

Онтология и философия микромира и макромира

The ontology and the philosophy of the microcosm and the macrocosm

Лебедев С.А.

Д-р филос. наук, профессор, главный научный сотрудник философского факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана

Lebedev S.A.

Doctor of Philosophical Sciences, Professor, Main researcher of the philosophy department of Lomonosov Moscow State University, professor of Bauman MSTU

Аннотация

В статье анализируется содержание современных физических представлений о четырех областях материальной реальности: физическом вакууме, субмикромире, микромире и макромире. Показывается их взаимосвязь с определенными философскими онтологическими и гносеологическими принципами.

Ключевые слова: онтология, физическая реальность, микромир, макромир, философские основания науки.

Abstract

The article analyzes the content of modern physical representations of four areas of material reality: physical vacuum, submicrocosm, microcosm and macrocosm. Their interrelation with certain philosophical ontological and epistemological principles is shown.

Keywords: ontology, physical reality, microcosm, macrocosm, philosophical foundations of science.

Введение

Предметом онтологии науки является материальный уровень объективной реальности. Этот уровень реальности является огромным по объему и энергетическим параметрам, но при этом и структурно организованным. В науке различают следующие формы и уровни материальной реальности: физическая, химическая, биологическая, социальная, ноосферная (техносфера). Они качественно различны и отличаются между собой своими базовыми элементами и сложностью своей организации. Базовыми элементами физической формы материи являются элементарные частицы, атомы и законы их движения и взаимодействия. Базовыми элементами химической формы материи являются молекулы и их соединения, образующие разные виды веществ в зависимости от состава входящих в них химических элементов, а также законы их движения, взаимодействия и взаимопревращения (химические реакции). Базовыми элементами химической формы материи являются сложные молекулярные соединения, обладающие высокой степенью самоорганизации, способностью распознавания и размножения (самовоспроизводство себе подобных). На уровне организменного и видового существования биологические объекты обладают развитым сознанием, целеполаганием, способностью адекватно оценивать ситуацию и выбирать наиболее подходящие средства адаптации к ней. Биологический уровень материи, ее самоорганизации, изменения и эволюции регулируется более сложными видами законов, чем физические и химические законы материи, хотя и на основе их. Это, прежде всего, генетические законы наследственности, а также законы отбора наиболее приспособленных организмов к наличным материальным условиям их существования. Базовыми элементами социальной формы материи являются

биологические организмы вида Homo Sapiens, ведущие коллективный образ жизни. Они имеют сложную нервную систему и мозг, способный выполнять большой объем информационной и конструктивной деятельности по созданию когнитивной реальности как множества моделей материальных объектов и средств не только эффективной адаптации к материальной действительности, но и управления ею. Необходимыми продуктами коллективного образа жизни людей являются материальное производство, социальные институты, культура, образование, наука, духовная сфера жизни социума, формирующая и легитимизирующая смысловую и ценностную составляющую бытия как общества в целом, так и отдельного человека. В духовную сферу жизни общества входят такие созданные людьми когнитивные системы, как различные формы мировоззрения (мифология, религия, искусство, философия), нравственность, право, идеология, свобода человека и его ответственность, как за свою судьбу, так и за будущее всей человеческой цивилизации. Коммуникации между отдельными людьми, социальными общностями и структурами, этносами, странами и государствами управляются большим количеством не только договорных правил, но и объективных законов функционирования и развития общества как особой целостной системы. Наряду с социальной формой материи сегодня целесообразно выделить ее новую форму – ноосферу. Ноосфера – это единство таких материальных систем, как геосфера земли, ее биосфера, а также техносфера, созданная человечеством из первых двух систем на основе разума человека и его потребностей.

Основная часть

Основной и самой фундаментальной формой материальной реальности является физическая реальность. Все остальные формы материи (химическая, биологическая, социальная, ноосферная) являются просто более сложно организованными структурами физической реальности. Остановимся более подробно на структуре базового уровня материальной реальности – физической реальности и четырех ее областях: физический вакуум, субмикромир, микромир и макромир.

Физический вакуум и субмикромир

Состояние материи, предшествовавшее возникновению Вселенной из квантового вакуума в результате Большого взрыва и последующего расширения. В первые минуты расширения Вселенной возникли все элементарные частицы и поля, включая поле Хиггса. Его квантами являются бозоны Хиггса, участвующие в электрослабых и гравитационных взаимодействиях. Экспериментально бозон Хиггса был обнаружен только в 2012 г. на коллайдере Европейского центра ядерных исследований (ЦЕРН). Бозон Хиггса не имеет электрического заряда, спина (импульса собственного вращения), массы покоя, но у него имеется масса движения, равная примерно 125 ГэВ. У поля Хиггса существует одна особенность, отличающая его от всех других физических полей (электромагнитного, гравитационного и поля сильного ядерного взаимодействия): оно имеет ненулевое значение своего вакуумного состояния. Это приводит его к спонтанному нарушению симметрии и возникновению электрослабого взаимодействия между его бозонами. Все элементарные частицы в момент своего рождения не имели массы, но впоследствии приобрели ее, участвуя в электрослабом взаимодействии с бозонами Хиггса как переносчиками поля Хиггса. Физический вакуум описывается квантовой механикой и ее законами. Пространственная протяженность его объектов 10^{-18} м. Между объектами этой области физической реальности имеет место только слабое взаимодействие, средний радиус действия которого – 10^{-17} м. Для описания объектов субмикромира используются понятия наименьшей физической протяженности (планковская длина) и самого маленького промежутка времени (планковское время). В субмикромире и пространство и время – дискретны. Субмикромир описывается теорией элементарных частиц и законами квантовой физики.

