

***В. В. Ковалевич
(г. Николаев, Украина)***

Секулярный подход к пониманию мироздания, или самодостаточность космографии

С давних пор – вот уже несколько тысячелетий – сосуществуют, конкурируют и одновременно взаимодополняют друг друга три подхода к восприятию и осмыслению окружающего нас мира.

Один из них – и, вероятно, самый древний, – это искусство, проникающее в суть вещей через внелогическое или иррациональное отображение, которое называют интуитивным: оно недоказуемо и не вытекает из непреложных научных фактов, но обладает исключительным умением предвидеть и обобщать конкретные знания и опыт.

Так, более семидесяти лет тому назад, на заре становления современных представлений о структуре и свойствах микромира, поэт, мыслитель Валерий Брюсов с непостижимым прозрением, присущим большому художнику, выразил в изящной метафорической форме свой взгляд на глубинную сущность окружающей нас природы:

«Ещё, быть может, каждый атом –
Вселенная, где сто планет;
Там всё, что здесь, в объёме сжатом,
Но также то, чего здесь нет».

Его догадка блестяще выдержала проверку временем и ныне подкреплена реальным знанием.

Второй подход – секулярно-атеистический или научный, последовательное изучение законов природы и свойств материи. Он опирается на эксперимент и строгие логические построения. Искусство и наука взаимно дополняют друг друга. Научные открытия, как это на первый взгляд ни парадоксально, часто делаются вопреки логике,

преодолевая её ограниченность в гипотезе, обобщающей накопленный опыт. Два выдающихся примера тому дала физика XX века. Это, во-первых, теория относительности, которая возникла на руинах логически безупречных и «совершенно очевидных» субстанциональных представлений о пространстве и времени, никак друг с другом не связанных. Во-вторых, это квантовая механика, которая покончила, казалось бы, вопреки здравому смыслу, с заблуждением в абсолютном различии между волнами и частицами.

Наконец, есть третий подход – религиозный или богословско-теологический. Он не противостоит научному по самой своей сути, поскольку любая вера ищет знания и понимания и как таковая она не может находиться в стороне от развития науки. В религии своя мощь и притягательность: вера не требует интеллектуального напряжения – она преподносит все истины в окончательном и неизменном (каноническом) виде, т. е. в контексте конкретных религиозных представлений (миропонимания). Такой подход имеет право на существование, т. к. он, говоря лексикой К. Поппера, – не фальсифицируем. Наука апеллирует к опыту и эксперименту. Религия апеллирует к вере в божественную волю, сотворившую мир, и чудо. Космология изучает возникновение и эволюцию Вселенной. Последняя представляет собой уникальный объект, с которым невозможно поставить эксперимент, воспроизводивший весь путь её развития. И, следовательно, невозможно доказать, что «божественного творения» не было.

Самые ранние космологические модели были связаны с астрологией (поклонением древнейших народов небесным светилам как богам) и астрологией, которая вышла из астрологии. Первой относительно рациональной, хотя и умозрительной космологической моделью мира считается геоцентрическая модель Аристотеля–Птолемея. Более полутора тысяч лет она была практически безальтернативной вплоть до появления гелиоцентрической модели Коперника. К слову, полная ассимиляция гелиоцентризма осуществлялась примерно 300 лет благодаря усилиям Кузанского, Бруно, Кеплера, Браге, Галилея, Ньютона, Эйлера, Лагранжа, Ломоносова [1]. В XIX веке Вселенная считалась замкнутой и неразвивающейся (стационарной).

В XX веке появилась релятивистская космология, у истоков которой стояли Харлоу Шепли, А. Эйнштейн, А. А. Фридман, Э. П. Хаббл, А. Пензиас и Р. Вилсон.

Как известно, каждый элемент таблицы Менделеева характеризуется вполне определённым спектром излучения. Этот спектр позволяет идентифицировать данный элемент среди всех прочих. Но так дело обстоит только в том случае, если источник излучения неподвижен.

