

РАЗДЕЛ II ОСНОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ КОСМОЛОГИИ

Е.А. Мамчур

Об эмпирическом обосновании современной космологии*

Если то, что считать реальным, зависит от нашей теории, как же мы можем сделать реальность основой нашей философии?

Стивен Хокинг¹

Обсуждая проблемы обоснования современного космологического знания, необходимо разделить две области: область планковских масштабов, с одной стороны, и до-планковских – с другой. Для планковских масштабов до последнего времени считалось, что все выдвинутые теоретические модели не являются эмпирически обоснованными. Полагалось, что мы не можем проверить ни одно из следствий этих моделей экспериментально, поскольку у нас нет для этого достаточных энергий. И в самом деле, существующие уровни энергии, которыми оперируют в физике элементарных частиц, недостаточны для того, чтобы получить данные для проверки любого из выдвинутых подходов к квантовой теории гравитации. В сентябре 2008 г. в ЦЕРНе запущен новый кольцевой ускоритель – Большой адронный коллайдер (БАК). Есть надежды, что полученная на нем энергия частиц – она будет находиться в терадиапазоне (диапазон энергий, когда сталкиваются две частицы с суммарной энергией 1 тераэлектронвольт – 10^{12} эВ) – будет достаточна для того, чтобы подтвердить или опровергнуть некоторые из гипотез, выдвинутые в рамках различных подходов к квантовой гравитации. До последнего времени специалисты считали,

* Данная статья является несколько измененной и доработанной версией статьи «Как возможно эмпирическое обоснование теоретического естествознания (на примере современной космологии)» (Филос. журн. 2009. № 2(3). С. 64–76).

что энергия, полученная на этом ускорителе, не будет достаточной для непосредственного подтверждения или опровержения квантовой гравитации: она слишком далека от требуемой. Нужны планковские уровни энергии (10^{28} эВ). В связи с этим искали косвенные подтверждения. В настоящее время, как утверждает Ли Смолин², положение изменилось: сейчас уже можно говорить, что период развития теории без эксперимента закончился, поскольку появилась возможность проверить экспериментально некоторые следствия выдвигаемых моделей. Например, через подтверждение существования суперсимметрии, которое следует из теории суперструн, подтвердить или опровергнуть теорию струн. Если бы удалось обнаружить частицы – суперпартнеры, существование которых следует из идеи суперсимметрии, это явилось бы важным доказательством того, что теория суперструн находится на верном пути.

Еще одна возможность проверки и даже выбора между конкурирующими подходами в квантовой теории гравитации – струнного и петлевого – открывается в связи с тем, что обе теории делают разные предсказания относительно лоренц-инвариантности специальной теории относительности (СТО). Теория суперструн утверждает, что лоренц-инвариантность является точной симметрией мира, в котором мы живем; она выполняется на всех масштабах, не только допланковских, но и планковских, и локально выполняется даже там, где сказываются эффекты кривизны пространства-времени. С позиции петлевого подхода эта симметрия выполняется только для масштабов больше планковской шкалы величин.

Конечно, все это еще далеко от тех стандартов обоснованности, которые были присущи классической и даже неклассической физике, в частности, квантовой механике и стандартной модели физики элементарных частиц. У современных теорий планковского масштаба нет прямого экспериментального гида, который был, например, у становящейся квантовой механики. В этой теории в качестве такового выступали данные спектрального анализа, с объяснением которых классическая электродинамика не справлялась. Квантовая теория блестяще объяснила характер спектров, что явилось одним из доказательств ее правильности.

Относительно теоретических моделей до-планковского уровня величин, то здесь общепринятым является мнение, что по крайней мере одна из них – стандартная космологическая модель – неплохо

обоснована эмпирически. Существует убеждение, что она основана на фактах и наблюдениях, так же как и все другие физические теории. Во всяком случае, так считают сами космологи – приверженцы этой модели. Но так ли это на самом деле? Это вопрос для эпистемологии и методологии науки. Давайте послушаем воображаемый диалог между методологом науки и космологом. (Далее *М*-будет обозначать методолога; *К*-космолога.)

М.: Итак, вы утверждаете, что современная космология основана на наблюдениях и фактах.

К.: Да, это так. Конечно, и здесь еще многое не доказано, но в общем и целом, стандартная космологическая модель может считаться эмпирически обоснованной.

М.: Но уверены ли вы в этом? Вы, конечно же, знаете о существовании такого явления, как теоретическая нагруженность эмпирических данных.

К.: Разумеется, я знаю, что в науке «сырых» данных нет.

М.: Да, и в новейшей философии науки наиболее сильно эта особенность фактов была подчеркнута в постпозитивистской философии науки в 60–70-х гг. прошлого века. Тезис о теоретической нагруженности эмпирических данных поставил точку над *i* в длительных дискуссиях, имевших место в неопозитивистской философии науки. Позитивизм на всех этапах своего развития боролся с метафизикой, стремясь оградить научное знание от метафизических утверждений. С позиций позитивизма эти утверждения лишены смысла и не могут быть ни верифицированы, ни фальсифицированы. Позитивисты усматривали свою задачу в том, чтобы поставить науку на твердую почву фактов. Для этого, как они думали, нужно было найти в системе научного знания *предложения наблюдения*, т. е. предложения, лишенные теоретических привнесений. Только они могли, как казалось, выступить надежным эмпирическим базисом теоретического знания. В длительных дискуссиях выяснилось, однако, что таких предложений в науке нет. Даже самое простое предложение наблюдения, типа: «В камере Вильсона виден след электрона», уже содержит в себе теоретический термин «электрон».

