

4. Современная астрофизическая картина мира

Вторая великая революция в физике и ее итоги

Кризис в физике, то есть кризис классической ньютоновской модели мира был преодолен в первые десятилетия XX века в ходе второй великой научной революции. Открытия конца XIX в. были обобщены в новых физических теориях, таких как специальная (1905 г.) и общая (1916 г.) теория относительности А. Эйнштейна, квантовая механика, созданная в 20-е годы XX в. В. Гейзенбергом, Э. Шредингером, Н. Бором, В. Паули, П. Дираком и другими выдающимися учеными. Так возникла неклассическая физика, методологические принципы и основополагающие результаты которой существенно отличаются от принципов классической науки. *Усилиями физиков, работавших в рамках неклассической парадигмы, была создана неклассическая, релятивистская модель мира, которая быстро развивалась на протяжении XX века.*

В 1927 г. П.А. Дираком была создана квантовая электродинамика (квантовая теория электромагнитного поля), представляющая собой обобщение квантовой механики. Теория кварков была разработана в 1960-е годы М. Гелл-Манном и Дж. Цвейгом. Открытие на протяжении XX века огромного количества элементарных частиц, создание в 60-е годы теорий слабого и электрослабого взаимодействия, а также разработка теории сильного взаимодействия – квантовой хромодинамики (что позволило обнаружить предсказанные теорией кварки), сформировали представление о четырех фундаментальных физических взаимодействиях.

В 60-е годы бельгийским ученым русского происхождения И. Пригожиным и целым рядом других специалистов была создана теория развития сложных открытых нелинейных систем, получившая название синергетики. Эта концепция позволяет объяснить причины и механизмы фиксируемого наукой усложнения материальных систем по мере эволюции Вселенной.

В итоге сложились современные представления о структурных уровнях организации материи и об основных принципах ее самоорганизации. ***В настоящее время единую природу для удобства подразделяют на микро-, макро- и мегамир.*** Критериями такого подразделения выступают размеры, а также массы и скорости исследуемых объектов. Явления микромира описываются законами квантовой физики, явления мегамира – законами теории относительности. И те и другие в предельном случае, то есть для масс и скоростей макромира сводятся к уравнениям классической механики И. Ньютона, что говорит о единстве природы и о логической стройности современной физики. *Существуют четыре типа фундаментальных физических взаимодействий, которые значимы на разных уровнях организации природы. Это гравитационное, электромагнитное, слабое и сильное взаимодействия.*

Ряд физиков считает, что наука стоит на пороге появления единой теории сильного, слабого и электромагнитного взаимодействий – теории Великого объединения. Намечены и контуры единой теории всех фундаментальных взаимодействий, получившей название Супергравитация.

Но не исключены и другие варианты развития физики в XXI веке. Возможно открытие новых фундаментальных взаимодействий, субкварковых частиц и т.п. Это потребовало бы кардинального пересмотра современной (релятивистской и квантовой) физики, создания принципиально новых фундаментальных теорий.

Развитие материальных систем всех уровней описывается законами синергетики.

Вселенная Эйнштейна – Фридмана

Базой для создания новой научной картины мира стали две физические теории Альберта Эйнштейна (1879-1955) – специальная и общая теории относительности, а также квантовая теория, в разработку которой внесли свой вклад многие выдающиеся учёные XX века. Создание этих теорий привело к полной ломке классической гравитационной физико-космологической картины мира.

Обобщив принцип относительности Галилея, то есть, провозгласив равноправие всех инерциальных систем в отношении физических процессов, а также постулировав постоянство скорости света в вакууме, Эйнштейн заложил основы новой картины мира, в которой пространство-время, масса и скорость взаимосвязаны и относительны. Вселенная бесконечна во времени, конечна в пространстве и стационарна. Пространство неевклидово и искривлено. Это модель Вселенной в форме четырехмерного цилиндра, в которой роль четвертого измерения играет время. Уравнения общей теории относительности (1916 г.) не имели решения, описывающее стационарную Вселенную, поскольку стационарность - это постулат, заимствованный Эйнштейном из ньютоновской модели мира. Чтобы уравнение ОТО имели решения для стационарной Вселенной, в 1917 году Эйнштейн ввел в них космологическую постоянную. Ее физический смысл заключается в допущении существования особых космических сил (отталкивания при условии, когда космологическая постоянная больше нуля и притяжения при космологической постоянной меньше нуля), возрастающих с расстоянием. Положения об однородности (отсутствие выделенных точек) и изотропности (отсутствие выделенных направлений) Вселенной также сохранились в этой картине мира от предыдущей.