Микромир

Пространственная протяженность его объектов порядка 10^{-18} м – 10^{-8} м. Типы взаимодействия – электромагнитное, слабое, сильное (ядерное). Последнее является близкодействующим, радиус его действия около 10^{-15} м (связывает нуклоны в ядре атома). Описывается теорией элементарных частиц, квантовой механикой и квантовой термодинамикой. Основные виды объектов микромира – элементарные частицы, ядра атомов, молекулы. Особенностью всех элементарных частиц является свойственный им корпускулярно-волновой дуализм. Они обладают как волновыми свойствами, так и корпускулярными. Но по отношению к конкретным условиям они ведут себя либо как волна, либо как частица. Поэтому в описании их поведения применяется принцип дополнительности. Согласно этому принципу возможны две разные, но одинаково законные и истинные теории. Это матричная квантовая механика Гейзенберга и альтернативная ей волновая механика Шредингера. Еще одной особенностью объектов микромира является то, что они имеют свойства, которые не могут быть одновременно абсолютно определенными. Такие свойства называются сопряженными. Например, это положение частицы в пространстве и ее импульс; или энергия частицы и ее время. Только одно из сопряженных свойств может быть абсолютно определенным по величине, но не оба одновременно (принцип неопределенности Гейзенберга). Благодаря неопределенности в области микромира не существует однозначной обусловленности настоящего состояния микрообъекта его предшествующим состоянием. Точно так же, как и его будущее состоянием в настоящее время. Поэтому предсказания будущих состояний микрообъектов, равно как ретросказание их прошлых состояний являются только вероятностными.

Существуют три основные трактовки принципа неопределенности: онтологическая, гносеологическая и прагматическая. Согласно первой, неопределенность и вероятность присущи самой природе элементарных частиц как объектов, имеющих большую степень свободы своего поведения и выбора траектории движения при одних и тех же условиях («свобода воли электрона»). Эту позицию разделяли Гейзенберг, Бор и большинство создателей квантовой механики. Согласно гносеологической трактовке вероятность и неопределенность в описании элементарных частиц и их поведения имеют познавательную природу. Она состоит в возможности познания свойств элементарных объектов только с помощью приборов. Но приборы это макрообъекты и благодаря наличию у них массы, значительно превосходящей массу элементарных частиц, приборы с необходимостью вносят определенное возмущение в поведение элементарных частиц в процессе измерения их свойств. Третьей, прагматической интерпретации принципа неопределенности придерживался Эйнштейн: это не более чем полезная гипотеза. Эйнштейн при этом исходил из истинности лапласовской концепции детерминизма, согласно которой в самой объективной (материальной) действительности нет случайности, в ней имеют место только однозначные связи между объектами, а также однозначная детерминация любого объекта другими объектами или их собственными предшествующими состояниями (однозначная самодетерминация). Главный аргумент у сторонников лапласовского детерминизма логически безупречен: если объект оказался в данном месте или в данном состоянии, то это и не могло быть по-другому, иначе бы этого не случилось. В чисто методологическом плане оценка принципа неопределенности в квантовой механике сводилась к вопросу о логической полноте или неполноте этой теории. Эйнштейн считал, что существующая квантовая теория неполна и явно не учитывает какие-то объективные свойства элементарных частиц. Поэтому нужно строить новую, более полную квантовую теорию. Однако, как показала история квантовой механики, Эйнштейн оказался здесь не прав. В последней трети XX в. полнота квантовой механики была все же доказана. Существенный вклад в это обоснование внес один из создателей квантовой электродинамики Р. Фейнман. Используя при описании движения электронов прием, который получил название «диаграмм Фейнмана», он показал, что нет никакого противоречия между вероятностным характером поведения электрона и

наличием у него абсолютной свободы в начальной точке своего движения. Но эта свобода постепенно уменьшается по мере приближения электрона к конечной точке своего движения вплоть до превращения в необходимость в самый последний момент его пути. В своей концепции моделирования движения электрона с помощью метода диаграмм Фейнман использовал концепцию условной или апостериорной вероятности Байеса, вычисление по формуле которой предполагает учет всего предшествующего опыта его движения. Таким образом, микромир – этот фундамент материи – оказался все же вероятностной реальностью. Видимо, по-другому и не могло быть. Иначе было бы невозможно объяснить ни возникновение Вселенной, ни характер законов ее эволюции, и самое главное – постоянное творчество Природы, очевидцами и свидетелями которого мы все являемся.

С точки зрения современной физики главные виды реальности: поле и вещество. Все материальные тела состоят из вещества, а вещество – элементарных частиц определенного вида. Поля же – это области взаимодействия между материальными телами и элементарными частицами. Самыми элементарными составляющими вещества являются кварки. А самыми элементарными частицами полей и одновременно переносчиками взаимодействий между ними являются кванты соответствующих полей. Все поля, как и любые виды энергии, так же дискретны, как и вещество, состоящее из атомов и кварков. В современном естествознании концепция дискретного, а не непрерывного, характера всех видов материальной реальности одержала полную победу, считая дискретными даже физическое пространство и время (их «атомами» являются планковская длина и планковское время).

Согласно современной стандартной (общепринятой) теории элементарных частиц любое вещество есть результат комбинации и взаимодействия набора только из 24 элементарных частиц: 6 видов лептонов – 6 видов антилептонов; 6 видов кварков – 6 видов антикварков. Все 24 частицы обнаружены экспериментально. Лептоны: электрон (заряд -1 , масса 1); мюон (заряд -1 , масса $206,77$ э.м.); тау-частица (заряд -1 , масса 3536 э.м.); 3 вида нейтрино – электронное нейтрино, мю-нейтрино, тау-нейтрино. Все виды нейтрино не имеют заряда, но имеют различную массу. Лептоны не состоят из кварков, так как не имеют внутренней структуры.

