

С.И. Сухонос

ВЗГЛЯД ИЗДАЛИ

Рассматривая в лупу поверхность статуи Венеры Милосской, никогда не поймешь, в чем ее красота. Поставив рядом с ней пресловутую «девушку с веслом» и отойдя на сотню-другую метров, не сможешь отличить классику от халтуры. Но с этого расстояния гораздо ярче видна разница между сараем и собором, а под микроскопом открывается красота многих невзрачных с виду мелочей... Многое зависит от точки зрения.

Со времен древних греков, считавших Землю центром мира, в научном мышлении человека произошло несколько перестановок. Сначала Аристарх Самосский в III веке до нашей эры, а затем уже окончательно Коперник в XVI веке поместили Землю немного в стороне от центра, роль которого получило Солнце. Затем благодаря развитию звездной астрономии Солнечная система из центра Галактики переместилась на ее окраину. Долгое время существовало утешительное мнение, что наша Галактика — центр Вселенной, так как Э. Хабблом в 1929 году было открыто удаление от нас других галактик. Но вскоре выяснилось, что из любой другой галактики открылась бы точно такая же картина. Центр исчез вовсе, была окончательно развенчана даже сама идея о нем.

Волна жизни

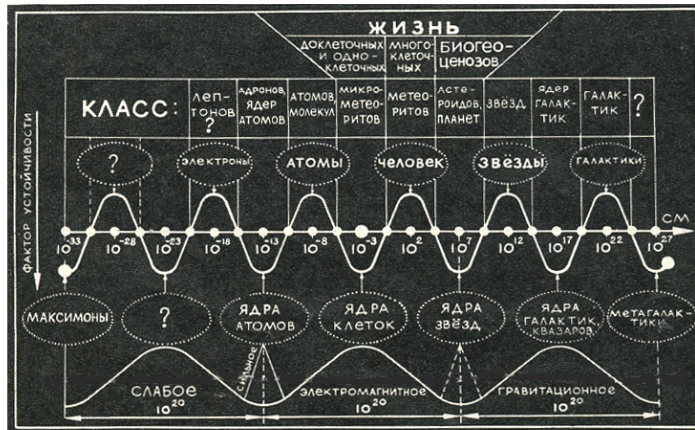
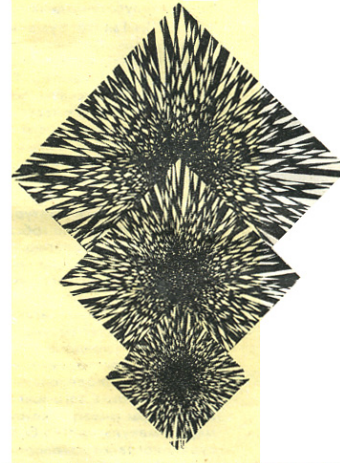
В.И. Вернадский в свое время писал: «Увеличивая мир до чрезвычайных размеров, новое научное мировоззрение в то же время низводило человека со всеми его интересами и достижениями — низводило все явления жизни — на положение ничтожной подробности в Космосе». Но многое зависит, однако, от точки зрения, с которой рассматривать мир.

Как это часто бывает, познание, совершив очередной виток, возвращает нас к прежним идеям на новом качественном уровне. Сегодня накопилось достаточно фактов, чтобы вернуть человека в центр наблюдаемого им мира. Правда, центр этот весьма своеобразный.

Наш принципиально наблюдаемый мир ограничен «снизу» и «сверху». Нижняя граница получается из констант физики — это так называемая фундаментальная длина $L_0 = 10^{-33}$ сантиметра; на таких расстояниях теряют смысл наши обычные представления о пространстве-времени и вступают в действие законы, о характере которых мы можем только догадываться. Фундаментальная длина фигурирует во многих современных работах по физике пространства-времени (см. статью в «Знание — сила», № 10, 1975 год). Но наиболее поразительные результаты были получены академиком М.А. Марковым при анализе уравнений общей теории относительности. Оказалось, что на основе мировых констант можно построить целую группу близких по массе частиц, которые могли бы претендовать на роль структурного материала для всех «элементарных» частиц. Эти частицы («максимоны», как их назвал М.А. Марков) имеют близкие массы; 10^{-5} — 10^{-6} грамма, а их

размеры лежат в области 10^{-32} — 10^{-33} сантиметра. Среди максимонов попадаются настолько «экзотические», что в их реальное существование трудно поверить — внутренняя структура этих частиц может содержать целые звездные системы. Конечно, а такой вариант строения мира верится с трудом, но надо помнить, как пишет М.А. Марков, что «действительность все же может и здесь оказаться фантастичнее наших фантазий».