Отечественный математик и геофизик А.А. Фридман первым отказался от постулата о стационарности Вселенной и предложил решения уравнений ОТО при космологической постоянной равной нулю. Исходя из постулата о возможности эволюции Вселенной как целого (возможность изменения радиуса кривизны пространства во времени) и признав лишь условия однородности и изотропности Вселенной, **Фридман в 1922-24 гг. пришел к выводу о возможности нескольких нестационарных моделей Вселенной.** В одной из них кривизна пространства отрицательна и в пределе равна нулю. В этом случае пространство бесконечно (открытая модель), а все расстояния со временем

неограниченно возрастают. Это модель расширяющейся Вселенной. В другой модели кривизна пространства положительна, пространство конечно (но столь же безгранично, как и в открытой модели; Вселенная напоминает поверхность сферы). В такой замкнутой модели расширение со временем сменяется сжатием. После возвращения Вселенной в первоначальное состояние (материальная точка или крайне малый ненулевой объем) возможно новое расширение, хотя его может и не быть. Это модель пульсирующей Вселенной. Начальные стадии эволюции обеих моделей одинаковы: должно было существовать особое начальное состояние с бесконечной плотностью массы и бесконечной кривизной пространства, а также взрывное, замедляющееся со временем расширение.

Выбор модели Вселенной зависит от средней плотности вещества во Вселенной. Если эта плотность равна критической (10^{-29} г/см³) или же меньше этой величины, то Вселенная соответствует открытой модели. Если же средняя плотность вещества больше критической, то справедлива модель пульсирующей Вселенной.

Астрофизические расчеты показали, что плотность вещества во Вселенной ниже критической и составляет $3,0 \cdot 10^{-31}$ г/см³. Если это так, то Вселенная обречена на бесконечное расширение. Однако в настоящее время высказывается мнение, что учтена не вся масса во Вселенной, и что имеется еще так называемая «скрытая масса». Предположительно это может быть реликтовое нейтринное излучение. Хотя последние работы в этой области не подтверждают данную гипотезу. Делаются также попытки учесть энергию излучения астрофизических объектов, предполагая, что именно она-то и составляет скрытую массу во Вселенной, поскольку энергия эквивалентна массе: $E=mc^2$. В итоге можно констатировать, что проблема не решена.

Обращает на себя внимание также тот факт, что решения А.А. Фридманом уравнений ОТО допускают и вариант стационарной Вселенной, который является частным случаем решений уравнений общей теории относительности, но в число наиболее вероятных моделей Вселенной не входит.

А. Эйнштейн вскоре признал верными выводы молодого советского теоретика, а еще через некоторое время было получено экспериментальное подтверждение предсказанного теорией факта расширения Вселенной. В период между 1910 и 1920 годами В.М. Слайфер обнаружил, что спектральные линии многих туманностей сдвинуты либо в красную, либо в голубую сторону. Эти сдвиги были интерпретированы как обязанные своим существованием эффекту Доплера¹, откуда следовало, что туманности, то есть галактики движутся либо от Земли, либо к Земле.

После 1920 года постепенно обнаруживалось все больше и больше сдвигов в спектрах галактик, причем все – в красную сторону спектра. Оказалось, что, за исключением нескольких ближайших к нам галактик, вроде туманности Андромеды, все другие галактики разлетаются от нашей. **Это выглядит так,**

¹ Эффект Доплера: волна, испускаемая удаляющимся источником, кажется имеющей большую длину, чем если источник покоится. Наблюдается красное смещение. Если источник приближается, то длина волны будет казаться меньше, и будет наблюдаться фиолетовое смещение.

будто Вселенная испытывает состояние взрыва, при котором каждая галактика летит прочь от любой другой галактики. Такая интерпретация стала общепринятой после 1929 года, когда американский астроном Хаббл объявил об открытии того, что красные смещения галактик растут примерно пропорционально их расстоянию до Земли. Найденная закономерность получила название закона Хаббла. Этот закон подтверждает не только факт расширения Вселенной, но также ее изотропность и однородность.

Модели Фридмана, полученные на основе уравнений Эйнштейна, характеризуют геометрию и механику Вселенной. Ее физика описывается в рамках теории Большого Взрыва Г.А. Гамова.