Не все частицы имеют электрический заряд (положительный или отрицательный). Подавляющее большинство элементарных частиц имеет заряд, но такие частицы, как нейтроны и различные виды нейтрино не имеют заряда и являются электрически нейтральными.

Кварки. Существует 6 видов кварков: b , c , d , s , t , u .

b -кварк (масса – 9629 э.м., заряд $1/3$ от электрона, слабое взаимодействие: $-\frac{1}{2}$)

c -кварк (масса – 2963 э.м., заряд $2/3$, слабое взаимодействие $-\frac{1}{2}$)

d -кварк (масса – $13,7$ э.м., заряд $1/3$, слабое взаимодействие $-\frac{1}{2}$)

s -кварк (масса 350000 э.м., заряд $2/3$, слабое взаимодействие $-\frac{1}{2}$)

u -кварк (масса – $8,7$ э.м., заряд $2/3$, слабое взаимодействие $-\frac{1}{2}$)

В настоящее время остается совершенно непонятным, почему массы кварков так сильно различаются между собой, например, s -кварк имеет массу 350000 э.м., тогда как u -кварк только $8,7$ э.м.

В отличие от лептонов все виды кварков участвуют также в слабом взаимодействии одним из своих цветов (красным, синим или зеленым). Все кварки являются нестабильными, т.е. частицами с очень маленьким временем жизни: от 10^{-20} сек. до 10^{-5} сек.

Все элементарные частицы как базовые, так и составные имеют античастицы. Только у фотона нет античастицы. Он является античастицей самому себе. У фотона нет массы покоя, нет заряда, но есть масса движения. Она равна hn/c^2 , где h – постоянная Планка, а n – частота колебаний электромагнитной волны.

Фотон – квант энергии электромагнитного (или светового) излучения. Благодаря наличию у фотона массы движения, он может вести себя как частица (только имея массу, фотон может участвовать во взаимодействии с электронами – явление фотоэффекта – или оказывать давление на предметы – эксперимент П.Н. Лебедева). Ряд физиков отрицают понятие массы движения как некорректное, считая физически осмысленным только понятие массы покоя, которая естественно не зависит от скорости движения тела. Но ведь у фотона масса покоя равна 0, тогда фотоэффект можно объяснить только наличием у него массы движения, которая рассчитывается по знаменитой формуле Эйнштейна $E=mc^2$, где $E = hn$ (h - постоянная Планка, n -частота волны).

Разные элементарные частицы существенно отличаются между собой по времени своей жизни. По этому основанию их делят на два класса: стабильные (долгоживущие) и нестабильные (с коротким временем жизни). Большинство элементарных частиц нестабильны: время их жизни на несколько порядков меньше секунды. Стабильных (почти вечно живущих) частиц очень мало. Это электрон, протон, фотон и все виды нейтрино. Например, время жизни протона 10^{34} лет. Это на 25 порядков больше времени существования нашей Вселенной с момента ее возникновения после Большого взрыва. Частицы, которые живут меньше 10^{-24} сек., называются резонансами.

При высоких энергиях фотон может породить электрон-позитронную пару, которая достаточно быстро аннигилирует, порождая при этом два фотона. Но электрон-позитронная пара это уже система элементарных частиц, имеющая массу покоя. Фотон же как элементарная порция (квант) электромагнитного поля и переносчик его энергии от одной точки поля к другой по самой своей природе и функциям никогда не находится в состоянии покоя. Он вечно в движении.

Между элементарными частицами взаимодействие может осуществляться и осуществляется только в полях различного вида. Поле по своей функции во многом аналогично такой субстанции как пустота в атомистической концепции Левкиппа – Демокрита. Согласно современной физике существует пять видов полей, обеспечивающих определенный вид взаимодействия между элементарными частицами: 1) гравитационное поле, 2) электромагнитное поле, 3) электрослабое, 4) сильное ядерное, 5) поле Хиггса. Как и вещество, все поля дискретны. Они состоят из квантов – своих наименьших единиц, которые выполняют функцию переносчиков энергии в процессах взаимодействия частиц в этих полях. Соответственно количеству полей существует пять видов фундаментальных физических взаимодействий.

1. Гравитационное поле – далекодействующее, выражается законом всемирного тяготения Ньютона, переносчик – гравитон (квант гравитационного поля). Это самый слабый вид взаимодействия по своей интенсивности. Она слабее электромагнитного взаимодействия между частицами почти на 40 порядков. Гравитону присущи все основные физические характеристики: масса покоя, заряд, энергия, импульс, четность, странность, цвет и др.

2. Электромагнитное поле – далекодействующее, выражается законом Кулона: $a_1 a_2 / r^2$, где a_1, a_2 – заряды частиц, r – расстояние между зарядами, переносчик (квант этого поля) – фотон. У него предельно возможная скорость для материальных объектов – 300 000 км/сек.

Устойчивость материального мира в целом и каждой его области обеспечиваются, прежде всего, электромагнитным типом взаимодействия между различными объектами. Законы этого взаимодействия в микромире описываются в квантовой электродинамике.

3. Слабое ядерное – близкодействующее, радиус действия около 10^{-17} м, переносчик (квант поля) – векторный бозон.

4. Сильное ядерное – близкодействующее, радиус действия около 10^{-15} м, связывает нуклоны в ядре атома. Переносчик (квант) – глюон.

5. Поле Хиггса – электрослабое – 10^{-17} м и гравитационное взаимодействие, переносчик (квант поля) – бозон Хиггса.

