

«Стадия эмпирической невесомости теории» и ad hoc аргументация

Разработка в 80-е годы инфляционных сценариев в космологии завершилась, по словам одного из авторов А.Линде, созданием инфляционной теории (ИТ) и даже парадигмы [1]. Молодая теория, имея ряд достоинств (решение подавляющего числа проблем релятивистской космологии), содержит в себе, с точки зрения стандартов научной рациональности, один существенный недостаток, который связан с ее эмпирическим обоснованием. Хорошо согласуясь с уже известными данными, ИТ пока что не имеет весомого эмпирического подтверждения своим новым следствиям. Эмпирическое подтверждение этих следствий связано с трудностями имеющими многофакторную природу [2]. Так, И.Лакатос сводил теории, имеющие локальную непроверяемость к гипотезам ad hoc, классифицируя последние на три группы [2, 125]: 1) гипотеза является ad hoc 1, если она не имеет никаких новых следствий, по сравнению со своей предшественницей; 2) гипотеза является ad hoc 2, если ни одно из ее следствий не верифицируется либо потому, что требуемый эксперимент не может быть выполнен, либо потому, что он дает негативный результат; 3) гипотеза является ad hoc 3, если она получена из своей предшественницы посредством модификаций, противоречащих духу эвристической программы.

В нашем случае, т.е. применительно к инфляционной теории представляет интерес случай ad hoc 2, поскольку случай ad hoc 1 отпадает как не относящийся к делу, ибо в рамках инфляционных сценариев имеется множество предсказаний, основные из которых будут рассмотрены нами ниже. С другой сторо-

ны, инфляционная теория не противоречит «духу эвристики» программы релятивистской космологии, поскольку содержит релятивистское объяснение эволюции Вселенной как ограниченный по времени завершающий этап своего собственного, более общего, инфляционно – эволюционного описания Вселенной. Следовательно отпадает и случай с гипотезой ad hoc 3.

Обратимся к случаю ad hoc 2 непосредственно. Этот случай тоже может быть разбит на два подкласса феноменов. Первый подкласс ad hoc 2a: гипотеза не верифицируется, поскольку эксперимент, а в нашем случае – наблюдение, не может быть выполнен. Второй подкласс ad hoc 2b: ни одно следствие не верифицируется, поскольку эксперимент (наблюдение) дает негативный результат. Случай ad hoc 2b опять не подходит, т.к. подавляющее число контраргументов выдвигавшихся в адрес теории на стадии ее становления были успешно преодолены. Кроме того, собственно «негативного результата» на выдвигаемые из теории следствия до настоящего времени удавалось успешно избежать. Оставшийся случай ad hoc 2a: «следствия теории не верифицируются, т.к. требуемый эксперимент не может быть выполнен» сам по себе не имеет строгой формулировки, ибо недостаточно ясно, что значит «не может быть выполнен?» Так Мамчур отличает «локальную непроверяемость» гипотез от «глобальной непроверяемости» [3, 59]. В первом случае у гипотез полностью отсутствуют новые следствия. Во втором – только о наличии у них «непроверяемых элементов». В последнем случае новые следствия гипотезы имеют непроверяемые элементы.

Поэтому, здесь опять мы вынуждены произвести разбиение на два типа: 1) гипотеза ad hoc 2a i имеет непроверяемые следствия «в принципе»; 2) гипотеза ad hoc 2a j имеет проверяемые следствия «в принципе», но непроверяемые в настоящее время (в обозримом будущем).

Следствия выводимые из ИТ относятся в подавляющем большинстве случаев к типу гипотез ad hoc 2a j. Значительная часть предсказаний относится к типу гипотез ad hoc 2a i. Так рождение домена происходит при энергиях порядка 10^{15} - 10^{19} ГэВ, а в принципе достижимый предел в земных условиях равен 10^7 . Предсказывается также существование стенок домена, имеющих размеры порядка 10^{10} – 10^{10} см и др... Основной проблемой второго случая является как правило недостаточная

развитость экспериментальной техники. Гипотезы с проблемами такого рода, Мамчур называет «гипотезами стратегиями» [3, 59], которые согласно предложенной ею классификации занимают промежуточное положение между «нормальными» гипотезами, т.е. имеющими возможность немедленной проверки своих следствий и гипотезами ad hoc, содержащими в принципе непроверяемые следствия [3, 60].

Нетрудно убедиться в том, что следствия выводимые из космологических сценариев, (равно как и сопряженные с ними разделы фундаментальных физических теорий), относятся в подавляющем большинстве случаев к теориям или гипотезам второго и третьего типа в классификации Мамчур и гипотезам ad hoc 2a в классификации Лакатоса.