К.: Кто предложил термин «теоретическая нагруженность» данных?

М.: Этот термин был введен Н.Р.Хансоном – талантливым философом науки, к сожалению рано ушедшим из жизни (погиб в авиакатастрофе). Между прочим, другой представитель постпозитивистской философии науки П.Фейерабенд критиковал Хансона за этот термин, находя его неудачным и не отражающим глубины проблемы. Он говорил, что этот термин может породить у читателя неверные представления, будто бы у нас есть некий грузовик с фактами, на которые мы дополнительно нагружаем теоретические интерпретации. На самом деле, говорил он, связь между фактами и теориями носит значительно более интимный характер: *теории вездесуци, ими пронизано все.*

Не кажется ли вам как ученому, что теоретическая нагруженность данных выступает непреодолимым препятствием для того, чтобы считать эмпирический базис теории сколько-нибудь «твердым» и надежным фундаментом теоретического знания?

К.: Нет, не кажется. Напротив, я уверен, что теоретическая интерпретация эмпирических данных представляет собой не зло, а благо. Без хотя бы минимальной теоретической интерпретации эмпирические данные не могут стать intersubъективными и, следовательно, не могут быть средством научной коммуникации, столь необходимой для того, чтобы знание стало общезначимым. Полученные в одной лаборатории, эти данные не смогут быть сообщены другим ученым или переданы в другие лаборатории, хотя бы для перепроверки.

Как бы мы могли сделать intersubъективным, скажем, известный в космологии эффект «красного смещения»? Без всякой теоретической интерпретации мы могли бы только отметить, что видим на экране спектроскопа линии и полосы. Мы не смогли бы даже сказать, что собой представляют эти линии; тем более не смогли бы отметить, что длина волны света, поглощаемого химическими элементами в атмосфере удаленных галактик по сравнению с длиной волны света, поглощаемого теми же элементами на Земле, изменилась в сторону ее увеличения, сместилась в сторону красного конца спектра (это и есть «красное смещение»). Так что, то, что вы считаете трудностью, на самом деле является необходимым условием исследовательской работы.

М.: Ваши возражения верны. Но я пока еще не сказал главного. Дело в том, что основная проблема заключается не просто в нагруженности эмпирических данных теорией, не в том, что «голых»

данных в науке нет, поскольку все они уже теоретически интерпретированы. Она в том, что в интерпретацию эмпирических данных включаются и те теории, которые являются объектом эмпирического обоснования! Это обстоятельство пост-позитивистскими философами науки было зафиксировано в утверждении о *тотальной парадигмальной зависимости эмпирических данных*. Нет данных, независимых от господствующей теоретической парадигмы. Используя терминологию американского философа науки Клиффорда Хукера, этот тезис можно перефразировать и так: парадигмы (он говорил о фундаментальных научных теориях) «внутренне глобальны»³. Они определяют собой все, и не только цели и ценности научного сообщества, разделяющего эту парадигму, или принятые в ее рамках стандарты оценок и критерии научности, но и все имеющиеся эмпирические данные. Эксперименты ставятся «под» фундаментальную теорию, результаты экспериментов интерпретируются этой же теорией.

Вот уж, действительно, когда все зашаталось! Как можно считать теорию эмпирически обоснованной, если она сама участвует в своем обосновании? Получается, что она сама себя обосновывает. Среди критиков науки – гуманистов, постмодернистов и т. п. стали раздаваться голоса о том, что, мол, хитрые ученые только выдают свои теории за надежно фундированные. На самом деле, они закладывают в интерпретацию якобы независимого проверочного эксперимента (или наблюдения) те положения теории, которые как раз и должны быть подтверждены и обоснованы. Так что на проверку оказывается, говорили они, что независимое эмпирическое обоснование теорий невозможно, и теоретическое знание – это не здание на надежном фундаменте, а колосс на глиняных ногах.

В нашей философии постпозитивистская философия науки получила название *исторического направления*. Такое название ей было дано в связи с тем, что, в отличие от позитивизма, ее представители сделали объектом своего рассмотрения не только «готовое», уже сформировавшееся знание, но и его генезис, и развитие, учтя при этом, что это развитие осуществляется во взаимоотношении с социокультурным контекстом (обстоятельство, которое полностью игнорировалось позитивистами). Как известно, «исторический подход» не был однородным. Внутри него существовали два направления, в известном смысле противоположные

друг другу. Представители одного из них пытались обосновать наличие у науки особого эпистемологического статуса, понимая под этим ее способность добывать объективно истинное знание о мире (К.Поппер, И.Лакатош). Представители другого – (Т.Кун, П.Фейерабенд, Н.Р.Хансон) отрицали этот статус. Но как бы ни различались эти два подхода, *оба они разделяли мнение об отсутствии в познании надежного эмпирического базиса.*