Основными теориями, описывающими структуру, свойства, взаимосвязи, законы движения и взаимодействия элементарных частиц – фундамента материи, любых ее форм и уровней являются теория элементарных частиц, квантовая механика, квантовая электродинамика, ядерная физика, атомная физика, специальная теория относительности. Существенно отличающейся от микромира областью материальных объектов и их законов является область макромира. Теории этого мира опираются на другие не только онтологические, но и гносеологические философские основания: непрерывность пространства и времени, однозначный характер научных законов, определенность не только свойств объектов и их состояний, но и знаний о них, возможность достижения о макромире абсолютно-истинного знания.

Макромир

Это третья область физической реальности. Пространственная протяженность объектов этой области – от размеров больших молекул до размеров Солнечной системы. Основные типы объектов – макротела, макрополя, космические объекты (планеты Солнечной системы и их спутники). Виды взаимодействия – механическое, гравитационное и электромагнитное. Свойства, отношения и законы функционирования объектов макромира описываются большим количеством теорий классической физики (механика, электродинамика, термодинамика, гидродинамика, аэродинамика, оптика, астрономия и др.). Все теории классической физики, привязанные к описанию макромира, опирались на ряд общих научных и философских утверждений и принципов о характере физической реальности:

1. Закон инерции (механика Ньютона), постулирующий, что состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, являются естественными и присущими самой природе макрообъектов.
2. Между любыми макрообъектами действуют гравитационные силы притяжения и отталкивания, описываемые законом всемирного тяготения Ньютона. Поэтому все макротела имеют гравитационную массу (вес).
3. Изменение скорости макротел (их замедление или ускорение) возможно только в результате приложенной к телам внешней силы (механика Ньютона).
4. Наряду с материей существуют такие субстанции физической реальности, как пространство и время. Все три субстанции связаны между собой только внешним образом, каждая из них самодостаточна и имеет внутренние основания своих свойств. По своим свойствам физическое пространство евклидово (однородно, изотропно, трехмерно, не искривлено, бесконечно). Оно является «вместилищем» всех материальных объектов и процессов (Ньютон). Время также самостоятельная объективная субстанция, оно однородно, анизотропно, так как у него есть выделенное направление (стрела времени): движение только от прошлого к будущему.
5. В макромире возможна любая скорость его объектов вплоть до бесконечной (принцип дальнего действия и мгновенного характера взаимодействия объектов – Ньютон). Благодаря принципу дальнего действия в материальном мире возможна абсолютная одновременность происходящих в нем событий.
6. Материальный мир бесконечен в пространстве и вечен в плане времени своего существования (он всегда был, есть и будет).
7. Принцип нелокальности. Благодаря дальнему действию все в материальном мире взаимосвязано др. Основу нелокальности составляет гравитация. При этом гравитационное взаимодействие между объектами распространяется мгновенно, т.е. с бесконечной скоростью. Эйнштейн предложил назвать принцип нелокальности принципом Маха. Э. Мах сформулировал его в 1872 г. Согласно Маху, на любую область физической реальности (материи), на любой ее объект оказывает гравитационное воздействие все вещество, содержащееся во Вселенной. Только так по Маху можно объяснить эффект инерции, возникающий при ускорении движения тела. Этот эффект

является следствием гравитационного влияния на объект всей материи в целом. Именно этим можно объяснить возникновение центробежных сил при вращении материальных объектов. Таким образом, нелокальность материального мира означает наличие в нем связи между крупномасштабной структурой Вселенной и физическими явлениями в любой локальной области. Поддерживая идею нелокальности физической (материальной) реальности, Мах был солидарен с Ньютоном, считавшим, что всякое представление о наличии в материальном мире абсолютно изолированных систем является ложным, однако, в отличие от Ньютона, Мах считал, что абстракция абсолютно изолированной системы является в науке весьма полезной для создания конкретных и частных моделей физической реальности. Ведь именно такими системами считаются предметы многих наук, в частности, таких фундаментальных теорий, как классическая термодинамика, оптика, электродинамика и др., описывающих свойства и законы предметов этих наук, как абсолютно изолированных систем. Эйнштейн поддержал эту идею Маха о гносеологическом статусе абсолютно изолированных материальных систем и плодотворности такого рода научных абстракций, с помощью которых любая наука легитимизирует предмет своих исследований.

Но уже в Новое время у принципа нелокальности были свои серьезные философские оппоненты, которые считали этот принцип ложным с гносеологической точки зрения. Среди этих оппонентов были номиналист Дж. Беркли (1685-1753) и Г. Лейбниц (1646-1716) с его монадологией – радикально-плюралистической онтологией, согласно которой мир – это бесконечное множество монад. Их общий аргумент был таким: знание о материальном мире вообще и научное знание в частности являются в своей основе только знанием о конкретном единичном. Какова же тогда природа общего знания? По Беркли, всякое общее знание суть не более чем перенесение знания о единичном на другие единичные объекты, похожие на исходный единичный объект (всякое общее знание суть знание по аналогии). Все общие понятия не более чем абстракции, у которых нет объективных референтов. Поэтому никаких оснований онтологизировать такие понятия, как абсолютное движение, абсолютное пространство, абсолютное время, материя, всеобщая взаимосвязь всех объектов и процессов, влияние Вселенной на любые ее локальные области.

В развитии научного знания о макром мире можно выделить два основных этапа: классический и неклассический. В их основе лежали разные фундаментальные теории. Парадигмой первого этапа была классическая физика; второго – теория относительности и синергетика. Рассмотрим существенные различия между этими теориями, имевшими разные философские основания.