Такая ситуация продиктована спецификой самого предмета космологии — рассмотрение и объяснение процессов во Вселенной как целом, один только возраст которой требует внесения соответствующих поправок к предъявляемым к космологическому знанию методологическим требованиям — отвечать методологическим и эпистемологическим стандартам обычной, нормальной науки (например физики макромрава). Естественно такой подход в понимании статуса космологии может вызвать неоднозначную реакцию среди методологов. Поэтому неудивительно, что до того, как к 60-70-м годам было осознано, что фундаментальные физические теории должны быть еще и «космологически полноценными», космология по традиции считалась «слишком метафизической» дисциплиной.

Однако история самой науки показала, что знание о части (локальная физика) не может быть достаточно полным без знания о целом. То есть уровень объяснения самых элементарных частей мира невозможен без объяснения целого.

Итак, рассмотрим конкретные предсказания инфляционной теории. Например, для решения проблемы барионной асимметрии, во Вселенной предсказывается существование суперсимметричного партнера гравитона, а именно, — массивного, со спином $3/2$, с массой 10^2 ГэВ гравитино. А единственный путь обнаружения гравитино связан со сценарием раздувающейся Вселенной. Причем «для того, чтобы это решение оказалось совместимым с наблюдаемой распространенностью дейтерия и гелия-3, температура Вселенной после разогрева не должна пре-

вышать 10^8 ГэВ» [4, 4]. Главным источником гравитино после космологической инфляции является процесс, в котором в результате взаимодействия скалярной частицы с калибровочным фермионом получается гравитино и калибровочный фермион. Другими словами, космологическая инфляционная теория, построенная на базе супергравитации, — заранее оговаривает условия (наличие гравитино), которые могут дать ее эмпирическое обоснование. Предсказание существования гравитино со спином $3/2$ связано с открытием нового типа симметрии в мире — суперсимметрии, которая в отличие от предыдущих типов симметрии (классических) позволяет соединять частицы с целым и полужелым спином в единый «мультиплет». Та инфляционная теория, которая построена на базе супергравитации, приводит к тому, что суперсимметрия выступает как ее обосновывающий фактор. Новый принцип суперсимметрии придает космологической теории Линде больший эвристический вес, нежели классические типы симметрии, — ставшей уже классической теорией Фридмана-Леметра. Теория Фридмана-Леметра была построена с учетом симметрии, существующей только в «ставшем» после фазового перехода мире, инфляционная же теория построена с учетом симметрии не только «ставшего мира», но и мира перед становлением, до перехода вакуума из одного фазового состояния в другое, где в качестве переносчика такого рода взаимодействий предлагается легчайшая суперсимметричная частица хиггсина [5, 162]. следовательно, суперсимметрия выступает как обобщение симметрий, которые Вигнер обозначал как геометрические (динамические — распространяются на гравитационные и электромагнитные взаимодействия) и негеометрические (распространяются и на сильные взаимодействия) [33, 23-31].

Другим фундаментальным предсказанием является предполагаемое существование стенок домена (неоднородности), размеры которой превосходят горизонт видимой Вселенной. Это создает принципиальное затруднение в наблюдательном подтверждении. Надежда подтверждения может базироваться только на каком-либо теоретическом или опытном прорыве за рамки существующего уровня развития науки и всей человеческой практики в целом.

Не менее серьезные трудности связаны и с обнаружением магнитных монополий — частиц, рождающихся в момент фазового перехода.

Наблюдательное подтверждение этих трех и других предсказаний инфляционной теории в настоящий момент затруднено.

Поэтому инфляционная теория, вернее, проблема ее наблюдательного подтверждения, на сегодня является трудно-разрешимой в рамках земной экспериментальной физики. Названные выше и другие трудности в эмпирическом (наблюдательном) обосновании инфляционной парадигмы, безусловно, стимулируют научный поиск, ставящий задачу их преодоления. Так, в последние годы ведутся интенсивные исследования по обнаружению безмассовых и очень легких бозонов в солнечном излучении, существование которых предполагается как раз в тех теориях физики – теория супергравитации и теория суперструн – которые используются в качестве основы для инфляционной парадигмы [7]. Трудность их обнаружения имеет пока чисто инструментальную природу, т.к. «применяемые ранее детекторы чувствительны к аксионам с массой менее 0,1 эВ» [7, 737]. Именно аксионы и другие частицы этого же класса являются претендентами на роль того субстрата, который несет ответственность за «скрытое вещество» (dark matter) во Вселенной [8].