Это обстоятельство в свое время ускользнуло от внимания отечественных философов науки, принимавших участие в знаменитых дискуссиях 1960–1980-х гг. Так что оно может показаться им странным и неубедительным: слишком разными были эти два направления. И, однако, это так. В самом деле, с одной стороны, П.Фейерабенд настаивал на том, что нет никаких доводов для разделения и различения фактов и теорий: факты настолько пронизаны теориями, что сами становятся теориями. С другой стороны, это же утверждали представители противоположного подхода Поппер и Лакатош. Лакатош формулировал свою мысль так: «Ни одно фактуальное предложение не может быть доказано экспериментально... Опытное доказательство фактуальных предложений невозможно»⁴. Еще более определенно высказывался по этому поводу К.Поппер. Он настаивал на том, что «утверждения об экспериментальных результатах – всегда интерпретации... интерпретации наблюдаемых фактов в свете теорий»⁵. В самом по себе этом высказывании Поппера нет ничего неверного. Но как будет показано ниже, Поппер упускал из вида одну существенную деталь, и это делает его утверждения о невозможности эмпирического обоснования научного знания (верификации теорий) не адекватными реальному положению дел в науке.

Такая интерпретация взаимоотношения теории и эмпирических данных привела к весьма драматическому повороту событий в философии науки. Т.Куна и П.Фейерабенда принятие этого тезиса привело к концепции несоизмеримости теорий, отрицанию эффективности когнитивных и даже рациональных доводов в процессе смены парадигм научного мышления; к отказу от наличия преемственности в развитии научного познания и, в конечном счете, к замене философии науки социологией познания.

Не решили задачи рациональной реконструкции процесса развития научного знания и представители первого подхода. Несмотря на отдельные конкретные достижения в ее решении, Лакатош при-

шел в конце концов к выводу, что окончательный вердикт в вопросе о том, какая из конкурирующих теорий «лучше», выносит «научная элита». Какая уж тут объективность знания! И значительную роль в таком пессимистическом выводе автора методологии исследовательских программ сыграло его неверие в существование фактов в научном познании.

К.: Что-то тут не так. Я не знаю, где кроется ошибка в рассуждениях философов науки, но она, несомненно, есть. В науке достигается адекватность теории действительности, и происходит это как раз благодаря тому, что в научном познании существуют вполне надежные факты и наблюдения. Возьмите, например, уже упомянутое мной явление «красного смещения». Это – факт, и любая выдвигаемая модель Вселенной обязана его объяснить и учесть, иначе она будет отброшена.

Или недавнее (сделанное в 1998 г.) открытие, что наша Вселенная расширяется с ускорением. Разве оно не опиралось на хорошо установленное наблюдение более быстрого (по сравнению с тем, которое следовало из стандартной космологической модели) убывания светимости Сверхновых звезд?

Этот список можно без труда продолжить. Все выдвигаемые в современной космологии гипотезы (по крайней мере в рамках стандартной космологической модели) основываются на данных наблюдений и фактах, которые не противоречат им. Если выдвигаемая модель противоречит хорошо установленным фактам, то она не будет принята к рассмотрению. Представления о том, что все определяется теорией, неверно. Ведь в науке мы не только проверяем теории – процедура, где обозначенная проблема действительно важна. Мы ставим поисковые эксперименты, когда теорий, которые намереваются проверить, еще просто не существует. Да мы и просто совершаем наблюдения, безотносительно к любой теории, и для астрономии это является повседневной рутинной работой. Кстати, систематические наблюдения за Сверхновыми звездами начались задолго до открытия ускоренного расширения Вселенной.

Или возьмите такой важный для обоснования теории Большого взрыва результат, как открытие реликтового излучения. Его случайно обнаружили американские радиоастрономы А.Пензиас и Р.Вилсон в 1965 г. С помощью радиотелескопа они исследовали космос, надеясь найти в нем источники радиоиз-

лучения, которые могли бы быть причиной радиопомех, существующих помимо уже известных атмосферных радиопомех. Вскоре они обнаружили, что кроме открытых ими локализованных источников радиоизлучения в космосе существует равномерно распределенная энергия, имеющая температуру порядка $4\text{ }^{\circ}\text{K}$. Результат наблюдения казался бессмысленным, его никак не удавалось истолковать теоретически. Астрономы решили, что открытое ими явление – результат систематической ошибки и попытались найти ее источник. После того, как они устранили все возможные источники ошибок, температура стала $3\text{ }^{\circ}\text{K}$.

Этот результат так бы и мог остаться непонятным, если бы, к счастью, почти в то же время группа теоретиков из Принстона не опубликовала препринт, в котором было показано, что если Вселенная произошла в результате Большого взрыва, то температура космоса должна быть выше абсолютного нуля, благодаря остаточной энергии взрыва. Более того, было показано, что эта энергия должна проявлять себя в форме радиосигналов.

Так было найдено то, что получило название реликтового излучения. Обратите внимание: наблюдения Пензиаса и Вилсона никак не были связаны с гипотезами Большого взрыва и расширения Вселенной. Полученный ими результат был получен совершенно независимо от этой гипотезы в процессе постоянно ведущегося астрономического исследования космоса. Так что уж это-то факт в самом чистом виде.

