг от друга галактик возрастает по мере увеличения расстояния до них, то возникает такой нетривиальный вопрос: что может произойти в том случае, когда скорость удаляющихся от Земли галактик будет равной скорости света как предельно возможной скорости движения объекта в пространстве? Ответом на вопрос может служить такое утверждение: они станут для нас транснаблюдаемыми (принципиально ненаблюдаемыми) космическими объектами, так как их излучение никогда не сможет достигнуть Земли. В связи с такой постановкой вопроса можно сделать вывод, имеющий принципиальное философское значение: граница принципиально наблюдаемой Вселенной определяется такими факторами: уровнем все более совершенных и прецизионных астрономических приборов (телескопов, радиотелескопов и др.) и конечной, предельной скоростью распространения света.

Анализируя большой наблюдательный материал, Хаббл обращает внимание на то, что скорость удаления галактики тем больше, чем дальше от нас она находится. Эта зависимость называется законом Хаббла. Она имеет простой математический вид:

$$V=HR,$$

где V – скорость, R – расстояние, H – постоянная Хаббла, ее величина одинакова для всех галактик, где бы они не находились во Вселенной. По современным данным постоянная Хаббла заключена в пределах от 50 до 75 км/(с·Мпк), (1 Мпк (мегапарсек) = 10^6 пк $\approx 3 \cdot 10^{24}$ см).

Закон выполняется с высокой точностью как для близких, так и для далеких галактик. Закон Хаббла отражает крупномасштабные свойства мира и область его применимости – большие объемы Вселенной. Это открытие является прямым астрономическим доказательством нестационарности Вселенной. Расширяющаяся Вселенная должна выглядеть именно такой, какой впервые ее увидел Хаббл. Из фридмановской космологической теории следует и закон движения галактик Хаббла: линейная зависимость относительно скорости двух тел в расширяющемся мире всегда пропорциональна расстоянию между ними. Этот закон носит всеобщий характер и выполняется для наблюдателя в любой точке Вселенной. Он указывает на однородность Вселенной, т.е. равномерное распределение вещества по всему ее объему. По подсчетам Хаббла внутри области с радиусом $3 \cdot 10^8$ световых лет ($\sim 3 \cdot 10^{26}$ см) содержится сто миллионов туманностей. Согласно первым оценкам Хаббла средняя плотность вещества во Вселенной составляет примерно 10^{-30} г/см³.

В 60-е годы XX века астрономы подтвердили ряд гипотез Хаббла. Они обнаружили, что в центрах галактик происходят чудовищные катастрофы – Большие Взрывы. Оказывается, что большинство галактик содержит шаровые звездные скопления, состоящие из сотен тысяч звезд, вращающихся вокруг центра по очень вытянутым эллиптическим орбитам. Именно такую структуру предсказывают гипотезы Хаббла.

Наблюдательная астрономия последнего времени имеет впечатляющие результаты. Современные телескопы позволяют измерять блеск, цвет и красные смещения галактик в объеме пространства, превосходящем в 10 миллионов раз область, исследованную первым классификатором – Эдвином Хабблом. Наблюдения выявляют новые особенности структуры Вселенной. Вместе с тем они подкрепляют главную гипотезу Хаббла: пространственное распределение, движение и другие характеристики одинаковы во всех областях и направлениях Вселенной.

Теория относительности вскрыла закономерности природы более глубоко, чем классическая физика. Ньютонское представление о мире было во многом изменено под влиянием физического учения Эйнштейна. На его месте выросла картина мира, в которой оказались объединенными Материя, Движение, Пространство, Время, которые считались ранее разобщенными понятиями. Общая теория относительности вносит существенный вклад в философско-физическое учение о материи, пространстве и времени. Согласно этой теории “геометрические свойства пространства не самостоятельны: они обусловлены материей” [53]. Утверждается, что “пространство без поля не существует. Пространство-время существует не само по себе, но только как структурное свойство поля” [54]. Гравитационное поле, как форма существования материи, “определяет метрические законы пространственно-временного континуума” [55].

Таким образом, пространство-время является выражением наиболее общих отношений материальных объектов и вне материи существовать не может. Это кардинальное утверждение общей теории относительности в понимании природы пространства-времени ярко формулирует А. Эйнштейн в беседе с корреспондентом американской газеты “Нью-Йорк таймс” (1921). Отвечая на вопрос, в чем состоит сущность теории относительности, великий мыслитель сказал так: “Суть такова: раньше считали, что если каким-нибудь чудом все материальные вещи исчезли бы вдруг, то пространство и время остались бы. Согласно же теории относительности вместе с вещами исчезли бы и пространство, и время” [56]. Проще и нагляднее, пожалуй, нельзя сформулировать неразрывную связь материи, движения, пространства и времени. Пространство и время выступают способом существования объективной реальности. Эта теория сделала огромный качественный шаг в осмыслении структуры мироздания. Вклад общей теории относительности в космологию имеет два значения. Одно из них связан с первыми экспериментами, подтверждающими выводы только что созданной теории, второе – с открытием ряда структурных элементов Вселенной (квазары, пульсары, черные дыры), развивших вывод о ее эволюции. Эти открытия были подготовлены революцией в технике эксперимента.