Теория Большого Взрыва и возможное будущее Вселенной

Мысль о расширении Вселенной из некоторого крайне своеобразного состояния заложена уже в концепции Фридмана. В 20-40 годы XX века эта идея продолжала развиваться, причем стали моделироваться физические процессы, которые должны были протекать на разных стадиях развития Вселенной. В 1927 году бельгийский мыслитель Ж. Леметр выдвинул предположение о возникновении Вселенной из точки (атома-отца). Он же говорил, что космические лучи могут явиться следами начального взрыва.

В 1933 году появился новый вариант концепции расширяющейся Вселенной (из плотного сгустка материи конечных, но очень малых размеров). Эти концепции активно использовались духовенством для подтверждения текстов Библии. Многие астрономы первоначально относились к ним с недоверием, отчасти именно по этой причине.

Более конкретную физическую модель расширяющейся Вселенной предложил в 1947 году американский физик-теоретик русского происхождения Г.А. Гамов (1907-1968). Эта модель известна как теория Большого Взрыва или же модель Горячей расширяющейся Вселенной.

«Первоначальное» состояние Вселенной, от которого началась ее расширение, принято называть состоянием сингулярности. Вселенная характеризовалась чрезвычайно высокой плотностью (ρ стремилось к бесконечности), чрезвычайно высокой температурой (свыше 100 миллиардов градусов Кельвина), бесконечной кривизной пространства и объемом (самим пространством), стремящимся к нулю. Ученые предполагают, что все фундаментальные взаимодействия (сильное, слабое, электромагнитное и гравитационное) были тогда неотделимы друг от друга.

Поскольку в настоящее время отсутствует теория, объединяющая квантовую физику и теорию относительности, описать это состояние современная физика не может.

Применимость законов физики начинается с момента времени $5 \cdot 10^{-44}$ с. Радиус Вселенной определялся тогда планковской длиной ($1,6 \cdot 10^{-35}$ м). Именно в это время гравитационное взаимодействие отделилось от всех остальных. По расчетам теоретиков в течении первых 10^{-36} с, когда температура Вселенной была больше 10^{28} К, энергия в единице объема оставалась постоянной, а Вселенная расширялась со скоростью, значительно превышающей скорость

света. Считается, что этот факт не противоречит теории относительности, так как с такой скоростью расширялось не вещество, а само пространство. Эта стадия эволюции получила название инфляционной. Из квантовой физики следует, что в это время сильное ядерное взаимодействие отделилось от электромагнитного и слабого. Выделившаяся в результате такого нарушения симметрии энергия и явилась причиной расширения Вселенной, которая за промежуток времени в 10^{-3} с увеличилась от размеров атома до размеров Солнечной системы. В это же время появились многие элементарные частицы и чуть меньшее из-за спонтанного нарушения симметрии количество античастиц. Вещество и излучение продолжали находиться в термодинамическом равновесии, а «горячие» фотоны полностью определяли характер излучения Вселенной. Эта эпоха названа радиационной стадией эволюции. При температуре $5 \cdot 10^{12}$ К закончилась стадия рекомбинации: почти все протоны и нейтроны аннигилировали, превратившись в фотоны; остались только те, для которых не хватило античастиц. Как показали наблюдения, на один барион² приходится почти млрд. фотонов - продуктов аннигиляции. Следовательно, первоначальный избыток частиц по сравнению с античастицами составляет одну миллиардную от их числа. Именно из этого «избыточного» вещества и состоит в основном вещество Вселенной.

Через несколько секунд после Большого Взрыва началась стадия первичного нуклеосинтеза, когда образовались ядра тяжелого водорода и гелия, продолжавшаяся около трех минут, затем началось спокойное расширение и остывание Вселенной. Примерно через миллион лет после взрыва равновесие между веществом и излучением нарушилось, из свободных протонов и электронов начали образовываться атомы, а излучение стало проходить через вещество, как через прозрачную среду (именно это излучение назвали впоследствии реликтовым). Его температура была около 3000К. По завершении стадии рекомбинации вещество начало эволюционировать самостоятельно.

Из-за вариаций плотности вещества, образовавшихся в соответствии с принципом неопределенности Гейзенберга во время инфляционной стадии, появились протогалактики. Там, где плотность была чуть больше средней, образовались очаги притяжения, области с пониженной плотностью становились все разреженнее, так как вещество уходило из них в более плотные области. Примерно так, по предположениям ученых, первоначально однородная среда разделилась на галактики и их скопления, а спустя сотни миллионов лет появились первые звезды. Другой причиной образования галактик могли быть гипотетические космические струны - сверхтонкие и сверхтяжелые объекты, проходящие через всю Вселенную и сохранившиеся со времен Большого Взрыва. Гравитационное взаимодействие космических струн могло способствовать формированию звездных систем.