М.: Согласен с вами: факты в научном познании действительно есть. Представители исторического направления в своей критике позитивизма просто просмотрели их. И подвела их принятая ими преимущественно *холистская* установка в реконструкции познавательного процесса. Для позитивизма (какими бы негативными чертами он ни обладал) главным методом исследования научного знания был скрупулезный анализ, базирующийся на вычленении элементов и поиске связей между ними. Реконструкция развития научного познания как целого строилась на основе осуществленного анализа, основываясь на результатах проделанной аналитической работы. В своей попытке оттолкнуться как можно дальше от позитивизма сторонники исторического направления нередко *исходили* из целостности, принимали ее как данность. Они стремились доказать, что все значительно сложнее, чем представляли

себе позитивисты: теория и эмпирия тесно переплетены и связаны друг с другом; метафизику невозможно отделить от теоретического знания, ибо она входит в теоретическую систему; науку невозможно вырвать из культурного контекста; внутренняя история науки неотделима от внешней и т. д. Во всем этом была определенная доля истины, но в целом холистская установка воспрепятствовала тому, чтобы они смогли увидеть, что далеко не все в науке так уж связано и перепутано.

Да, действительно, в интерпретацию эмпирических данных, выступающих в качестве подтверждающих или опровергающих ту или иную теорию, включается и сама проверяемая теория. Да, эксперименты ставятся «под теорию». Вместе с тем в системе теоретически интерпретированных результатов экспериментов есть слой данных, *в который проверяемая теория не включается*. Вот этот-то слой и представляет собой те данные, которые выступают вполне надежным оселком, на котором проверяются следствия выдвигаемой теории. Они-то и оказываются фактами, теми фактами, существование которых постпозитивисты отрицали.

К.: Вы хотите сказать, что вопреки постпозитивистским представлениям о целостности эмпирического базиса, он имеет четко выраженную и внутренне дифференцированную структуру?

М.: Именно так. В нем можно выделить два уровня. Один из них (нижний), в который проверяемая теория не включается. На этом уровне результаты наблюдения или эксперимента просто фиксируются, описываются, в связи с чем он может быть охарактеризован как *интерпретация-описание*. Это и есть то, что может быть квалифицировано как факт. И второй уровень, в который проверяемая теория не только включается, но и играет здесь главную роль: она обеспечивает объяснение данных первого уровня. Он может быть квалифицирован как *интерпретация-объяснение*.

В методологическом сознании эти интерпретации нередко оказываются как бы «сросшимися» и предстают как единое целое. Но если мы за этой кажущейся целостностью не сумеем увидеть внутренней дифференцированности, мы не сможем понять, как вообще возможно эмпирическое обоснование теории. Различение рассматриваемых уровней дает возможность разорвать порочный круг, который и существует, конечно же, только в головах у некоторых методологов.

Вернемся к протицированному высказыванию Поппера, в котором Поппер говорил как раз о существовании такого круга. Анализируя это высказывание, можно увидеть, что Поппер был прав, когда он говорил, что утверждения об экспериментальных результатах всегда являются интерпретациями данных в свете теорий. Однако он не указывал, *каких* именно теорий. Поэтому он ошибочно утверждал, что теоретическая нагруженность данных – главная причина несостоятельности процедуры эмпирического подтверждения теорий.

«Наблюдения и в еще большей степени предложения наблюдений и утверждения об экспериментальных результатах, – писал Поппер, – всегда являются интерпретацией наблюдаемых фактов ...интерпретацией в свете теорий. И это одна из главных причин, почему так обманчиво легко осуществить верификацию теории и почему мы должны занять очень критическую позицию по отношению к нашим теориям, если мы не хотим при проверке теории попасть в порочный круг»⁶.

Однако более тщательный анализ показывает, что в реальном познании нет круга в аргументации при доказательстве или проверке теории. Поппер упускает из вида очень важный момент, на котором настаиваем мы: доминантные теории парадигм *не включаются* в интерпретацию данных первого уровня. Эти данные интерпретируются *другими* теориями, отличными от базисных теорий парадигм. Базисные теории включаются в интерпретацию только на втором уровне, на котором происходит объяснение данных первого уровня. В связи с этим данные первого уровня могут быть квалифицированы как парадигмально независимые.

Насколько мне известно, впервые такая дифференциация была проведена в отечественной философии⁷. Было подчеркнуто, что «внутренняя глобальность» парадигм (или фундаментальных научных теорий) на самом деле не является глобальной. Она не «захватывает» весь имеющийся эмпирический материал: существует слой данных, «сопротивляющихся», «не подчиняющихся» ей. И утверждения представителей исторического направления о том, что в научном познании нет *парадигмально независимых* данных экспериментов и наблюдений, а значит, нет фактов, оказывается мифом.

К.: Да, в хорошенькие игры вы играете в своей философии науки. Ломитесь в открытую дверь: доказываете, что надежные факты в науке есть, хотя это и так ясно любому ученому, в том числе и космологу. Зачем это доказывать?