Что касается «верхней» границы, то для знакомой нам Метагалактики она выводится из простого расчета: предельная скорость передачи информации — скорость света, а согласно современной космохронологии расширение Метагалактики началось 15–20 миллиардов лет назад. За это время сигнал, посланный со скоростью света, мог прийти к нам только с расстояния порядка 10^{28} сантиметров.



Посмотрим теперь, как между этими границами располагаются наиболее известные нам объекты. Для этого воспользуемся шкалой десятичных логарифмов, откладывая на ней размеры этих объектов, — каждый единичный шаг этой шкалы соответствует изменению размеров в десять раз.

Вид получившейся шкалы сам по себе наводит на мысль о любопытной симметрии относительно некоего центра. Это размеры между 10^{-2} и 10^{-3} сантиметра, которые отведены природой живой клетке и, в частности, половой клетке человека.

Мы, выходит, вновь оказались в центре мироздания, причем благодаря усилиям многих поколений ученых, усилиям, вроде бы направленным в обратную от этой цели сторону.

Вглядитесь в схему размерностей природы и вы заметите, что ядра атомов, клеток, звезд, галактик и сама Метагалактика отстоят друг от друга в среднем каждый раз на десять порядков. Выявляется и другая последовательность — электроны, атомы, человек, звезды и галактики, — которая подчиняется тому же коэффициенту масштабности: 10^{10} . Сопоставление взаиморасположения и взаимосвязей этих двух последовательностей наводит на мысль о некоторой периодичности — невольно появляется образ волны с гребнями и впадинами. И оказывается, что количество этих волн почти точно укладывается в границы нашего мира целое число раз!

Конечно, изображение на рисунке — лишь весьма упрощенная схема, отражающая предполагаемую периодичность основных свойств микро-, макро- и мегамира. Однако, поскольку эти свойства — структурная сложность, симметричность, характер динамики эволюционного развития — так или иначе связаны с устойчивостью* в самом широком смысле этого слова, то для удобства по вертикали мы отложили величину, характеризующую относительную устойчивость.

А теперь взгляните еще раз на график — ось волны делит все разновидности объектов на ядерные формы (то, что ниже оси) и «надъядерные», свойства которых во многом определяются свойствами соответствующих ядерных форм: структура ядра атома определяет свойства самого атома; генетическая наследственность в ядре половой клетки задает основные свойства многоклеточного организма; ядра звезд во многом определяют свойства самих звезд, а степень активности ядер галактик играет решающую роль в формировании структуры самих галактик. Кроме того, точки пересечения оси с волной являются некими границами между разными классами объектов независимо от их уровня организации и места «обитания».

Например, максимальные размеры отдельных организмов не превышают нескольких сот метров — это некоторые лианы и морские водоросли. В то же время расчеты показывают, что устойчивая минимальная единица биосферы — биоценоз — не в состоянии самостоятельно функционировать длительное время, если его размеры ниже этого рубежа. Таким образом, здесь происходит переход от клеточных структур к системам организмов. Но очень близко к этому же значению подходит размытая размерная граница между астероидами и метеоритами! Отличаются они и своим происхождением, но главное — траекториями орбит в пространстве Солнечной системы. Орбиты метеоритов пересекаются с орбитами планет и спутников, и это приводит к их столкновению, а вот астероиды стабильно вращаются по эллиптическим орбитам, размеры которых не превышают значения 10^{14} сантиметров. Но удивляет даже не это, а другое — то, что и максимально возможный размер для звезд, их диаметр не превышает приблизительно того же значения: 10^{14} — 10^{15} сантиметров! И, как видно из рисунка, этот предел точно совпадает с точкой пересечения оси с пятой, «звездной» волной. А другая точка пересечения с этой волной оказывается минимальным пределом размеров нормальных звезд (таких звезд, в недрах которых могут происходить термоядерные реакции). Этот же размер — $10^{9,5}$ сантиметра — в свою очередь разделяет планеты, теперь уже по диаметрам, на те же две группы: Меркурий, Венеру, Землю и Марс

* Устойчивость — понятие очень сложное; единой теории устойчивости еще нет, как нет единой теории поля. Автор в своем подходе принимает во внимание прежде всего относительную устойчивость объектов во времени и по отношению ко внешним воздействиям (ядра атомов, скажем, явно устойчивее атомов в целом).