Обозначенная модель Вселенной вплоть до середины 60-х годов XX в. существовала только в трудах физиков-теоретиков и не была известна ни физикам-экспериментаторам, ни широкой общественности. Ситуация

² Барионами называются тяжелые элементарные частицы: протоны, нейтроны и др.

изменилась, когда в 1964 году два американских радиоастронома А.А. Пензиас и Р.В. Вилсон при помощи особой радиоантенны обнаружили необычный радиошум на волне 7,35 см. Этот микроволновый шум был в высокой степени изотропен и исходил от всей Вселенной. Эквивалентная температура³ принимаемого антенной Пензиаса и Вилсона радиошума равнялась примерно 3,5 К.

Смысл загадочного микроволнового шума был объяснен, поскольку о его открытии стало известно группе физиков-теоретиков. В результате в «Астрофизическом журнале» были опубликованы одновременно результаты наблюдений Пензиаса и Вилсона и интерпретация этих результатов Дикке, Пиблзом, Роллом и Уилкинсом. Как было предсказано еще в 1948 году, во Вселенной должен существовать фон излучения с температурой около 5 К, в том случае, если теория Большого Взрыва верна. Именно этот радиационный фон и принимала антенна Пензиаса и Вилсона. В настоящее время этот фон называют реликтовым излучением. В момент образования его температура была около 3000 К. При расширении Вселенной длина волны реликтовых фотонов должна возрастать, а температура излучения падать. Поэтому в настоящее время температура реликтового излучения составляет 3,5 К.

После открытия Пензиаса и Вилсона модель Горячей расширяющейся Вселенной стала общепринятой, и в настоящее время ее считают в общем и целом истинной большинство специалистов.

Примерный возраст Вселенной определяют, учитывая возможную среднюю плотность вещества во Вселенной. Если бы расширение происходило с постоянной скоростью, то время, истекшее с момента Большого Взрыва, составило бы 18 млрд. лет. Но под воздействием гравитационных сил расширение идет с замедлением, поэтому время, истекшее с момента отсчета, несколько меньше. Так, при плотности равной критической (открытая модель) примерный возраст Вселенной составляет 12 млрд. лет. Для плотности больше критической, то есть для замкнутых моделей, время существования Вселенной еще меньше - примерно 10 млрд. лет. С другой стороны, если космологическая постоянная не равна строго нулю (в настоящее время ученые допускают такую вероятность), то возможна длительная (порядка 10 или более млрд. лет) задержка расширения в прошлом, и возраст Вселенной может составлять десятки миллиардов лет. Тем не менее, обычно считается, что этот возраст равен примерно 16-20 млрд. лет.

Будущее Вселенной зависит от критической плотности. Если эта плотность больше критической, то расширение в конце концов прекратится, уступив место все ускоряющемуся сжатию. Сжатие - это в точности расширение, но идущее назад по времени. По расчетам С. Вайнберга, через 50 млрд. лет Вселенная вернется к теперешним размерам, а еще через 10 млрд. лет она достигнет сингулярного состояния.

Однако согласно современным воззрениям такой ход событий относительно маловероятен, поскольку космическая плотность видимо меньше

³ Эквивалентная температура – это температура непрозрачного ящика, внутри которого следует поместить антенну, чтобы получить наблюдаемую интенсивность радиошума

критической. Тогда Вселенная будет расширяться всегда. Черные карлики и нейтронные звезды в конечном итоге станут черными дырами, а затем превратятся в длинноволновое излучение. Ф. Дайсон, учитывая явление квантового испарения черных дыр, предположил, что их масса полностью преобразуется в излучение за время 10^{62} лет (расчет сделан для массы звезды, равной массе Солнца). Таким образом, конечная судьба открытой Вселенной – неограниченная расширение совокупности фотонов и нейтрино и исчезновения всякой структуры и организации.

Не все современные астрофизики согласны с теорией Большого Взрыва.

Дело в том, что эта концепция не дает убедительного ответа на три важных вопроса: что было до рождения Вселенной, какова природа сингулярности, как смогли сформироваться галактики в однородной и изотропной Вселенной. Поэтому существует целый ряд альтернативных моделей Метагалактики, в которых наш мир либо стационарен, либо эволюционирует без состояния сингулярности и Большого Взрыва. Как правило, все эти модели основаны на не доплеровском объяснении красного смещения, то есть отрицают факт расширения Вселенной.