М.: Дело в том, что задача философа науки не совпадает с задачей ученых. Для ученых-естествоиспытателей предметом исследования выступает природа. Философы науки, напротив, исследуют не природу, а процесс ее познания; они смотрят на познавательный процесс как бы сверху или со стороны. Их интересуют вопросы о том, как в науке достигается (или не достигается) адекватность знания действительности, какие методы и средства используются для реализации этой цели. И даже если естествоиспытатели убеждены, что в науке есть надежный эмпирический базис, и для них в этом плане проблемы нет, философ науки ставит кантовский по своей природе вопрос: *как возможны факты в науке?* Говоря словами Гегеля, задача философа не просто указать на тот или иной аспект познавательного процесса, его задача – выразить этот аспект в логике понятий или, как сейчас говорят, теоретически реконструировать его.

К.: Ну и как вы используете потом результаты своего анализа? Пытаетесь учить ученых, как делать науку?

М.: Совсем нет. Таких амбиций у философов науки нет. Если хотите, у философии науки вообще другой адресат. Им являются не столько наука и ученые, сколько сама философия. Наука – такое значительное явление в жизни общества, она занимает такое большое место в системе человеческой культуры, что не анализировать ее, не изучать ее философия просто не имеет права. Ведь философия – это теоретическое мировоззрение эпохи. Какое же мировоззрение без знания о том, что такое наука и как она функционирует!

Времена, когда философия диктовала науке как ей развиваться, к счастью, отошли в прошлое. Никакого «навязывания» и диктата давно уже нет. Хотя философы науки надеются, что ученые не останутся глухими к осуществляющейся ими критике реальной познавательной деятельности в науке, если, конечно, эта критика покажется им продуктивной. Критическая функция за философией науки, конечно же, остается. И она имеет свое право на существование, если только осуществляется грамотно. Она вполне может оказываться полезной и для науки, в силу того, что философ спе-

циально изучает особенности познавательного процесса. У работающего ученого на это просто нет достаточного времени. Хотя лучшими методологами науки, как правило, оказываются все-таки «думающие» ученые. Такие, которые выходят на мета-уровень и обращаются к методологическим и эпистемологическим проблемам научного познания. В их числе не только ученые XX века, такие как Н.Бор, А.Эйнштейн, В.Гейзенберг, но и многие современные ученые – Р.Пенроуз, С.Вайнберг, К.Ровелли, де Виттен и многие другие. Но все это вещи, не имеющие прямого отношения к обсуждаемой нами проблеме.

К.: Да, давайте вернемся к вопросу эмпирического обоснования современной космологии. Мы остановились на эффекте «красного смещения». Так где же, с вашей точки зрения, в его теоретической интерпретации проходит граница между тем, что вы называете *интерпретацией-описанием* и *интерпретацией-объяснением*?

М.: *Интерпретация-описание*, или, как мы уже договорились, *факт* – это увеличение длины волны линий спектра далеких галактик, смещение их к красному концу спектра. *Интерпретация-объяснение* – это то истолкование этого смещения, которое оно получает в недрах обосновываемой теории. В теории расширяющейся Вселенной увеличение длины волны линий спектра было истолковано как убедительное свидетельство «разбегания» Галактик, т. е. расширения Вселенной. Согласно эффекту Доплера смещение линий в спектрах удаленных галактик в сторону красного конца спектра свидетельствует о том, что они удаляются друг от друга, и Вселенная не является стационарной.

То же самое можно сказать и о других фактах космологии. Упомянуемое вами более быстрое, чем должно было бы быть согласно стандартной космологической модели, убывание светимости сверхновых, это факт – результат прямого наблюдения и измерения. В процессе наблюдения за Сверхновыми было обнаружено, что для далеких галактик существует отклонение от закона Хаббла, установившего существование линейной зависимости между скоростью «разбегания» галактик и расстоянием до них. Было зафиксировано, что наблюдаемая яркость далеких сверхновых слабее, чем можно было ожидать, руководствуясь расчетами, сделанными на основе закона Хаббла. Реальные расстояния до далеких источников света оказывались больше, чем следует из этого закона. На

этом основании была выдвинута гипотеза о том, что Вселенная расширяется с ускорением, а затем сделано предположение, что ответственность за это несет эффект антитяготения.

К.: Вы сказали: более быстрое убывание светимости звезд это результат прямого наблюдения и измерения. Но ведь также и теоретической интерпретации!

М.: Разумеется, и довольно сложной, включающей в себя большой теоретический материал. То, что квалифицируется как факт, — это обычно лишь вершина айсберга. Из работ специалистов-космологов следует, что к моменту наблюдения нужно было уже знать закон Хаббла; уметь определять расстояние до звезды по ее яркости и красному смещению; следовало выбрать звезды с подходящей величиной красного смещения — оно должно было быть достаточно большим, чтобы отклонение от закона Хаббла могло проявиться; нужно было знать особенности сверхновых, хотя бы для того, чтобы из двух типов этих звезд отобрать для наблюдения более подходящие (были выбраны Сверхновые типа Ia, обладающие наибольшей яркостью) и т. д. Но для нас важно подчеркнуть: *в интерпретации результата наблюдения, подтверждающего гипотезу об антитяготении и темной энергии, сама эта гипотеза не участвует.* Полученный результат состоял, как уже говорилось, в утверждении, что яркость Сверхновых убывает с расстоянием быстрее, чем это следует из закона Хаббла и стандартной космологической модели. Здесь и речи нет ни об антитяготении, ни о темной энергии, ни даже об ускоренном расширении Вселенной.