(здесь самая большая — Земля с диаметром около $1,3 \cdot 10^9$ сантиметра) и Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун — правее всех на шкале располагается Юпитер с диаметром $1,4 \cdot 10^{10}$ сантиметра, эта двуликая планета-звезда, которую часто называют несостоявшейся звездой.

Но что же по размерам дальше? Там, где звезды достигают предельной величины, начинаются ядра квазаров — самых интригующих объектов космоса. Хотя природа квазаров до сих пор точно не выяснена, большинство ученых считают, что диаметр ядер квазаров — 10^{15} — 10^{17} сантиметров, а с оболочками — примерно 10^{20} сантиметров. Числа как раз полностью укладываются в «ядерную» полуволну нашего графика.

Чуть дальше той точки на схеме, где кончается область ядер квазаров, оказываются исчерпаны и размеры разнообразных ядерных образований галактик; здесь же заканчивается область всевозможных звездных скоплений и ассоциаций, входящих в состав галактик, и приходит черед собственно галактик.

Галактики часто подразделяются на карликовые (менее 10^{22} сантиметров) и гигантские (более 10^{22} сантиметров). Размеры галактик-сверхгигантов очень редко превышают значения 10^{23} сантиметров, а дальше идут всевозможные группы и скопления галактик. Самые большие из обнаруженных скоплений практически не превосходят следующую классификационную границу — $10^{24,5}$ сантиметров. Поиск же еще больших образований — сверхскоплений — долгое время остается безрезультатным. Во всяком случае образования размером более чем $5 \cdot 10^{25}$ сантиметров достоверно не обнаружены. Было установлено, что скопления, группируясь в цепочки и плоские структуры, образуют довольно симметричные ячейки с характерным «диаметром» 10^{26} сантиметров.

Этажи мироздания

Итак, получается как будто, что границы между структурными и ядерными образованиями материи, независимо от рода рассматриваемых объектов, лежат на оси графика в точках ее пересечения с волной. Однако не следует «искать меридианы в природе» — эти границы представляют собой размытые переходные зоны со своими особыми свойствами. До сих пор неясно положение в астрофизической систематике галактических шаровых скоплений. И столь же трудно однозначно отнести некоторые колонии простейших к многоклеточным или одноклеточным.

А стоит ли всегда давать однозначные определения? Может быть, достаточно сказать, что это объекты с особыми свойствами, характерными для переходных зон?

Однако все это хорошо, может подумать читатель, но если гребни на модели изображены такими одинаковыми, то, может, быть, и «заселяющие» их объекты в чем-то подобны? Но спиральные галактики так мало похожи на звездные шары, а атомы — на макрообъекты! При всем желании между ними нелегко найти что-нибудь общее. И все-таки это сходство есть, только лежит оно несколько в другой плоскости.

В природе не существует абсолютно тождественных объектов. Более того, даже один и тот же объект не равен сам себе в различные моменты времени — все течет и все меняется. Однако сама же природа зачастую безразлична к такому разнообразию: силы гравитации безразличны к химическому составу, форме и структуре падающих тел, так же безразличны ядерные силы к тому, падает ли тело с башни, покоится на земле или раскалывается под ударами молота. Следуя за

природой, человек спасается от ошеломляющего разнообразия, отбрасывая несущественные моменты и выделяя лишь самое главное.

Чтобы лучше разглядеть различие и сходство разнообразных объектов, «заселяющих» наши волны, мы воспользуемся немного устаревшим, но простым и наглядным разделением взаимодействий на четыре основных типа: слабые, сильные, электромагнитные и гравитационные.