В начале XX века было обнаружено, что спектры ближайших к нам галактик и их скоплений (туманностей), которые только и были доступны наблюдению в то время, слегка сдвинуты в фиолетовую или в красную сторону. Причину этого явления поняли сразу – эффект Доплера, изменение воспринимаемой частоты излучения источника при его движении к наблюдателю или от него. В первом случае спектр излучения смещается в сторону больших частот (фиолетовое смещение), во втором – в сторону меньших (красное смещение). Величина смещения тем больше, чем выше скорость источника относительно наблюдателя. Таким образом, сдвиг спектров указывал поначалу только на то, что источник излучения либо приближается к нашей Галактике, либо удаляется от неё. Так, например, туманность Андромеды приближается к Земле со скоростью около 300 километров в секунду, а более удалённое скопление галактик в созвездии Девы движется со скоростью около 1000 километров в секунду от Земли. Однако по мере накопления наблюдательных данных стало выясняться, что подавляющее число туманностей удаляется от Земли, и притом тем быстрее, чем дальше от нас туманность. К Земле движется только несколько ближайших галактических систем вроде Андромеды.

Возникло предположение, что Вселенная испытала в далёком прошлом чудовищной силы взрыв, после которого все её части стремительно полетели прочь друг от друга. Эта точка зрения окончательно восторжествовала после 1929 года, когда американский астроном Эдвин Хаббл, измеряя величину красного смещения галактик, обнаружил, что все они разбегаются друг от друга, и тем быстрее, чем больше расстояние между ними. Подытожив накопившийся к тому времени обширный наблюдательный материал, Хаббл сделал вывод, что имеется прямая пропорциональность между расстоянием до галактики и скоростью её удаления, за что и был удостоен Нобелевской премии. Такой же результат непосредственно вытекал из так называемого космологического принципа. Последний сводится к утверждению, что для наблюдателя, где бы он ни находился, распределение движения видимых им галактик по скоростям должно быть одинаковым. Это эквивалентно высказыванию, что Вселенная однородна и изотропна, то есть во всех направлениях имеет одинаковые свойства.

Это суждение выглядело парадоксальным, т. к. более 99 % массы Солнечной системы сосредоточено в самом Солнце. Всё остальное пространство между Солнцем, планетами и их естественными спутниками практически пусто. Какая уж тут однородность и изотропия! Но когда речь идёт об однородности и изотропии Вселенной, имеется в виду, что она обладает этими свойствами только в среднем. Причём,

усреднение производят по весьма внушительным пространственным масштабам, заметно превышающим характерные расстояния между соседними скоплениями галактик – порядка 100 миллионов световых лет. А размеры части Вселенной, видимой невооружённым глазом, значительно меньше. Именно по этой причине закон разбегания галактик не стал известен раньше. Его нельзя было установить и проверить без мощных современных телескопов, позволяющих заглянуть весьма далеко в глубины Вселенной. Сегодня различаются крупные звёздные образования, удалённые от нас на расстояние до двадцати миллиардов световых лет (2×10^{23} километров). И по многим причинам полагаем, что это и есть истинный размер, который сейчас имеет наша Вселенная. Такая оценка основана на следующем рассуждении. Галактики разлетаются с относительными скоростями, пропорциональными их расстоянию друг от друга. Это относится к любой паре галактик. Если экстраполировать картину вспять по времени, то неизбежен кажущийся парадоксальным вывод, что когда-то все они, а точнее, вся заключённая в них материя, вылетели из одной точки. Здесь, конечно, необходима осторожность, т. к. экстраполировать действующие сейчас закономерности сколь угодно далеко по времени нельзя, хотя бы потому, что, углубляясь в прошлое, мы сталкиваемся с неограниченно растущей плотностью материи, свойства которой малоизвестны. Однако вплоть до огромных плотностей – порядка миллиарда тонн в кубическом сантиметре, которые существуют внутри атомных ядер, – мы свойства материи уже знаем, и этого достаточно для оценки. Многолетние наблюдения показали, что скорость разлёта галактик возрастает примерно на 15 километров в секунду на каждый миллион световых лет расстояния между ними. Эта величина называется постоянной Хаббла. Самые далёкие уносятся от нас со скоростью, приближающейся к скорости света. Сопоставив оба факта, находим время, прошедшее с начала разлёта. Для этого один миллион лет умножаем на отношение скорости света к постоянной Хаббла, то есть на 20000. Получаем двадцать миллиардов лет. Если учесть замедление, вызванное силами гравитационного притяжения, то время расширения оказывается несколько меньше. В известном смысле это время называют возрастом Вселенной.