К.: Но ведь вам наверняка известно, что, например, явление красного смещения получало и другую интерпретацию. Его пытались объяснить старением фотонов, идущих из далеких галактик. В рамках этой концепции полагалось, что, двигаясь чрез Вселенную, фотоны теряют энергию. А поскольку энергия фотона пропорциональна его частоте, чем меньше становится энергия фотона, тем меньше его частота и тем больше длина волны. Как же вы можете говорить, что это явление подтверждает именно теорию Большого взрыва? Ведь оно подтверждает и теорию старения фотонов.

М.: Верно. Действительно, один и тот же факт может поддерживать различные теории. Это одна из реальных трудностей познавательного процесса. И заметьте, эта трудность порождает-

ся как раз тем, что существует граница между интерпретацией-описанием и интерпретацией-объяснением. В различных теориях факты могут получать отличающиеся друг от друга теоретические интерпретации, быть истолкованы по-разному. Здесь, увы, достоинство оборачивается недостатком!

К.: По-видимому, именно поэтому отдельно взятый эмпирический результат в научном познании никогда не выступает окончательным критерием адекватности теории действительности. Нужна целая серия подтверждающих экспериментов.

М.: Вы правы. Как-то я поинтересовался, почему концепция старения фотона как одна из интерпретаций факта красного смещения окончательно сошла со сцены? Физики, по крайней мере те, к которым я обращался, не смогли мне внятно ответить на этот вопрос. Наконец, я понял: эта концепция объясняла только один экспериментальный результат – красное смещение. Она не смогла объяснить те факты, с которыми с таким успехом справляется конкурирующая с нею теория расширяющейся Вселенной. Среди них – существование реликтового излучения, наличие лишь небольшого количества дейтерия во Вселенной, отсутствие в ней небесных тел, возраст которых превышал бы предполагаемый возраст Вселенной и т. д.

К.: Вот с фактом дополнительного убывания яркости Сверхновых звезд дело оказалось проще. Ведь его также пытались объяснить не как свидетельство ускоренного расширения Вселенной, а иначе. Было выдвинуто предположение, что причина дополнительного убывания яркости звезд заключается в поглощении идущего от звезды света космической пылью. Но вскоре это объяснение было, как говорит один из наших космологов, «надежно снято»⁸. И для этого не потребовалось большого числа эмпирических доказательств. Тут оказался возможным так называемый «критический» (решающий) эксперимент, который сразу помог выбрать одну из двух гипотез.

История вкратце такова. Была зафиксирована Сверхновая с красным смещением, заметно большим той его величины, которая характерна для времени, когда существовал баланс между тяготением и антитяготением. Это означает, что упомянутая Сверхновая в момент ее наблюдения находилась в том состоянии, в каком она была, когда в мире преобладало тяготение, и Вселенная расширя-

лась с замедлением. Тогда эффекта убывания яркости звезды, вызванного ускоренным расширением Вселенной, еще не существовало и, следовательно, поток энергии от звезды должен был быть максимально большим.

Гипотеза поглощения света космической пылью приводила к прямо противоположному выводу. Согласно ей для очень удаленного источника, каким и была наша Сверхновая, поглощение света должно было быть тем большим, чем дальше находится звезда. То есть видимая яркость звезды должна была быть много меньше, чем в случае верности первой гипотезы. Было проведено измерение потока энергии от звезды. Результат подтвердил гипотезу об ускоренном расширении Вселенной и не подтвердил предположение о поглощении излучения звезды космической пылью.

Но когда я сказал «проще», то имел в виду только конкуренцию между гипотезами о космической пыли и ускоренном расширении Вселенной. Что касается подтверждения самого предположения об ускоренном расширении Вселенной с помощью наблюдений Сверхновых типа Ia, то здесь все также не просто. И здесь существуют довольно серьезные альтернативные объяснения, о которых вам, наверняка, известно⁹. Да и для обоснования гипотезы об антитяготении, как причине ускоренного расширения Вселенной, привлекаются помимо наблюдений над Сверхновыми независимые аргументы¹⁰.

М.: Вы, конечно, знаете, что в науке очень часто сосуществуют теории, которые подтверждаются не одним, а всеми имеющимися эмпирическими данными. Говорят, что эти теории эмпирически эквивалентны. Так что выбрать между ними, опираясь на эмпирические факты, оказывается невозможным. В западной философии науки это явление объясняют недоопределенностью (undetermination) теории эмпирическими данными. Теория – это не просто комбинаторика данных экспериментов и наблюдений. В ней присутствует некоторое добавочное содержание – знание о скрытых причинах и ненаблюдаемых сущностях, ответственных за то или иное поведение объектов.