Природа так устроила, что между слабыми, электромагнитными и гравитационными взаимодействиями произошло нечто вроде масштабного разделения труда: все уровни организации материи они поделили на три масштабно одинаковых этажа, и каждое управляет на своем.

Гравитационные силы забрали себе весь космос и работают над созданием и поддержанием формы галактик, звезд, планет и разного рода скоплений этих объектов. Но уже форма большинства астероидов совершенно «не интересуется» эти могучие силы: спутники Марса Фобос и Деймос слишком малы для гравитационных сил, и их поверхность лишь слегка сглажена, видимо, за счет пыли, осевшей на спутники после ударов метеоритов. Однако Луна — уже шар и, скорее всего, имеет ядро, которое является непременным атрибутом больших планет. Таким образом, в обычных условиях граница между зонами решающего влияния гравитационных сил и электромагнитных сил проходит в районе размеров 100–1000 километров, или 10^7 – 10^8 сантиметров. Близкие к этому значению размеры имеют многие спутники Сатурна и некоторые крупные астероиды. Видимо, для них характерен плавный переход от бесформенных, безъядерных глыб к шару с ядром, но, к сожалению, мы пока еще не знаем, так это или не так.

Электромагнитные взаимодействия строят электронные оболочки атомов, молекулы, кристаллы и отвечают за многие процессы в живой природе. Но ядра атомов сцеплены сильными взаимодействиями, которые занимают несколько особое место в иерархии сил, — эти самые сильные взаимодействия чрезвычайно короткодействующие — не более 10^{-13} сантиметра, а кроме того, область их преобладающего влияния ограничена и «снизу» — на расстоянии 10^{-17} сантиметра преобладающее влияние оказывают уже слабые взаимодействия. Разделение в нижней части, в области совершенно не изученных в эксперименте физических явлений произведено лишь на основании соображений симметрии самой масштабной гармонии. С этой гипотетической частью масштабная гармония устойчивости содержит двенадцать полувольт. Отметим еще, что на стыке трех взаимодействий природа разместила объекты особого рода: сверхплотные ядра атомов — около 10^{-13} сантиметра и нейтронные звезды, оголенные, сверхплотные, сжатые после взрыва ядерные области звезд — около 10^7 сантиметра.

Сравним теперь основные закономерности построения структур с различными размерами. Глубже, чем в структуру адронов (10^{-14} сантиметра) микрофизика еще не проникала, поэтому начнем с них. Они состоят из нескольких почти равноценных частей, без выделенного центрального ядра — подобные структуры обычно называют полицентрическими. Возможно, что эти части представляют собой кварки. Далее, сами ядра (10^{-13} — 10^{-14} сантиметра) в различных ситуациях и в зависимости от массы хорошо описываются моделями либо с полицентрической, либо с моноцентрической структурой. А электромагнитные взаимодействия формируют на своем первом гребне моноцентрические структуры атомов — у них есть центральное ядро и электронные оболочки. Далее, у молекул, макромолекул, кристаллов и т.д. мы видим постепенное развитие полицентричности. Пройдя через некоторое возрождение одноядерности (при расстояниях около 10^{-3} сантиметра), структура становится полностью полицентрической.

Почти такая же история и с гравитационными силами: на первом гребне (10^{12} сантиметров) — вершина совершенства формы — звезды-шары с центральным ядром и оболочечной структурой, но уже гораздо сложнее устроены галактики — многочисленные шаровые скопления дают скорее картину полицентрическую. Таким образом, мы видим, что переход от полицентрических структур к моноцентрическим совпадает с размытыми границами между областями сравнительно наибольшего влияния слабых, электромагнитных и гравитационных взаимодействий.

К тому же нетрудно заметить, что схема многослойна. Например, от точки $10^{-5,5}$ сантиметра идет, видимо, самый нижний и самый устойчивый слой — микрометеориты, метеориты, астероиды и планеты — до точки $10^{9,5}$ сантиметра. И здесь же на этом фронте развернулась жизнь. От вирусов до биосферы со своим собственным центром в зоне «человеческих» размеров — 10^2 сантиметров, который сдвинут несколько правее «вселенского». Интересно при этом, что в области 10^{-3} — 10^{-2} сантиметра находятся живые организмы с центральной симметрией, например некоторые радиолярии и солнечники. Но и самые симметричные в этом смысле из микрометеоритов — это космические шарики с размерами 10^{-3} — 10^{-2} сантиметра.