Отдельные детали стандартной модели, видимо, будут продолжать меняться в связи с развитием теоретической физики и совершенствованием технических средств наблюдения, но в настоящее время теория Большого Взрыва лучше любой другой согласуется и с теоретическими положениями и с наблюдательными данными.

Философские аспекты проблемы эволюции Вселенной

Современные знания о строении видимой части Вселенной (о Метагалактике) ставят перед философией целый ряд сложных проблем. Прежде всего, ***возникает вопрос, существует ли в мире еще что-то кроме видимой части космоса.*** Есть мнение, что мироздание исчерпывается Метагалактикой, но в настоящее время большинство философов и астрофизиков полагают, что это не так. Одни мыслители считают, что на некотором, очень большом расстоянии от видимой части Вселенной существуют другие Метагалактики, похожие на нашу, другие, и это более вероятно, считают вслед за Кантом, что Метагалактика входит в какую-то более крупную космическую систему подобно тому, как наша Галактика является частью Метагалактики. Современные последователи И. Канта исходят из идеи неисчерпаемости материи как вширь, так и вглубь. В рамках подобных концепций каждая элементарная частица может представлять собой целую Метагалактику, но законы в ней действуют иные, не такие, как в нашем мире, соответственно и гипотетическая надметагалактическая система существует по неизвестным пока человечеству законам.

Имеются также концепции, утверждающие идею множественности миров в одном «пространстве», которые находятся в разных измерениях или сами имеют различное число измерений. В рамках этой группы концепций Метагалактика также не исчерпывает собой мироздание, в котором имеется несколько или же множество Метагалактик с такими же, как в ней, или принципиально иными законами, причем все они существуют как бы в одном «месте».

Вопрос о том, является ли наша Метагалактика единственной, тесно связан с проблемой бесконечности или же конечности материи в пространстве. Не все современные философы разделяют основные идеи релятивистской картины мира, в которой пространство без материи не существует. Эти философы полагают, что Вселенная бесконечна в пространстве не потому, что материя и пространство взаимообусловлены, а потому, что бесконечно само пространство. Однако при любом понимании отношения материи и пространства большинство современных философов полагают, что пространственно материя, а значит и Вселенная бесконечны.

Другая философская проблема – это вопрос о том, что было до рождения Метагалактики, откуда и под воздействием чего она образовалась. На вопрос о том, что было «до» существует несколько ответов. Есть мнение, что прежде существовал другой мир, который был или таким же, как наш, особенно если Метагалактика пульсирует не от нулевого, а от некоторого очень малого, но определенного объема, или же принципиально от него отличался. Второй вариант наиболее вероятен в случае пульсирования Метагалактики от нулевого объема, а также если Большой Взрыв был единственным в своем роде. В последнем случае возможна и принципиально другая интерпретация стандартной модели: до рождения Вселенной вообще ничего, по крайней мере, ничего материального, никогда не было. Тогда обычно делается вывод, что и времени тоже не было, а значит Вселенная, пусть бесконечная в пространстве, конечна во времени. Такие воззрения идут от Платона и средневекового европейского теолога и философа Аврелия Августина. Время связано с материей так же, как и с пространством. Поэтому когда не было ничего (во всяком случае, ничего материального), не было и времени. Современные концепции дискретности времени, утверждающие, что есть пределы его делимости, подтверждают такое предположение. С философской точки зрения все же логичнее предположить, что до рождения нашей Вселенной также было что-то, хотя мы сейчас не знаем, что именно.

Вопрос о том, что было до появления Метагалактики, тесно связан с проблемой, откуда она взялась. Учёный Фридман говорил, что в связи с современными моделями Вселенной появляется возможность считать, что Метагалактика образовалась «из ничего», но он как материалист не разделял такого мнения. Действительно библейский миф о сотворении мира получает в теории Большого Взрыва существенное подтверждение. При желании можно считать, что Вселенная была порождена мировым разумом (Богом), поскольку существуют концепции, в рамках которых сознание – это поле, а известно, что крайне разряженное поле, такое поле, в котором нет частиц, а есть только силовые линии (вакуум), способно самопроизвольно порождать частицы. Затем частица взорвалась и образовалась Вселенная. Материалисты считают, что мы просто еще слишком мало знаем, чтобы ответить на вопрос, из чего возникло состояние сингулярности, но уверены в том, что Бог тут не при чем. На вопрос о том, под воздействием каких сил взорвалось состояние сингулярности, также ответа нет. Если будет создана теория, объединяющая теорию относительности

и квантовую физику, возможно, ответ появится, то есть это, видимо, не столько философская, сколько астрофизическая проблема.