Основой классических представлений о макром мире стала механика, построенная Ньютоном и описанная им в его главной книге «*Philosophia Naturalis Principia Mathematica*» («Математические начала натуральной философии»), которая была опубликована в 1686 г. В ней он изложил пять основных аксиом механики, главной из

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

которых был закон всемирного тяготения: , где: F – сила тяготения; G – гравитационная константа; m_1, m_2 – массы взаимодействующих тел; R – расстояние между ними; а также три другие закона механики (закон инерции, закон $F = m a$, закон равенства сил действия и противодействия) и аксиома дальнего действия (утверждавшая возможность мгновенной передачи воздействия от одного тела к другому).

Используя математический аппарат своей теории, Ньютон теоретически объяснил законы Кеплера, разработал теорию движения Луны и комет, объяснил механику возникновения приливов, предложил теорию искусственного спутника Земли, предсказал приплюснутую форму Земли. Окончательное оформление эта система мира получила к концу XVIII в. в трудах блестящей плеяды французских и немецких ученых А. Клеро, М. Эйлера, Ж. Лагранжа, П. Лапласа. И. Кант и П. Лаплас сформулировали гипотезу и разработали динамическую модель возникновения солнечной системы из первоначальной газовой

туманности. Это был триумф не только научного описания и объяснения макромира, но и его огромных практических применений.

К рубежу XVIII и XIX в. ученые верили, что классическая механика в состоянии решить все проблемы макромира. Казалось, что полностью оправдываются слова об авторе «Начал»: «Ньютон был не только величайшим, но и счастливейшим из смертных, ибо систему мира можно создать только один раз». Были предприняты попытки объяснить на основе законов и понятий механики все основные физические явления: теплоту, свет, электричество, магнетизм и пр. В частности, явления переноса теплоты объясняли с помощью механической субстанции – теплорода, были придуманы и другие подобные жидкости – электрические, магнитные субстанции и пр.

Положение начало меняться в связи с успехами термодинамики. В середине XIX в. Р. Майер, Дж. Джоуль и Г. Гельмгольц открыли закон сохранения энергии. Используя этот закон, А. Эддингтон предложил первую научную теорию, объясняющую даже, почему горят звезды. Согласно его теории, источник энергии звезд – превращение в тепло энергии гравитационного сжатия. Лишь в XX в. станет ясно, что этот механизм недостаточен, что необходимо также учитывать поступление в недра звезд энергии, выделяющейся при термоядерной реакции превращения протонов в ядра гелия.

В 1824 г. Карно открыл второе начало термодинамики, т.е. закон возрастания энтропии – меры неупорядоченности систем – во всех необратимых процессах. Используя этот закон, А. Эддингтон сформулировал критерий, определяющий направление времени во Вселенной: стрела времени есть свойство энтропии, и только ее одной.

Другое следствие из второго начала термодинамики сформулировал Р. Клаузиус, выдвинувший гипотезу «тепловой смерти» Вселенной: история мира завершится, когда вследствие непрерывно продолжающегося роста энтропии он достигнет состояния термодинамического равновесия, т.е. абсолютного покоя. И тогда стрелка на часах времени упадет, – добавил к этому Эддингтон. Поскольку физики исходили из предположения, что мир существует бесконечно, то возникал естественный вопрос, почему этого уже не случилось. Л. Больцман – один из основоположников статистической физики – попытался снять этот парадокс, предположив, что наш мир – не более чем гигантская флуктуация в необъятной Вселенной, которая в целом уже давно мертва. Действительное решение проблемы удалось получить много позже, в рамках теории самоорганизующихся систем.

Все эти открытия существенно обогатили картину мира, но не привели к смене механистической парадигмы. По словам Гельмгольца, научное познание мира будет завершено «по мере того, как будет выполнено сведение явлений природы к простым силам и будет доказано, что это единственно возможное сведение, которое допускают явления».

Не изменилась эта точка зрения и после того, как Джеймс Кларк Максвелл, обобщая открытия А. Ампера, К. Эрстеда и М. Фарадея, сформулировал законы электромагнетизма. Из уравнений Максвелла следовало важное предсказание: в пустоте должны распространяться электромагнитные волны. В 1888 г., спустя 20 лет после опубликования теории Максвелла, Г. Герц экспериментально доказал существование этого фундаментального физического явления.

Возник вопрос: что же является носителем электромагнитного поля? Сам Максвелл считал, что эту функцию выполняет эфир. «Не может быть сомнений, – писал он, – что межпланетное и межзвездное пространство не является пустым, а заполнено некоторой материальной субстанцией или телом, несомненно, наиболее крупным и, возможно, самым однородным из всех других тел».

Эта загадочная субстанция – эфирное море – должна была обладать парадоксальными свойствами: она должна быть почти абсолютно твердой, так как скорость света очень велика, но одновременно не должна оказывать никакого сопротивления движению небесных тел. Передавая свет и другие электромагнитные волны, она в то же время

должна быть абсолютно прозрачной. Всё это стало изрядно запутывать классическую картину мира.

Для того чтобы внести ясность в эти вопросы, физики попытались опытным путем обнаружить существование эфира. Решить эту задачу можно было, воспользовавшись тем обстоятельством, что уравнения Максвелла, в отличие от законов механики Ньютона, были не инвариантны относительно системы отсчета. Эту идею использовали А. Майкельсон и Э. Морли, осуществившие в 1887 г. интерферометрическое сравнение пучков света, распространявшихся поперек движения Земли и вдоль него. Итог опытов был сформулирован Майкельсоном: «Было продемонстрировано, что результат, предсказываемый теорией неподвижного эфира, не наблюдается, откуда с необходимостью следует вывод об ошибочности данной гипотезы».