К такому же выводу мы приходим, анализируя формы различных неустойчивых образований космоса: туманности всех родов и облака пыли и газа. Самые симметричные и самые красивые из них — это планетарные туманности, чаще всего имеющие форму тора с размерами 10^{17} — 10^{18} сантиметров. И гипотетические пока ядра квазаров (около 10^{17} сантиметров) должны быть симметричнее своих довольно рваных оболочек размером 10^{20} сантиметров.

В общем это не так удивительно, если учесть, что симметрия и устойчивость структур сильно взаимосвязаны. Удивительно другое — то, что зоны повышенной симметрии и устойчивости на нашей шкале отстоят на равные расстояния.

Деление или синтез?

В космосе происходят процессы, которые поражают воображение своей грандиозностью — это взрывы в ядрах галактик. Огромные пространства охвачены потрясающими энергетическими процессами, и просто бессмысленно сравнивать абсолютные характеристики этих явлений с тем, что происходит в нашей Солнечной системе, не говоря уже о Земле.

Однако напрашивается одна довольно «дикая» аналогия между тем, что происходит в Большом космосе и на Земле.

Из некоторых расчетов астрофизиков, касающихся эволюции галактик, следует, что активное состояние ядер ряда галактических объектов длится не более одного процента от времени жизни нормальной галактики. При этом из ядра с размером около 10^{17} сантиметров образуется галактика с размером около 10^{22} сантиметров, то есть в 10^5 раз больше.

А вот на Земле постоянно, каждую секунду происходит чудо, к которому мы уже привыкли и мало о нем задумываемся. Из ядра человеческой половой клетки размером около 10^{-3} сантиметра за девять месяцев вырастает организм размером около 50 сантиметров.

Те же самые соотношения, что и у галактик, — один процент и 10^5 !

Такое сопоставление процессов открывает нам новый план в изображении на рисунке — динамическое подобие процессов синтеза и деления, о которых еще

Фрэнсис Бэкон писал в «Новом Органоне», что они являются основными и элементарными процессами, к которым можно свести все, что происходит в мире.

Что же мы можем сказать о синтезе и делении?

Во-первых, после синтеза и деления размеры систем значительно изменяются, соответственно изменяется их положение на нашей модели, во-вторых, синтез и деление идут иногда с выделением, а иногда с поглощением энергии; яркий пример выделения — ядерные и термоядерные реакции, а поглощения — разборка и сборка поломанного будильника. Без этих процессов невозможна эволюция, появление все более сложных систем.

Но эволюция не является свойством только живой природы, на примере которой видно, что синтез и деление идут рядом, взаимодополняя и подталкивая друг друга, и выделить преобладание того или иного процесса можно, лишь точно определяя размеры среза для рассмотрения. В организме человека, например, все переплетено и идет параллельно: синтезируются белки и нуклеиновые кислоты, расщепляются жиры и делятся клетки. Но сам организм не может, разделившись, дать начало новым жизням и вынужден пользоваться «услугами» мельчайших половых клеток: 10^{-2} — 10^{-3} сантиметра, которые, объединившись, дают толчок к делению зиготы и развитию нового организма — грандиозному взрыву, который длится до тех пор, пока не сформируется новый организм, — видимо, самое сложное, что с помощью деления создает природа.

А теперь посмотрим, какие из «обитателей» наших волн участвуют в синтезе, а какие — в делении.

Обнаруживается удивительная картина. Оказывается, существуют целые провалы того или иного процесса. Если идти по шкале вправо, то на подъемах волн синтез почти отсутствует. Зато деление на подъемах работает вовсю. Приведем несколько примеров.

В термоядерном синтезе ядер атомов участвуют легкие элементы, а в ядерном делении — тяжелые. Таким образом, вплоть до ядра наиболее устойчивого элемента — железа (на рисунке — это нижняя точка устойчивости) энергетически более выгоден синтез, а правее — деление. И эпопея получения трансураниевых элементов (размеры их ядер более 10^{-12} сантиметра) прекрасно иллюстрирует, чего стоит синтез на правом склоне. Поднимемся теперь на «атомный гребень» — 10^{-8} сантиметра — и пойдем дальше.