Вопрос о предопределенности или не предопределенности пути развития Вселенной относится к вечным философским проблемам и непосредственно с современными космологическими теориями не связан, но ими и не снимается. В принципе модель Горячей расширяющейся Вселенной скорее подтверждает первый тезис, однако некоторые ее моменты («избыток» частиц, из которого и образовалось вещество Вселенной, проблема происхождения галактик и некоторые другие) наводят на мысль о первоначальной незаданности теперешнего, а значит и последующих состояний Вселенной. В рамках одной из существующих интерпретаций уравнений квантовой физики в каждый момент времени существует бесчисленное множество вариантов развития мира, каждый из которых строго детерминирован, но реализуется в каждый момент только один из этих вариантов (мир Уолеса-Эверетта). В таком случае наш мир одновременно и детерминирован и не детерминирован, и предопределен и не предопределен.

Рассматривая философские аспекты современных моделей Вселенной нельзя не остановиться на вопросе о роли Жизни и Разума. Согласно современным представлениям жизнь возникает на определенной стадии развития материи, но как это происходит, наука пока не выяснила. В лабораторных условиях никто еще не сумел получить живое вещество из неживого, хотя в настоящее время известно, что процесс зарождения жизни связан с образованием молекул ДНК, способных передавать наследственную информацию. Существует ли жизнь еще где-либо, кроме Земли, пока точно не установлено, хотя большинство ученых считает, что, скорее всего, существует. Если это так, то возникает вопрос, где она возникла: на какой-то одной планете, а потом распространилась во Вселенной (гипотеза панспермии), или же на каждой обитаемой планете жизнь самостоятельно возникает заново. Не ясно также, возможны ли в принципе в рамках нашей Метагалактики какие-то иные формы жизни (скажем, на основе соединений кремния), не такие, как на Земле. Разум (сознание) согласно современным представлениям возникает на определенной стадии развития живой материи, но как конкретно на Земле появилось человечество, также не известно, хотя найдены и тщательно изучены многочисленные останки ископаемых гоминид. Следует также отметить, что продолжает существовать концепция творения живого вещества вообще и человека в частности Богом, опирающаяся на тексты Библии и противоречия в современных научных воззрениях. Как все эти вопросы связаны с проблемой эволюции Вселенной?

В наше время астрофизики сформулировали так называемый **антропный принцип, согласно которому наша Вселенная удивительным образом приспособлена к существованию жизни в земных формах, а следовательно к существованию человечества на Земле.** Если бы основные мировые константы были хотя бы чуть-чуть иными, ни жизнь на Земле, ни люди никогда не смогли бы появиться. Это наводит современных философов на мысль о том, что Жизнь и Разум должны играть какую-то очень важную роль в

процессе эволюции Метагалактики. По этому поводу существует несколько предположений.

Есть мнение, характерное для технократических концепций, что назначение Жизни и тем самым Разума - внесение порядка в хаос. Однако сейчас известно, что Вселенная в высокой степени упорядочена, а хаоса, возможно, вообще никогда не было. Кроме того, деятельность людей на Земле показывает, что человечество, скорее, способно внести хаос в существующий природный порядок. Иное решение этой проблемы связано с деятельностью русских космистов (вт. пол. XIX-XX вв.). По их мнению, человек *сам эволюционирует, и только в будущем он станет способен играть роль активного фактора развития Вселенной.* Не исключено, что примерно так оно есть. Однако не следует игнорировать и *мнение отечественного астрофизика И.С. Шкловского (1916-1985), который в конце жизни пришел к выводу о том, что Разум – это побочная, гипертрофированная ветвь эволюции живого вещества, нечто вроде клыков у саблезубых тигров, а потому никакой космической роли человечество не играет и играть не может, будучи обречено на бесследное исчезновение в процессе эволюции расширяющейся Вселенной.*

Таким образом, философское осмысление современной релятивистской картины мира и места в ней человека явно отстает от успехов астрофизики, физики и математики. Однако в XX веке «на стыке» нескольких наук появилась теория, которая оказалась способна предложить не только естественнонаучное, но и философское осмысление эволюции мироздания.

**Синергетика как
теория развития
сложных открытых
нелинейных систем**

Синергетика - это наука о процессах самоорганизации сложных систем различной природы. Зародившись в рамках квантовой физики, она быстро превратилась в общую теорию развития, претендующую на роль универсальной методологии изучения открытых систем.