Если учение Ньютона многие десятилетия принималось за истину в последней инстанции, то после создания теории относительности Эйнштейн показал, что теория может быть относительной истиной. Более того, он намечает путь, по которому должна двигаться физика, чтобы ответить на поставленные вопросы. “Цель теоретической физики, – подчеркивает Эйнштейн, – состоит в том, чтобы создать систему понятий, основанную на возможно меньшем числе логически независимых гипотез, которая позволила бы установить причинную взаимосвязь всего комплекса физических процессов” [57].

Теория относительности вырастает из изучения объективных свойств материального мира. Ее эмпирическое происхождение очевидно: в основе специальной теории относительности находятся принципы относительности и постоянства скорости света, которые являются результатом обобщения большого экспериментального материала; в основе общей теории относительности – принцип равенства тяжелой и инертной масс.

Объективность теории относительности обосновывается также соответствием ее теоретических выводов экспериментальным данным и применением этих выводов на практике. Действительно, специальная теория относительности является не только теоретическим фундаментом современной физики. Без нее нельзя сегодня решать многие конкретные научно-исследовательские и инженерные задачи, в частности атомной энергетики и ускорительной техники физики элементарных частиц. Релятивистские эффекты (уменьшение длины тела, замедление хода времени в движущихся системах) – это вовсе не математические уловки и не субъективные представления наблюдателя. Истолкование пространственно-временных свойств материи с их учетом дает возможность объяснить многие явления природы. Специальная теория относительности успешно применяется сегодня в физике атома, ядра, элементарных частиц.

Только она в состоянии объяснить тот факт, почему короткоживущие пи-мезоны, образуемые в верхних слоях атмосферы, успевают достигнуть поверхности Земли,

пролетая при этом десятки километров. Ведь, если бы не было релятивистских эффектов, пи-мезоны за свою жизнь пролетели бы путь длиной лишь в несколько метров.

Атомная энергетика и ускорительная техника физики элементарных частиц просто немыслима без теории относительности. Также не вызывает сомнений и экспериментальная обоснованность общей теории относительности. Она уже имеет в своем активе ряд экспериментальных доводов. Без релятивистской теории гравитации нельзя объяснить многие явления, открытые современной астрофизикой в последние годы.

Теория относительности резко повысила импульс естествоиспытателей (прежде всего физиков) к философской проблематике, она показывает необходимость методологического и эпистемологического анализа понятийного аппарата физической науки. Эйнштейн замечает в связи с этим: “Специальная теория относительности привела к значительным успехам. Она примирила механику с электродинамикой. Она сократила число логически независимых друг от друга гипотез в электродинамике. Она сделала неизбежным методологический анализ основных понятий. Она объединила законы сохранения импульса и энергии, выявила единство массы и энергии” [58]. Теория относительности вместе с квантовой механикой явилась новым этапом в кардинальном переосмыслении понятий классической физики. В поле зрения теории относительности оказались не только понятия, непосредственно связанные с материей: поле, вещество, эфир, масса и др. Она кардинально переосмысливает представления о пространстве, времени, движении. Общая теория относительности затрагивает ряд глубоких космологических проблем.

Содержание многих научных понятий классической физики, характеризующих структуру Вселенной, под ее влиянием изменяются и получают совершенно новую трактовку. Кроме того, в процессе построения теории относительности происходит становление и кристаллизация новых методологических императивов современного научного познания.

А. Эйнштейн уделяет большое внимание теоретико-познавательным, эпистемологическим проблемам получения нового знания, поиску путей построения научных теорий, выявлению места и роли теоретических методов и принципов в этом сложном противоречивом процессе. Если ученый находится в области опытных фактов и эмпирических закономерностей, то зачастую он испытывает большие трудности в выработке общих утверждений и понятий. Он как бы “застывает в беспомощном состоянии перед единичными результатами эмпирического исследования до тех пор, пока не раскроются принципы, которые он сможет сделать основой для своих дедуктивных построений” [59]. Поэтому, подчеркивает А. Эйнштейн, творческая деятельность исследователя должна быть направлена на то, чтобы найти, отыскать, “выведать у природы четко формулируемые общие принципы, отражающие определенные общие черты огромного множества экспериментально установленных фактов” [60]. При построении теории относительности удается “выведать у природы” такие принципы: принцип постоянства скорости света, обобщенный принцип относительности, принцип эквивалентности. К таким общим положениям относится гипотеза М. Планка о кванте действия и др. Они играют эвристическую роль, ведут к более глубокому и полному знанию, раскрывают новые стороны и грани физического мира.

Существуют и такие ситуации в науке, заключает А. Эйнштейн, “когда четко сформулированные принципы ведут к следствиям, которые полностью или почти полностью выходят за рамки явлений, доступных исследованию в настоящее время. Чтобы узнать, соответствуют ли в этом случае принципы теории истине, понадобится, может быть, многолетняя экспериментальная исследовательская деятельность. Именно так обстоит дело с теорией относительности” [61].