Вторым крупнейшим достижением астрофизики последних десятилетий стало открытие реликтового излучения. Обнаружено это излучение было только в 1964 году американскими радиоастрономами Арно Пензиасом и Робертом Вилсоном с помощью рупорной антенны, которая приняла радиоволны длиной около миллиметра, идущие из всех точек небосвода. В 1978 году им за это открытие была присуждена

Нобелевская премия. Оно сыграло решающую роль в становлении и развитии теории «горячей» Вселенной. Чтобы развернуть рефлективную доктрину последней, представим, что внутри ящика с полностью поглощающими стенками заперто электромагнитное излучение, и что вся эта система находится в тепловом равновесии. Электромагнитное излучение включает радиоволны, инфракрасное (тепловое) излучение, видимый свет, ультрафиолетовое, рентгеновское и гамма-излучение. Термин «тепловое равновесие» означает, что излучение, попадая на стенки, отдаёт им ровно столько энергии, сколько стенки излучают обратно в ящик. Как при таких условиях распределится интенсивность излучения по частотам или по длинам волн? Этот вопрос был решён Максом Планком в самом конце XIX века. Выяснилось, что это распределение полностью определяется температурой стенок, причем по мере роста частоты (уменьшения длины волны) его интенсивность сначала возрастает, затем при определённой частоте, растущей с температурой, достигает максимума, после чего начинает падать, приближаясь к нулю при очень больших частотах. Поэтому излучение обычно характеризуют температурой: распределение его энергии по частотам, то есть энергетический спектр, описывается знаменитой формулой Планка, в которую следует подставить соответствующую температуру. Эта формула и положила начало современной квантовой физике.

Что произойдёт, если убрать стенки? Очевидно, что тогда излучение начнёт свободно распространяться в окружающее пространство, словно газ, выпущенный из сосуда. При этом плотность его энергии будет убывать обратно пропорционально занимаемому им в каждый данный момент объёму (поскольку его полная энергия – произведение плотности энергии на объём – остаётся неизменной). Значит, будет убывать и его температура. Но это означает, что максимум излучения будет приходиться на всё меньшие и меньшие частоты или, что то же, на всё более длинные волны. Другими словами, при расширении в свободное пространство волны излучения как бы растягиваются и весь его спектр смещается в сторону меньших частот: гамма-излучение постепенно переходит в рентгеновское, оно, в свою очередь, в ультрафиолетовое и так далее. Именно так возникло реликтовое излучение, которым заполнена вся Вселенная.

Когда-то, очень давно, плотность материи была чрезвычайно велика. Энергично взаимодействуя с излучением, материя препятствовала его свободному расширению. Другими словами, она играла роль того самого ящика с полностью поглощающими стенками. По мере расширения Вселенной плотность материи постепенно

уменьшалась, а температура падала. Наконец, наступил момент, когда излучение стало настолько слабо взаимодействовать с веществом, что смогло распространяться практически свободно – стенки ящика стали прозрачными. Принято говорить, что в этот момент излучение оторвалось от вещества. Сейчас температура излучения упала почти до трёх градусов по абсолютной шкале температур (около -270°C). При этом максимум его энергии приходится на длину волны, несколько меньшую одного миллиметра. Оно почти однородно. Это означает, что измерения, проведённые в любой точке Вселенной, должны дать почти одинаковые результаты. И оно почти изотропно в системе центра масс Вселенной. Это означает, что оно почти одинаково по всем направлениям в любой координатной системе, в которой Вселенная как целое неподвижна (то есть в системах, где движения её частей – галактик, туманностей – взаимно уравниваются друг друга). Приходится лишь удивляться тому, что реликтовое излучение не было обнаружено значительно – лет на двадцать-тридцать – раньше, поскольку для этого уже тогда имелись все возможности. Единственное объяснение этому состоит в том, что его просто не искали и не знали, что нужно искать. Ведь Пензиас и Вилсон тоже открыли реликтовое излучение достаточно случайно.