На этом проблемы картины мира классической науки не закончились. Из термодинамики и законов электромагнетизма следовало, что максимальная интенсивность излучения черного тела должна приходиться на коротковолновую область спектра. Эксперимент дал прямо противоположный результат: в этой области наблюдался минимум излучения. Столь резкое расхождение теории с экспериментом получило название «ультрафиолетовой катастрофы». Однако все эти неудачи мало повлияли на веру большинства ученых в истинность классической картины макромира.

Знаменитый физик лорд Кельвин (У. Томсон), встречая XX в., произнес тост за успехи физики, оптимистично заявляя, что развитие теоретической физики по существу подходит к концу. На ее в целом ясном небосводе осталось всего лишь два облачка: неудача опыта Майкельсона – Морли и «ультрафиолетовая катастрофа».

Однако жизнь распорядилась по-другому. Упомянутые «облачка» оказались симптомами надвигающейся революции в физике и началом радикального пересмотра всей прежней научной картины мира. Из первого упомянутого У. Томсоном «облачка» родилась вскоре теория относительности, а из второго – квантовая механика.

Первый революционный шаг в построении новой, неклассической картины макромира сделал Альберт Эйнштейн. В 1905 г. он опубликовал работу «К электродинамике движущихся тел», в которой заложил основы специальной теории относительности. В основу этой теории он положил три постулата:

- 1) скорость света в вакууме одинакова во всех системах координат, движущихся равномерно и прямолинейно друг относительно друга;
- 2) во всех таких системах координат одинаковы все законы природы (принцип относительности);
- 3) передача воздействия (сигнала) от одного тела к другому не может быть мгновенной (т.е. осуществляться с бесконечной скоростью); она всегда конечна и не может превышать скорости света в вакууме (300 000 тыс. км/сек).

Из этих постулатов вытекали следствия, приведшие к радикальному пересмотру классической картины макромира. Оказалось, что не существует ни абсолютного времени, ни абсолютного пространства. Пространственные и временные свойства объектов, во-первых, взаимосвязаны, во-вторых, зависят от скорости движения объектов.

Из теории также следовало установленное Эйнштейном соотношение взаимосвязи массы и энергии:

$$E = mc^2,$$

где c – скорость света.

В частности, оказалось, что именно благодаря дефекту массы при реакции превращения протонов в ядра гелия в соответствии с данной формулой в недрах звезд выделяется достаточное количество энергии, чтобы поддерживать их существование в течение миллиардов лет.

Второе следствие получил Г. Минковский. Он показал, что в рамках модели мира, соответствующей теории относительности, пространство и время – это единая

четырёхмерная реальность, а вовсе не отдельные автономные субстанции, как это считалось в классической картине мира макромира.

Осталось решить с позиций теории относительности проблему гравитации. В 1916 г. эта задача также была решена Эйнштейном в рамках созданной им новой фундаментальной теории макромира – общей теории относительности (ОТО). Если для описания законов классической механики Ньюотону потребовался аппарат дифференциального и интегрального исчисления, то математической основой ОТО стали другие теории – неевклидова геометрия Римана и тензорный анализ. Согласно ОТО следовало, что гравитация – это вовсе не какая-то особая физическая сила, ответственная за ускорение или замедление движения тел, ускорение и замедление движения тел возможны и без приложенной к ним внешней силы. Это просто результаты движения тел по пространству с искривленной структурой, которая описана в рамках общей римановой геометрии, явившейся обобщением Риманом плоской планиметрии Эвклида, планиметрии с отрицательной постоянной кривизной Лобачевского и планиметрии с постоянной положительной кривизной плоскостей самого Римана (частная риманова геометрия). Обобщив все указанные геометрии, Риман создал новую математическую теорию – геометрию переменной кривизны. Эйнштейн же нашел для этой теории соответствующую ей объективную реальность – искривленное физическое пространство, которое было призвано заменить трехмерное физическое пространство Ньютона в его физике макромира. Эйнштейн объяснил наличие искривленного физического пространства влиянием на него материи, а именно характера распределения в данной области пространства тяжелых масс находящихся там объектов. Уже в 1919 г. предсказание общей теории относительности об искривлении траектории луча света возле объектов с большой массой было полностью подтверждено астрономами, наблюдавшими за прохождением луча света вблизи такого массивного объекта как Солнце. Еще одним блестящим подтверждением концепции Эйнштейна об искривленном характере физического пространства было объяснение им регулярного и достаточно сильного отклонения орбиты Меркурия от эллиптической траектории вращения вокруг Солнца. Этот реальный эффект в поведении Меркурия никак не может быть объяснен в рамках гелиоцентрической небесной механики Кеплера-Ньютона. После создания Эйнштейном частной и общей теории относительности главные физические характеристики объектов макромира (их размеры, временная длительность, масса, энергия) из абсолютных (независящих от системы отсчета при описании их величин) превратились только в относительные. Они стали теперь иметь конкретный физический смысл и определенность только по отношению к конкретной системе отсчета.

Согласно классической картине мегамира в материальном мире существуют две автономные реальности или субстанции – вещество и поле. Их структура и законы качественно отличаются друг от друга. Поле – это непрерывная реальность, вещество – дискретная. Согласно ОТО, различие материей и полем не абсолютное, а только относительное. Вещество там, где концентрация поля максимальна, а поле – там, где она мала. Эйнштейн полагал, что в перспективе всю теорию удастся свести к единственной реальности – полю. Попытки полного сведения вещества к полю продолжаются в физике до сих пор, правда, пока они были безуспешными. Но с точки зрения логики такое сведение вполне возможно, ибо не содержит в себе логического противоречия. Наиболее перспективным направлением в этой области является создание теории суперструн, в которой все привычные объекты макромира, впрочем, как и явления микромира и мегамира, будут описываться как особые типы и состояния волн или «струн».