Появляются работы [9], в которых утверждается об открытии анизотропии реликтового излучения, предсказанного инфляционными теориями.

Между тем, эти и другие исследования в «прикладном» разделе космологии дают результаты, которые рано считать окончательными в отношении наблюдательного (экспериментального) подтверждения инфляционной теории. Возникает своеобразный парадокс: если не считать те незначительные успехи, которые могут учитываться – появившиеся сведения об обнаружении анизотропии реликтового излучения и экспериментальные усилия в направлении поиска аксионов, то в целом тезис об эмпирической необоснованности инфляционной теории до настоящего времени сохраняет свою силу. С другой стороны, ИТ уже рассматривается большинством исследователей как сформировавшаяся парадигма [1, 5-6]. В таком случае мы вынуждены признать, что ИТ является не просто гипотезой ad hoc, но оформившейся единицей научного знания, не имеющей в настоящий момент весомого эмпирического подтверждения вновь предсказанных фактов. Это дает нам право заключить, что ИТ находится на «стадии эмперической невесомости теории (СЭНТ)». Признав наличие такой стадии нетрудно уви-

деть, что при справедливости случая *ad hoc* 2a₁ стадия СЭНТ является преходящей. В случае *ad hoc* 2a₁ — она оказывается постоянной. Такое состояние космологии естественно вызывает скептическую реакцию со стороны некоторых исследователей [10; 11]. И вот здесь наступает момент, когда на нее обрушиваются «опровергающие аргументы» со всех сторон. С.В.Хоукинг полагает, что хаотический инфляционный сценарий нереалистичен, вследствие введенного им ограничения на значения потенциала скалярного поля [12, 339]. Л.А.Халфин пытается показать, что хаотическая инфляционная теория неудовлетворительна с точки зрения теории вероятности. Рассчитав экспоненциальную оценку вероятности допустимой неоднородности реализации случайных полей, он заключает, «что вероятность образования «нашей» Вселенной с допустимой пространственной неоднородностью фантастически мала в рамках хаотического сценария» [10, 1142] кроме того, теория хаотически раздувающейся Вселенной предсказывает неоднородности, которые имеют размеры «много больше видимой (1028 см) Вселенной», что «нельзя проверить наблюдениями даже в принципе» [10, 1140]. Не менее серьезны, с нашей точки зрения, аргументы И.Г.Дымниковой. «Согласно ОТО, геометрия пространства-времени генерируется движением и распределением материи», — следовательно, — «как может материя, с которой ничто не происходит, вызвать столь грандиозные геометрические изменения?... В таком случае раздувание вакуума представляет собой координатный эффект, а невозможность связать с вакуумом выделенную сопутствующую систему отсчета, наводит на мысль, что это раздувание является фиктивным (курсив мой. — А.П.)» [11, 1903].

Не вдаваясь в подробности частнонаучного характера, выделим один, на наш взгляд, очень существенный эпистемологический аспект в этой критике теории инфляционной Вселенной. Плодотворность точки зрения, согласно которой сегодня происходит смена очередной научной физической картины мира [13, 89], заключается в том, что она позволяет оценивать вновь создаваемые теории как в физике (ТВО, теория супергравитации, теория суперструн и др.), так и в космологии (инфляционная теория и др.) не с позиций старых, принадлежавших предшествующей господствующей теории, собственных оснований физики и космологии, которые в основном опирались на ОТО и теорию Фридмана, а с позиций новых

физических и космологических оснований, которые еще только формируются (рождаются) в рамках вновь создаваемых теорий. Не претендуя на полноту и полностью отдавая себе отчет в неоднозначности их принятия, к ним можно отнести следующие положения.

1. Физические основания: 1. Скорость увеличения размеров системы (на стадии раздувания) на много порядков превышает скорость света в вакууме. Это не противоречит ОТО, поскольку скорость увеличения размера системы, в отличие от скорости передачи сигналов, может быть сколь угодно большой. Радиус Вселенной на стадии раздувания за 10^{-30} сек. увеличился от планковского размера 10^{-33} см., то есть в $10^{1000000}$ раз! [14, 11]. 2. Фундаментальность вакуума по отношению ко всем другим физическим формам существования материи. В известной мере, его можно рассматривать как принцип вакуумного единства мира. Это означает, что в действительном физическом мире нет ничего, что потенциально (виртуально) не содержалось бы в вакууме. «Потенциально» он содержит и субстанциональный мир [15, 192] Инфляционная теория предполагает рождение (возникновение) Метагалактики (мини-Вселенной) в результате вакуумной флуктуации. 3. Принцип независимости пространства и времени от вещества и излучения на ранних стадиях эволюции Вселенной. Стадия раздувания в эволюции Вселенной осуществляется без присутствия вещества и излучения. Другими словами, раздувается «пустое» пространство и «пустое» время. Они наполнены лишь полем Хиггса.