К.: Об этом явлении я, естественно, знаю. Это одна из наиболее трудных проблем, которая находится на пути к установлению адекватности теории действительности. И, пожалуй, самая слож-

ная из тех, которые стоят сейчас перед теоретическими программами, претендующими на описание и объяснение режима планковских масштабов величин.

М.: Ну и как, по-вашему, наука справляется с этой трудностью? Давайте сверим часы. У методологов ведь тоже есть свои размышления на этот счет.

К.: С помощью, как говорят философы науки, внеэмпирических соображений (видите, я тоже читаю кое-какую методологическую литературу). Пока одна из теорий не получит какого-либо нового эмпирического преимущества, в ход идут вспомогательные критерии типа сравнительной простоты теорий, красоты, начала принципиальной наблюдаемости и т. д. Посмотрите, как часто используются они, скажем, в споре между сторонниками суперструнного и петлевого подходов к квантовой гравитации. Опираются на критерий бóльшей или меньшей простоты теорий (сторонники петлевого подхода упоминают в связи с этим об отсутствии у их концепции «багажа» дополнительных допущений), на факт существования низкоэнергетических пределов теорий (фактически это означает их согласие с принципом соответствия) и т. д.

М.: Да, но все-таки, и я думаю, Вы согласитесь со мной, ученые ждут экспериментального или наблюдательного результата. По значимости на первом плане для них – Его величество эксперимент. Если одной из теорий удастся предсказать какое-либо явление, до сего времени не известное науке, и это предсказание сбывается, ученые выберут именно эту теорию¹¹.

Между прочим, основываясь на этих соображениях, Имре Лакатош сформулировал свой критерий научности исследовательских программ. Суть его, кратко, в следующем. Пусть существуют две исследовательские программы. Одна из них активно предсказывает новые факты, которые хотя бы изредка подтверждаются результатами наблюдений и экспериментов, в то время как другая не предсказывает ничего; она как бы «тащится» вслед за первой и «справляется» с предсказанными ею результатами только постфактум, ретроспективно ассимилируя их. Первая исследовательская программа, говорит Лакатош, «прогрессирует», в то время как вторая находится в «дегенерирующей» стадии. Лакатош полагал, что, сравнивая их, ученые выбирают (и должны выбирать) первую программу и отказываются от второй.

К.: Такая стратегия действительно характерна для естественных наук. К сожалению, на современном этапе развития теоретической физики критерий Лакатоша пока не работает в полной мере: ведь здесь все еще явно недостаточно *предсказаний*.

М.: Хотя, как уже отмечалось, Ли Смолин утверждает, что это не так. Кстати сказать, вот как он сам определяет, какой должна быть полная (т. е. хорошая) теория. С его точки зрения это означает, что она должна быть «точно сформулирована и хорошо понята математически и концептуально, что существуют методы проведения расчетов, ведущих к предсказаниям для реальных экспериментов, что, по крайней мере, несколько экспериментов были проведены, которые либо подтверждают, либо фальсифицируют предсказания теории»¹². Разве этот критерий не является почти точной копией критерия Лакатоша?

К.: Знаменательно, однако, какую ремарку сделал в связи с этим переведший эту статью физик А.Д.Панов. Он написал: «Последнее требование слишком сильное. Лучше – теория должна приводить к в принципе проверяемым следствиям. И все!»¹³. Это замечание, на мой взгляд, более точно, по сравнению с критерием Смолина, характеризует ситуацию с эмпирической обоснованностью в современной теоретической физике и космологии, где критерий Лакатоша явно нуждается в смягчении.

М.: Что ж, один из методологических принципов физики уже претерпел изменение в сторону либерализации. Речь идет о так называемом *начале принципиальной наблюдаемости*, сформулированном в свое время Э.Махом. Его суть – в требовании включать в теорию лишь те теоретические сущности, которые хотя бы в принципе могут быть зафиксированы экспериментально. Оно было смягчено после открытия того, что кварки, из которых состоят нуклоны, в принципе не могут наблюдаться в свободном состоянии.

Хочу поделиться с вами еще одной мыслью. Мне представляется, что, имея в виду современную космологию, можно привести еще один аргумент в подтверждение того, что, вопреки постпозитивистской философии науки, факты в науке есть. Я имею в виду уже упоминавшуюся особенность современного космологического знания: фактическое отсутствие *предсказаний*¹⁴. Это обычно рассматривается как недостаток теории, но в нашем споре со сторонниками исторического направления в философии науки – это, напротив, ее достоинство.

Вы можете спросить, почему. Почти все объяснения, которые делаются на основе современной космологической теории, имеют дело с уже известными данными, будь то данные астрономических наблюдений или обнаружившиеся теоретические трудности. Конечно, такие объяснения – также большой успех теории, но гораздо более предпочтительным было бы, если бы теория *предсказывала* новые, до сих пор неизвестные эффекты, и эти предсказания подтверждались бы данными наблюдений. Это говорило бы о том, что в теории удалось «схватить» нечто о самой природе.

Но современная космология пока не изобилует *предсказаниями*. Гипотеза о существовании темной материи была призвана объяснить уже известное из эксперимента несоответствие величины отношения массы большого числа галактик к их светимости с данными астрономических наблюдений. Это несоответствие было открыто экспериментально, космологическая модель не имела к этому отношения, она с помощью гипотезы о темной материи «справилась» с этим экспериментальным наблюдением «задним числом».