Как движется наша Земля относительно такой неподвижной системы координат? Это в принципе можно установить, используя всё тот же эффект Доплера, который служит не только средством изучения относительных скоростей очень удалённых космических объектов. По смещению спектральных линий сейчас определяют скорости любых движущихся объектов.

Если бы Земля покоилась в системе координат, где излучение изотропно, то куда бы мы ни направили наш прибор, он «увидел» бы совершенно одинаковый спектр. Это фактически и есть определение изотропии. Если же Земля движется относительно этой системы, то, в силу эффекта Доплера, воспринимаемый наземным прибором спектр излучения будет различен в зависимости от того, как ориентирован этот прибор. Направленный по скорости Земли прибор «увидит» несколько более жёсткий, смещённый в сторону коротких волн спектр, чем прибор, направленный в противоположную сторону. Иначе говоря, температура реликтового излучения в направлении движения Земли должна казаться несколько выше. Соответствующий эксперимент был бы весьма прост, двигайся Земля достаточно быстро. Первые же измерения показали, однако, что дело будет нелёгким, поскольку отношение её скорости к скорости света хотя и не ноль, но весьма мало. В конечном счёте анизотропия, зависимость частоты от направления, была обнаружена с помощью аппаратуры, установленной на высоко летящем самолете.

Оказалось, что антенна, направленная на созвездие Льва, «видит» излучение с температурой на 0,008 градуса выше, чем антенна, ориентированная противоположно. В пересчёте на скорости это означает, что в системе координат, где фоновое излучение изотропно, Земля вместе с Солнечной системой движется со скоростью (390+60) километров в секунду (+60 – допустимая погрешность измерений) в направлении созвездия Льва. Это лишний раз подтверждает, что положение Земли и вообще всей Солнечной системы во Вселенной ничем не выделено.

Итак, в течение времени порядка двадцати миллиардов лет Вселенная, в среднем однородная и изотропная, расширяется (растёт), причём из-за гравитационного притяжения скорость её расширения уменьшается со временем. Вся Вселенная равномерно заполнена реликтовым (фоновым) излучением, которое возникло почти в самом начале и свободно расширяется вместе с ней. С течением времени оно постепенно остывает и сейчас имеет температуру около трёх градусов по абсолютной шкале, то есть около -270°C .

В 2004 году с помощью орбитальной космической станцией WMAP имени Вилкинсона, измерявшей анизотропию реликтового излучения, была составлена карта, показывающая распределение во Вселенной микроволнового фонового излучения, возникшего всего лишь 380 тысяч лет спустя после Большого Взрыва так называемой сингулярной точки. Анализ карты всего неба дал следующие результаты: возраст Вселенной составляет 13,7 миллиарда лет (точность 1%); она состоит на 73 % из тёмной энергии, на 23 % из холодной и тёмной материи и только на 4 % из атомов. В настоящее время Вселенная расширяется со скоростью 71 км/с/Мпс (точность 5%), хотя в прошлом испытала ряд эпизодов быстрого расширения (инфляции). Параметры Вселенной таковы, что она будет неограниченно расширяться и в дальнейшем. К слову, примерно 30 лет назад средняя плотность вещества во Вселенной была известна весьма приблизительно. Поэтому ответ на вопрос «будет ли Вселенная расширяться всегда или когда-то расширение сменится сжатием» оставался открытым. Сегодня этот вопрос относительно закрыт.

Литература

1. *Ковалевич В. В. Асиміляція геліоцентризму // Політологічний вісник. Збірник наук. праць. – К.: ТОВ “XXI СТОЛІТТЯ: ДІАЛОГ КУЛЬТУР”, 2004. – Вип. 17. – С. 27–36.*