Укажем на основные различия физических оснований фридмановской космологии, построенной на базе ОТО, от физических оснований космологии, построенной на базе теории супергравитации (точнее, их достижений), ТВО и ряде других теорий:

а) фридмановская космология предполагает константу максимальной скорости протекания физических процессов (скорость света в вакууме). Инфляционная космология не противоречит этому положению. Однако если в первом случае молчаливо предполагалось, что и вообще все процессы (в том числе и увеличение размеров системы) ему подчиняются, то во втором случае инфляционная теория допускает состояние Вселенной, когда это ограничение не работает. Кроме того, сами космологи постоянно настаивают на отсутствии этого противоречия, тогда как увеличение разме-

ров «области», заполненной скалярным полем, если и не происходит в результате передачи сигналов, то уж во всяком случае есть процесс. Поскольку же увеличиваются размеры такой системы, которая заполнена физическим j -полем, то это с необходимостью есть физический процесс;

б) фридмановская космология справедлива только при описании вещества и излучения (даже в форме поля). Новые физические и космологические теории оказываются справедливыми (то есть позволяют описывать) и по отношению к такому состоянию мира, Вселенной, когда вещество и излучение еще не вошли в «чистом» виде), то есть учитывают в описании мира более глубокий «срез» реальности, когда фундаментальным «типом» материи выступает вакуум;

в) если фридмановская космология, а равно и физика, на базе которой она строилась, предполагала абсолютную зависимость пространства и времени от вещества и излучения (деситтеровские модели в рамках эйнштейновской физики и космологии рассматривались как нереалистические и были в начале 20-х годов нынешнего столетия восприняты как «курьезы», так сказать, результат свободной «игры ума», хотя позднее, в рамках инфляционной теории произошло их позитивное переосмысление), то новая космология допускает отсутствие такой прямой зависимости (на ранних стадиях эволюции Вселенной).

Учитывая выделенные основания физики, используемые современной космологией, и их отличия от оснований физики начала нашего века, можно установить эпистемологическую причину (физические причины могут быть самыми различными), или, если точнее сказать, природу, появления критики и недоумения относительно возникновения инфляционной теории. Обвинение в «фиктивности» раздувания, маловероятности рождения и т.д., нам представляются попыткой и вполне естественной интерпретировать новые явления, предсказываемые инфляционной теорией, в рамках тех огрублений действительности, которые были приняты за основу предыдущей картиной мира, т.е. с позиции собственных оснований релятивистской физики. Сегодня, по существу, происходит то же самое, что происходило в конце прошлого и первой четверти нынешнего столетия, когда новым физическим теориям понадобилось во многом изменить су-

шествовавшую тогда картину мира, принять новые основания для физических теорий. Р.Фейнман по поводу такой ситуации в научном поиске заметил: «Каждый раз, когда образуется длительный затор, когда накапливается слишком много нерешенных задач, это потому, что мы пользуемся теми же методами, которыми пользовались раньше [16, 180]. Новую же схему, новое открытие нужно искать совсем на другом пути. И, действительно, искривленное пространство-время Эйнштейна в глазах последовательного ньютоновеца казалось «фикцией» ничуть не меньше, чем раздувание вакуума за 10^{-30} сек в $10^{1000000}$ раз! в глазах последовательного представителя релятивистской гравитации. В известном смысле, новая космологическая теория вновь ставит вопрос о независимости пространства и времени от вещества и излучения, как это уже было в ньютоновской картине мира, но на совершенно ином уровне рассмотрения реальности. Если Ньютон предполагал независимость пространства и времени от сосуществующей с ними материи (вещества и излучения), то новая физика и космология описывает такие состояния материи, в которых вещество и излучение еще не актуализировались (не перешли из виртуального состояния в действительное, наличное).

Однако пессимистические оценки инфляционной теории как ее противниками (представители альтернативных направлений в космологии и здоровый критицизм в среде самих ученых), так и сторонниками «сдерживания» роста универсальности (философы науки) нам представляются не до конца обоснованными в силу следующих замечательных свойств этой теории:

1. Инфляционная теория дает новые проверяемые предсказания, в сравнении с теорией Фридмана-Леметра.