Синергетика наследует и развивает междисциплинарные подходы тектологии А.И. Богданова, теории систем Л. фон Берталанфи, кибернетики Н. Винера. Терминология и методы синергетики были во многом заложены А. Пуанкаре еще в конце XIX в. Именно этот ученый и философ ввел в научный оборот такие понятия как аттрактор, точка бифуркации, динамический хаос.

В 1960-1970 годы наблюдается качественный скачок в понимании процессов самоорганизации. Появляются теория генерации лазера Г.Б. Басова, А.М. Прохорова, Ч. Таунса; теория диссипативных структур И. Пригожина; теория турбулентности А.Н. Колмогорова и Ю.Л. Климонтовича. Колебательные химические реакции Б.П. Белоусова и А.М. Жаботинского закладывают понимание биоритмов живого вещества; создается универсальная теория катастроф (скачкообразных изменений состояний систем) Р. Тома и В.И. Арнольда. Однако обычно считается, что наибольший вклад в становление синергетики внесли Г. Хакен и И. Пригожин.

Рассмотрим **основные принципы синергетики.** Как классическая, так и неклассическая физика изучают в основном простые системы, то есть системы, в которые входит небольшое число независимых переменных

(величин, меняющих свое значение). Синергетика анализирует *сложные системы*, которые характеризуются большим количеством переменных, а значит и большим числом связей между ними.

Классическая термодинамика имеет своим объектом закрытые системы, то есть системы, которые не обмениваются с окружающей средой веществом, энергией и информацией. В таких системах справедливы фундаментальные законы сохранения (энергии, импульса, момента импульса). Именно для закрытых систем был сформулирован второй закон (второе начало) термодинамики, утверждающий, что в замкнутой системе энтропия нарастает (а значит, уровень организации системы понижается). В соответствии с этим законом Вселенная должна эволюционировать в направлении все большей однородности и, в конце концов, ее ожидает «тепловая смерть». Между тем, уже в XIX в., а тем более в XX в. стало ясно, что Вселенная, напротив, развивается от простого к сложному. Это характерно для Метагалактики в целом, жизни на Земле, человеческого общества. *Открытые системы*, изучаемые синергетикой, это системы, которые получают извне и отдают во внешнюю среду вещество, энергию и информацию. Почти все реальные системы являются открытыми. В качестве закрытых они могут рассматриваться только с определенной степенью приближения.

Сложные открытые системы, которые изучаются синергетикой, являются нелинейными и неравновесными. *Нелинейность* предполагает, что свойства системы в целом не определяются суммой свойств ее элементов; результат воздействия на систему некоторой совокупности факторов не равен сумме результатов воздействия этих факторов; система имеет не одну необходимую линию развития, а несколько возможных. *Неравновесность* системы означает ее неустойчивость (возникающие отклонения от стабильного состояния накапливаются и усиливаются), внутреннюю способность не только к деградации, но и к совершенствованию, самоорганизации.

В процесс эволюции любой системы, имеющей обозначенные характеристики, можно выявить четыре этапа: гомеостаз, динамический хаос, переход от порядка к хаосу (деструктуризация), переход от хаоса к порядку (самоорганизация). В состоянии гомеостаза система находится в относительно стабильном и линейном состоянии. Ее развитие происходит в соответствии с принципами детерминизма, то есть может быть достаточно надежно спрогнозировано. Однако элементы хаоса присутствуют неизбежно, поскольку любая система иерархична: она включает микро-, макро- и мегауровни. То, что является порядком для микроуровня, на макроуровне может представлять собой хаос. Порядок на макроуровне – это хаос (строительный материал) для мегауровня.

В состоянии гомеостаза система развивается в соответствии с некоторой целью-программой, которая на языке синергетики называется аттрактором (притягивателем). Поскольку система в принципе неравновесна, мелкие отклонения от аттрактора, возникающие под воздействием внутренних и внешних причин, накапливаются и усиливаются. Когда порог между

устойчивостью, обеспечиваемой внутренней связью элементов системы, и неустойчивостью, вызванной флуктуациями (воздействиями, вызывающими отклонения), превзойден, система переходит в высшей степени неравновесное и нелинейное состояние, называемое точкой бифуркации. В этом состоянии система имеет несколько возможных аттракторов. По какому именно пути пойдет ее дальнейшее развитие, в принципе непредсказуемо, так как в точке бифуркации любое самое малое воздействие может стать событием, которое переведет систему в новое относительно стабильное состояние. Непременным условием перехода системы на более высокий уровень организации является большая степень открытости системы в области точки бифуркации. Процесс перехода системы от одного состояния к другому включает три этапа. Это деструктуризация (ослабление порядка и нарастание хаоса), хаос как состояние максимальной дезорганизации системы, самоорганизация - формирование новой структуры из динамического хаоса. Произошедшие изменения объекта (системы) необратимы. Синергетика утверждает, что эволюция и время однонаправлены. Причины необратимости времени и развития коренятся в принципиальной случайности, непредсказуемости сделанного системой выбора.