Аналогично обстояло дело и с другими данными, послужившими основанием для рассматриваемого предположения. Без гипотезы о скрытой массе невозможно было объяснить, например, почему галактики в скоплениях не рассеиваются под давлением раскаленного межзвездного газа. Ответ, казалось бы, напрашивался сам собой: их удерживает ньютоново тяготение. Но когда измерили массу взаимодействующих галактик, обнаружили, что ее явно недостаточно для того, чтобы удержать галактики. Вот и возникло предположение о существовании скрытой массы.

Гипотеза о существовании инфляционной фазы в расширении Вселенной также носит характер ретросказания: необходимо было справиться с некоторыми трудностями космологической модели, в частности с парадоксом горизонта. Явление равенства температур реликтового излучения для очень удаленных друг от друга областей Вселенной также было открыто экспериментально, и современная космологическая теория объяснила его ретроспективно, введя предположение о существовании инфляционной фазы.

Но нам здесь важно подчеркнуть, что ретросказательный характер современной космологии еще раз показывает, что факты в науке есть. То обстоятельство, что существуют данные, которые

теория объясняет ретроспективно, свидетельствует о том, что они не ставились «под теорию», а реализовались *до* ее выдвижения. И объясняющая их теория не могла включиться в их интерпретацию, поскольку возникла позже. Так что они также оказываются *фактами*, теми фактами, которые искали и не нашли представители «исторического» направления в философии науки.

К.: Ну что ж, пора заканчивать нашу беседу. Всех вопросов, касающихся эмпирического обоснования современной космологии мы, естественно, не решили.

М.: Да ведь это и не входило в нашу задачу. Она была другой – выявить особенности взаимоотношения теоретических моделей и фактов в космологическом знании и, главное, показать, как возможны факты в космологии и как возможно само ее эмпирическое обоснование.

Сказанное позволяет, на мой взгляд, прийти к выводу: любые философские и методологические утверждения о научном познании требуют тщательного изучения реального положения дел в науке. И хотя любой философ науки неизбежно руководствуется в своем исследовании некими явными или неявными предпосылочными соображениями относительно природы научного познания, его функционирования и развития, он должен стремиться к тому, чтобы осознать их и отнестись к ним критически. Иначе он рискует сконструировать очередной миф о научном познании, исказив реальный образ науки.

Примечания

- ¹ Хокинг С. Черные дыры и молодые вселенные. СПб., 2001. С. 52.
- ² Смолин Ли. Как далеко мы находимся от квантовой теории гравитации? // Перевод статьи Ли Смолина, сделанный А.Д.Пановым. См. site А.Д.Панова dec1.sinp.msu.ru/~panov/smolintransl1.pdf
- ³ Hooker C.A. On Global Theories // Philosophy of Science. 1975. Vol. 42. № 2.
- ⁴ Lakatos I. Philosophical Papers. Vol. 2 / Ed. by J.Worral and C.urrie. Cambridge, 1978. P. 16.
- ⁵ Popper K. The Logic of Scientific Discovery. L., 1959.
- ⁶ Ibid. P. 90.

- ⁷ См.: *Мамчур Е.А.* Проблема выбора теории. К анализу переходных ситуаций в развитии физического знания. М., 1975. С. 196–200; *она же.* Проблема социокультурной детерминации научного знания. М., 1987. С. 70–76; *она же.* Образы науки в современной культуре. М., 2008. С. 74–94 и др.
- ⁸ *Чернин А.Д.* Темная энергия и всемирное антитяготение // УФН. 2008. Т. 178. № 3. С. 276.
- ⁹ *Лукаш В.Н., Рубаков В.А.* Темная энергия: мифы и реальность // УФН. 2008. Т. 178. № 3.
- ¹⁰ Там же.
- ¹¹ На факторе новизны предсказаний настаивал известный отечественный методолог науки С.В.Илларионов. Он называл их «теоретическими предсказаниями» и придавал им большое значение в деле установления истинности теории. См.: *Илларионов С.В.* Теория познания и философия науки. М., 2007. С. 36–38.
- ¹² *Смолин Ли.* Как далеко мы находимся от квантовой теории гравитации? С. 30.
- ¹³ Там же.
- ¹⁴ О том, что на самом деле это не совсем так, напомнил мне А.Д.Панов в процессе обсуждения моей статьи. Так, он справедливо утверждал, что предсказано было существование реликтового излучения Г.Гамовым (хотя это предсказание фактически осталось не замеченным), явление анизотропии реликтового излучения, равенство единице отношения реальной плотности материи во Вселенной к критической плотности (Ω). В настоящее время ждут результатов проверки предсказания о поляризации микроволнового фона, по поводу которого различные теории квантовой гравитации высказывают различные утверждения. Я об этих предсказаниях знала, но мне нужно было заострить внимание читателя на превалировании в современной космологии ретросказаний, поскольку они ярко демонстрируют один из важных источников появления фактов в науке. (См. дальнейший текст статьи.) См. также сноску 2 в данной статье.