Согласно взглядам А. Эйнштейна, теоретическое познание развивается главным образом дедуктивным путем: от некоторых исходных понятий, принципов, гипотез к системе утверждений, которая выражает сущность объектов и процессов природного мира в их целостности.

Теория относительности связана с философией. Результаты, полученные ею, имеют не только естественнонаучное, но и общеполитическое значение. Они обогащают наши философские представления о мире, углубляют наши знания о свойствах и закономерностях материального мира. Все это дает основание утверждать и значительную методологическую ценность теории относительности в развитии научного познания. Научные достижения А. Эйнштейна и его глубокие философские размышления о закономерностях развития науки оказали огромное влияние на философию науки и философию XX века в целом [62].

Литература.

1. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – М.: Наука, 1965. – Т. 1. – С. 7-35.
2. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – М.: Наука, 1989. – С. 191.
3. Эйнштейн А. Письмо К. Попперу // Эйнштейновский сборник. 1975-1976. – М.: Наука, 1978. – С. 283-284.
4. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – С. 191-192.
5. Там же. – С. 192.
6. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – М.: Наука, 1966. – Т. 2. – С. 120.
7. Там же. – С. 657.
8. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 175.
9. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое. – С. 13.
10. Общая дискуссия о теории относительности на собрании немецких естествоиспытателей // Эйнштейновский сборник. 1971. – М.: Наука, 1972. – С. 376.
11. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 2. – С. 660.
12. Эйнштейн А. Собр. научных трудов. – Т. 1. – С. 452.
13. Минковский Г. Пространство и время // Принцип относительности. – М. – Л.: ОНТИ, 1935. – С. 181.
14. Гернек Ф. Альберт Эйнштейн. – М.: Мир, 1979. – С. 47.
15. Брагинский В.Б. Экспериментальная проверка теории относительности. – М.: Знание, 1977.
16. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 567.
17. Там же. – С. 567-568.
18. Зелиг К. Альберт Эйнштейн. – М.: Атомиздат, 1966. – С. 150.
19. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 568.
20. Эйнштейн А. Собр. научных трудов. – М.: Наука, 1967. – Т. 4. – С. 184.
21. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 582.
22. Там же. – С. 514-523.
23. Уим К.М. Двойной пульсар, гравитационные волны и Нобелевская премия // Успехи физических наук, 1994. – Т. 164. – № 7. – С. 765.
24. Малая энциклопедия открытий. – М.: Торсинг, 2001. – С. 190.
25. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 2. – С. 47.
26. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 587.
27. Хьюиш Э. Пульсары // Успехи физических наук, 1969. – Т. 97. – № 9.
28. Тейлор Дж. Пульсары. – М.: Мир, 1980.
29. Хокинг Стивен. Черные дыры и молодые Вселенные. – СПб.: Амфора, 2001. – С. 7.
30. Там же. – С. 133.
31. Там же. – С. 133 - 134.
32. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 583.
33. Там же. – С. 587.
34. Риман Б. Сочинения. – М. – Л.: Гостехиздат, 1948. – С. 290.
35. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 584, 587.

36. Борн М. Физика в жизни моего поколения. – М.: Изд-во иностранной литературы. – С. 330.
37. Фридман А.А. Избранные труды. – М.: Наука, 1966. – С. 317.
38. Там же.
39. Паркер Барри. Мечта Эйнштейна: в поисках единой теории строения Вселенной. – СПб.: Амфора, 2000. – С. 178.
40. Фридман А.А. Избранные труды. – С. 245.
41. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 2. – С. 599.
42. Там же. – С. 610.
43. Фридман А.А. Избранные труды. – С. 245.
44. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 608.
45. Борн М. Эйнштейновская теория относительности. – М.: Мир, 1973. – С. 354.
46. Марков А.А. Размышления о физике. – М.: Наука, 1988. – С. 151.
47. Тропп Э.А., Френкель В.Я., Чернин А.Д. Александр Александрович Фридман. – М.: Наука, 1988. – С. 288.
48. Вальтер А.К., Залюбовский И.И. Ядерная физика. – Харьков: Основа, 1991. – С. 416.
49. Шаров А.С., Новиков И.Д. Человек, открывший взрыв Вселенной. – М.: Наука, 1989. – С. 95.
50. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 4. – С. 197.
51. Физический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – С. 318.
52. Шаров А.С., Новиков И.Д. Человек, открывший взрыв Вселенной. – С. 150.
53. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 1. – С. 587.
54. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 2. – С. 758.
55. Там же. – С. 47.
56. Звезда, 1956. – № 1. – С. 137.
57. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 4. – С. 55.
58. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 2. – С. 123.
59. Эйнштейн А. Собрание научных трудов. – Т. 4. – С. 15.
60. Там же. – С. 14-15.
61. Там же. – С. 15.
62. Пугач Б.Я. Фундаментальные проблемы истории и философии науки. – Харьков: Факт. – 536 с.

Поступила в редколлегию 20.03.2005 г.

© Пугач Б.Я., 2005.