Если считать, что рассматриваемая система существует на макроуровне, то хаос сначала усиливается и утверждается на уровне микропроцессов, затем побеждает на макроуровне. Потом управляющее воздействие мегауровня формирует на макроуровне новые параметры порядка, которые в свою очередь преодолевают хаос на микроуровне. Хаос, естественно, как и порядок, не бывает абсолютным. Таким образом, синергетика вводит понятия случайности и вероятности для описания макропроцессов.

Вышеизложенное показывает, что развитие понимается в синергетике как процесс становления качественно нового, того, что еще не существовало в природе. Поэтому закономерно, что *в рамках данного подхода предлагается некоторая гипотеза рождения материи. Эта гипотеза связывает воедино материю, пространство-время и энтропию.* По предположению И. Пригожина и И. Стангерс фундаментальным условием появления Вселенной явился всплеск энтропии (ее резкое увеличение), что происходит при распаде чего-то высокоорганизованного. В результате спонтанной флуктуации хаоса (вакуума, крайне разряженного поля) произошло событие - энергия поля начала порождать частицы вещества. Первые частицы были нестабильными элементарными частицами без массы покоя и имели кратчайшее время существования. Затем они трансформировались в стабильные частицы, существующие в нашем мире. Этот процесс аналогичен образованию кристаллов в переохлажденной жидкости. Вначале образуются крохотные кристаллы, которые то появляются, то растворяются. Но если образуется крупный кристалл, то происходит необратимое событие - кристаллизация всей жидкости.

Современные ученые считают, что наиболее общим философским выводом из синергетического подхода к анализу природы является

**Проблема соотношения
космологии,
философии и религии**

утверждение о невозможности появления в рамках физики или какой-либо иной науки универсальной теории всего существующего, законы которой позволили бы создать адекватную модель функционирования и развития мироздания. Такая теория должна была бы включить случайность, вероятность, динамическую неустойчивость во все рассматриваемые процессы, что свело бы на нет ее прогностические возможности.

Представления человечества о мире в целом и о его эволюции претерпели значительные изменения на протяжении человеческой истории. От мифологического сознания, в рамках которого мироздание возникало из первобытного хаоса, а отдельные его элементы персонифицировались и обожествлялись, люди перешли к представлениям о вечности первоначал мира, причем сам мир был конечен во времени и проходил в своем развитии ряд последовательно повторяющихся циклов. В период Средних веков, когда в мире утвердились мировые религии, стало господствовать представление о творении мира Богом «из ничего». В Новое время возродилась идея вечности, но не первоначал, а Вселенной в целом, которая стала считаться стационарной. Современная релятивистская картина мира глубоко эволюционна и в каком-то смысле она является возрождением античной идеи эволюции мироздания, но на ином научном уровне, а также, в общем и целом не предполагает, по крайней мере однозначно, идею циклов. В то же время эта модель мира «заимствовала» средневековую религиозную концепцию творения мира «из ничего».

Отсюда можно сделать вывод, что подобно тому, как современная европейская культура сформировалась на основе синтеза античной культуры и христианства, современная релятивистская космология также сочетает в себе античные и христианские элементы. Явившись результатом развития науки и только науки, эта космология оказалась поразительным образом связана с мировоззрением носителей европейской культуры, которые данную космологию создали как ученые.

Этот факт нашел отражение в существующей в настоящее время тенденции сближения науки и религии. Периодически проводятся совместные конференции ученых и священнослужителей по вопросу о происхождении Вселенной, теологи поддерживают теорию Большого Взрыва, а большинство западных ученых верят в христианского Бога, хотя на поиск научной истины это никак не влияет.

Возникает вопрос, не произойдет ли в будущем синтез науки и религии как форм познания объективной действительности и способов формирования философской картины мира? Вероятно, ответа на этот вопрос в настоящее время не существует. В истории человечества уже были периоды сближения науки и религии (например, период Средних веков), но затем пути религии и науки расходились. Во всяком случае, абсолютной истины о мироздании человечество не постигнет никогда, поскольку процесс познания бесконечен, а относительные знания непрерывно углубляются с каждым новым периодом развития науки.