Синергетическая неклассическая картина макромира

Как ньютоновская классическая картина макромира, так и эйнштейновская релятивистская картина этого мира, имели общим то, что считали макромир детерминистским по характеру связей, существующих между его объектами или их состояниями. В нем не было места случайностям как особому объективному типу

событий, а необходимость считалась единственным объективным типом связей, существующим в макромире. Поэтому жестким требованием к любой теории макромира было признание в качестве объективных только однозначных законов. «В макромире все однозначно детерминировано» так сформулировал этот онтологический принцип, ставший известным как концепция лапласовского детерминизма, выдающийся французский физик XIX в. и один из создателей теории исчисления вероятностей П.С. Лаплас. Случайность и вероятность по Лапласу это в лучшем случае неполное знание о реальности. Неполное знание или гипотеза может иметь точное количественное измерение. Точное ее значение называется вероятностью наступления события. Лаплас считал, что в большинстве случаев мы не имеем полного знания о действительности и тогда вероятное знание о ней становится практически весьма полезным. Как говорят французы, за неимением лучшего (т.е. однозначного или необходимого знания). В любом случае это заведомо лучше, чем не иметь никакой информации. Лапласовский детерминизм стал в свое время одним из главных принципов материалистической философии в ее борьбе субъективным идеализмом и агностицизмом за утверждение возможности достижения наукой объективно-истинного знания о мире, т.е. знания о том, какова на самом деле материальная реальность. Более мягкой трактовкой случайности как абсолютно объективного феномена была трактовка как точки пересечения независимых друг от друга рядов необходимых связей. В таком случае объективная случайность определялась как одна из форм проявления необходимости. Объективного статуса лишалась лишь так называемая «чистая случайность». Такой в материальной действительности нет и быть не может, а признание ее возможности есть онтологическая основа всякого рода чудес и ненаучных суеверий. В объективном материальном мире все существующее имеет причину. Одним из ярких последователей лапласовского детерминизма был, как известно Эйнштейн, который считал, что истинные научными теориями могут считаться только те, которые имеют однозначные или динамические законы. Именно на этом основании он считал квантовую механику с ее вероятностными законами неполным знанием о поведении элементарных частиц. В знаменитой полемике с одним из создателей квантовой механики Н. Бором Эйнштейн заявлял: «Я не верю, что Бог играет в кости». На это вежливый Бор отвечал: «Не надо привлекать сюда Бога». При рассмотрении свойств микромира мы уже отметили, что в оценке квантовой механики как якобы неполной теории Эйнштейн оказался явно неправ. Более того, все последующее развитие научного знания и о макромире также достаточно убедительно показало, что и вероятностные, и статистические, и даже явно индетерминистские теории, в которых случайность рассматривается уже как более фундаментальное свойство объективной реальности, чем необходимость, также являются вполне объективным знанием. И наиболее ярким примером такого знания является синергетика как наука об открытых, неравновесных и нелинейных системах макромира.

В синергетике предметом ее изучения стала такая особенность реального мира как наличия в нем большого количества нестабильных систем и хаотических состояний, но при этом таких, которые способны к самоорганизации. С точки зрения классики – это нонсенс, то, чего быть не может. С другой стороны, уже классическая термодинамика заставила посмотреть на проблему по-иному: хаос, как и состояние «тепловой смерти» – это естественные и неизбежные состояния мира.

Более того, со временем стало все более очевидно, что, не найдя научного подхода к изучению явлений хаоса, мы заведем научное познание макромира и материального мира в целом в тупик. Самое любопытное с гносеологической точки зрения оказалось то, что нашелся относительно простой способ преодоления подобного рода трудностей: он состоял в том, что следовало превратить проблему в положительный принцип. Хаос – это свободная игра факторов, каждый из которых, взятый сам по себе, может показаться второстепенным, незначительным. В уравнениях математической физики такие факторы учитываются в форме нелинейных членов, т.е. таких, которые имеют степень, отличную

от первой. А потому теорией хаоса должна была стать и стала нелинейная наука о макромире.

Как уже отмечалось, классическая картина мира макромира была основана на принципе детерминизма, на отрицании фундаментальной роли случайности в структуре и динамике мира. Однако, оказалось, что реальный мир мало похож на этот образ. Ему оказались присущи стохастичность, нелинейность, неопределенность, необратимость. В нелинейном мире его законы выражают уже не определенность, а лишь возможность и вероятность. Случайности здесь играют фундаментальную роль, а наиболее характерным свойством многих неравновесных систем являются их способность к самоорганизации, где сам хаос играет не разрушительную, а созидательную и конструктивную роль.

Формирование научного аппарата нелинейной картины мира происходило по нескольким направлениям. В математике это теория особенностей (А. Пуанкаре, А.А. Андронон, Х. Уитни) и теория катастроф (Р. Том, В.И. Арнольд). Ключевые термины, введенные в эти теории, таковы: **бифуркация** – процесс качественной перестройки и ветвления эволюционных паттернов системы; **катастрофы** – скачкообразные изменения свойств системы, возникающие на фоне плавного изменения параметров; **аттрактор** – «притягивающее» состояние, в котором за счет отрицательных обратных связей автоматически подавляются малые возмущения. В физике, химии и биологии – это работы И.Р. Пригожина и возглавляемой им Брюссельской школы по термодинамике необратимых процессов. Итогом их исследований стало возникновение нового научного направления – теории неравновесных процессов [17]. Профессору Штутгартского университета Г. Хакену, много сделавшему для исследования этих процессов, принадлежит сам термин – синергетика (по-гречески *synergos* означает «согласованный»). В России это работы таких известных ученых как С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий, А.А. Самарский.