Мы хорошо знаем, что молекулы образуются при соединении нескольких атомов, и чем их больше, тем сложнее молекула — вершиной молекулярной сложности является ДНК.

На всех этих этапах усложнение идет путем синтеза, и при этом растут размеры получаемых систем... Дальше, половые клетки сливаются и образуют зиготу и... стоп — конец синтеза. За редкими исключениями ни природе, ни человеку не удавалось из многих взрослых клеток собрать пусть даже простенький организм. Почему? Дальнейшее развитие, усложнение и увеличение размеров идет путем деления и только деления. Нет таких многоклеточных, которые бы, сливаясь, объединяясь, образовывали бы новый организм. Факт очевидный. Но удивляет то, что граница между синтезом и делением как главными способами эволюции, независимо от видового разнообразия, всегда проходит около одних и тех же размеров: 10^{-2} — 10^{-3} сантиметра.

Дальше, со следующего гребня нашей волны — 10^2 сантиметров — более сложные биосистемы уже получаются за счет объединения. Природа создает группы, стаи и стада, биоценозы.

Перейдем в космос. Ученые давно установили, что вероятность столкновения в космическом пространстве двух звезд или планет ничтожно мала, и уж тем более никакого процесса эволюционного синтеза здесь быть не может — после такого столкновения они разлетятся на осколки. Подобный «провал» синтеза наблюдается и на следующем подъеме, «заселенном» звездными скоплениями, всевозможными туманностями, галактиками и их ядерными образованиями. И если еще относительно недавно в астрономии для объяснения некоторых непонятных явлений в галактических процессах привлекались гипотезы столкновения галактик или взаимозахвата, то затем расчеты и наблюдения показали, что, за исключением редчайших случаев, это невозможно. Но зато объединение звезд и галактик в группы, системы и всевозможные скопления допускается. Здесь появляется соблазн на основании уже выявленной тенденции для третьего и четвертого периода сделать решительные выводы для пятого и шестого, ведь системы звезд и всевозможные скопления галактик относятся по своим размерам только к соответствующим «спускам». Тем более, что прослеживается дополнительная любопытная аналогия в делении живых клеток и ядер галактик. Деление большинства клеток идет преимущественно в довольно узкой зоне при размерах около 10^{-2} сантиметра.

Некоторые астрофизики считают, что галактики могут «размножаться» делением ядер либо «почкованием», отделяя от себя галактики-спутники. Во всяком случае, есть множество наблюдений, которые можно рискнуть трактовать именно таким образом. Поэтому квазары даже иногда называют «зародышами» галактик. Ну, а о том, как соотносятся интервалы времени развития и относительные размеры галактических и живых систем, мы уже упоминали.

Но не следует торопиться с выводами и полагать, что найден философский камень, — эти аналогии пока больше удивляют, чем что-либо объясняют. Тем более, что существуют и явные исключения из этой тенденции: размножение бактерий делением идет на нашей шкале в «размерной зоне синтеза», а многоклеточные гидры, разобранные на клетки, вновь соединяются в ту же гидру, которая по размерам относится к «зоне деления».

Подобные сравнения хороши лишь до определенного предела еще и потому, что жизнь, как это ни парадоксально, в своей собственной эволюции продвинулась дальше, чем космос. Ведь если за критерий эволюционного возраста принимать количество сменившихся поколений, то галактики с их миллиардами лет — младенцы по сравнению с любым биологическим видом, в том числе и человеком. Где уж тут развернуться эволюции, когда еще не «умерли» первые патриархи, галактические адамы и евы?

Картинка на рисунке, конечно, слишком упрощена, чтобы ее можно было использовать для «практических» целей. Здесь нашей главной задачей было показать лишь ведущие тенденции.

Поэтому, когда вглядываешься в график, то возникает масса вопросов, которые легче задать, чем на них ответить. Пока мы видим лишь, как разрозненные факты и явления, если взглянуть на них под определенным углом зрения и с достаточного расстояния, объединяются, пусть несколько условно, в некую систему.