2. Инфляционная теория может рассматривать ретроспективно те эмпирические подкрепления, которые имела теория Фридмана-Леметра как свои, ибо содержит последнюю теорию как стадию (предельный случай) в своем более универсальном описании эволюции Вселенной. Другими словами, та «часть» инфляционной теории, которая соответствует фридмановской эволюции — эмпирически обоснована. Но это «косвенное», а не «прямое» подтверждение (обоснование), и поэтому не может играть решающей роли.

3. В истории естествознания очень редки те случаи, когда рука экспериментатора движется непрерывно вслед за рукой теоретика. Между «открытием» явления на бумаге и его подтверждением в действительности, как правило, лежит временной отрезок, длительность которого может быть сколь угодно большой. Это означает, что инфляционная теория в обозримом будущем, возможно, будет либо подтверждена, либо опровергнута.

Эти три момента, на наш взгляд, существенно меняют пессимистическую оценку перспективной теории в современной космологии. В силу этого, она продолжает оставаться на стадии эмпирической невесомости. Поэтому для того, чтобы упрочить положение инфляционной теории среди других конкурирующих с ней концепций Вселенной, целесообразнее учитывать ее собственно теоретические достоинства. Здесь на первый план выступает способность теории решать проблемы фридмановской теории с учетом последних достижений в ядерной физике и квантовой механике, с одной стороны, и соответствие самой ее теоретической основы – совокупности идеалов и норм построения научного знания, с другой стороны. То есть, соответствие инфляционной теории в новой редакции Линде требованиям соответствия, простоты исходных принципов, красоты построения и независимости теории от граничных условий. Кстати, последнее требование было и осталось действительным идеалом в космологии, на который давно ориентировало свое исследование подавляющее число космологов.

Итак, мы видим, что современное состояние космологии провоцирует обсуждение не только изменившихся представлений о структуре и свойствах Вселенной, но и о самой природе научного познания. Не исключена возможность, что такая дискуссия приведет к изменению наших представлений об идеалах и нормах, сформировавшихся в Новое Время.

Литература

1. Линде А.Д. Физика элементарных частиц и инфляционная космология. М.: Наука, 1990.
2. Lakatos I. History of Science and its Rational Reconstructions // Boston Stud. in Philos. of Sci. Dordrecht. 1972. Vol. 8.

3. Мамчур Е.А. Проблемы социо-культурной детерминации научного знания. М., 1987.
4. Линде А.Д., Фаломкин И.В., Хлопов М.Ю. Аннигиляция антипротонов в гелии как тест моделей, основанных на $N = 1$ супергравитации // Сообщения объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1984.
5. Ellis J., Hagelin J., Nanopoulos D., Olive K., Srednicki M. Supersymmetric Relics from the Big Bang // Inflationary cosmology. 1986. USA. Singapore.
6. Вигнер Е. Этюды о симметрии. М. 1971.
7. Воробьев П.В. Индуцированный светом распад псевдоголдстоуновских бозонов и поиск аксионного излучения Солнца // Письма в ЖЭТФ. М., 1993. Т. 57, вып. 12. С. 737-740.
8. См.: Dine M., Fischler N. The-So-Harmless Axion // Physics Letters. 1983. Vol. 120 B, № 1-3. P. 137-141.
9. См.: Tamman G.A. Europhysics News. 1992. Vol. 23, № 97; Соколов Н.Ю. Топологическая нетривиальность Вселенной и анизотропия реликтового излучения // Письма в ЖЭТФ. 1993. Т. 57, вып. 10. С. 601-605.
10. Халфин Л.Н. Об ограничениях на инфляционные модели Вселенной // ЖЭТФ. 1986. Т. 91, вып. 4 (10).
11. Дымникова И.Г. Инфляционная Вселенная с точки зрения ОТО // ЖЭТФ. 1986. Т. 90, вып. 6.
12. Hawking S.W. Physics Letters. 1985. Vol. 150 B. P. 339-341.
13. Крымский Б.С., Кузнецов В.И. Характерные черты физической картины мира // Методологический анализ физического познания. Киев, 1985.
14. Линде А.Д. Самовосстанавливающаяся Вселенная. М., 1987.
15. Ромпе Р., Тредер Г.Ю. Мыслимые, виртуальные и действительные миры и представления о вакууме // Методологический анализ физического познания. Киев, 1985.
16. Фейнман Р. Характер физических законов. М., 1986.