Каковы же базовые принципы нелинейного образа мира? Во-первых, это принцип открытости. Система является открытой, если она обладает источниками и стоками по веществу, энергии и (или) информации. Во-вторых, это принцип нелинейности. В-третьих, это когерентность, т.е. самосогласованность сложных процессов. Принцип когерентности используется, например, в лазерах.

Используя эти принципы, назовем лишь основные отличительные свойства мира, подчиняющегося нелинейным закономерностям:

1. Необратимость эволюционных процессов. Барьер, который препятствует стреле времени обратить свой вектор в противоположную сторону, образуют нелинейные процессы.
2. Бифуркационный характер эволюции. Принципиальная отличительная особенность развития нелинейных систем – чередование периодов относительно монотонного самодвижения в режиме аттракции и зон бифуркации, где система утрачивает устойчивость по отношению к малым возмущениям. В результате за зоной бифуркации открывается целый спектр альтернативных эволюционных сценариев. Это означает переход от жесткого лапласовского детерминизма к бифуркационному и вероятностному принципам причинно-следственных связей.
3. Динамизм структуры саморазвивающихся систем. Существует два типа кризисов эволюционирующей системы: структурный и системный. В случае первого после зоны бифуркации она может сохранить устойчивость за счет перестройки своей структуры, во втором случае она переходит на качественно новый уровень.
4. Новое понимание будущего. К зоне бифуркации примыкает спектр альтернативных виртуальных сценариев эволюции. Следовательно, паттерны грядущего существуют уже сегодня, будущее оказывает влияние на текущий процесс. Этот вывод полностью противоречит классике.

Нелинейная наука ведет к эволюционной синергетической парадигме. Принятие этой парадигмы означает отказ от следующих базовых онтологических постулатов классической философской и научной теории макромира:

- 1) принципа классической причинности;
- 2) принципа редукционизма;
- 3) принципа линейности.

В основе нелинейной картины макромира лежат совсем другие принципы:

- 1) становления: главная форма бытия – не покой и не просто движение, а его становление, эволюция. Эволюционный процесс имеет два полюса: хаос и порядок;
- 2) сложности: возможность обобщения, усложнения структуры системы в процессе эволюции;
- 3) влияния будущего на настоящее: постоянное наличие спектра альтернативных паттернов в постбифуркационном пространстве-времени;
- 4) подчинения: минимальное количество ключевых параметров, регулирующих процесс прохождения системой стадии бифуркации;
- 5) фундаментальная роль случайности в зоне бифуркации;
- 6) фрактальности: главное в становлении не элементы, а целостная структура.

Методы нелинейной науки, зародившиеся в сфере естественно-научного знания, оказались весьма перспективными и при исследовании проблем социально-культурной динамики. Биологические и социальные конstellации относятся к классу самоорганизующихся систем, а потому моделирование методами синергетики их структурных и эволюционных характеристик позволило получить неплохие результаты, интересные в научном и практическом отношении. Современный глобальный кризис в значительной мере обусловлен отставанием научной методологии прогнозирования от практических потребностей. Во многом это объясняется тем, что принципы нелинейности мышления еще не получили адекватного применения в области социально-гуманитарного научного познания [3].

Выводы:

1. В эволюции физики микромира окончательно утвердилась атомистическая концепция о дискретности вещества, энергии, пространства и времени, разработанная в теории элементарных частиц, квантовой механике и квантовой электродинамике.
2. В эволюции физики имело место три этапа в развитии ее представлений о макромире: античный, классический и неклассический. Парадигмой первого этапа была натурфилософия Аристотеля, второго этапа – физика Ньютона; третьего этапа – теория относительности Эйнштейна и синергетика Пригожина.
3. Основные философские основания знания о макромире: 1) макромир область объектов, соразмерных человеку и его практической деятельности; 2) в этой области не существует неопределенности свойств и отношений объектов, здесь действует два вида законов: динамические и статистические; 3) в области макромира господствует необходимость, а случайность является особой формой проявления необходимости; 4) пространство и время – непрерывны; 5) для области макромира возможно достижение объективного и абсолютно-истинного знания о ней; 6) критерием истинности научного знания о макромире является практическая деятельность.

Литература

1. *Каменев А.С.* Современное естествознание: понятия, термины, персоналии. – Москва: Вузовская книга. 2006.
2. *Кудрявцев И.К., Лебедев С.А.* Синергетика как парадигма нелинейности//Вопросы философии. – 2002. – № 12. – С. 55-63.

3. *Лебедев С.А., Кудрявцев И.С.* Детерминизм и индетерминизм в развитии научного знания// Вестник Московского университета. Серия 7: Философия. – 2005. – № 6. – С. 1-20.
4. *Лебедев С.А.* Философия науки. Терминологический словарь. – Москва: Академический проект. 2011.
5. *Лебедев С.А.* Общенаучная картина мира и ее методологические функции//Вестник Российской академии наук. – 2017. – Т. 87. – С. 130-135.
6. *Лебедев С.А., Пискун Е.С.* Научная картина мира и ее эволюция//Гуманитарный вестник. – 2021. – № 4(90).
7. *Лебедев С.А., Борзенков В.Г., Гирусов Э.В., Грибов В.А.* Философия естественных наук. – Москва: Академический проект. 2006.
8. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. – Москва, 1986.
9. *Эйнштейн А., Инфельд Л.* Эволюция физики. – Москва: Наука. 2001.