

Гидродинамическое объяснение космологических парадоксов

Р. Р. АЙДАГУЛОВ

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова
e-mail: a_rust@bk.ru

УДК 524.8

Ключевые слова: расширение Вселенной, диффузионное вращение, нелокальная механика.

Аннотация

Согласно современным представлениям, Вселенная лишь на 5 % состоит из барионной материи (включая чёрные дыры), 23 % — это тёмная материя, всё остальное — загадочная тёмная энергия. В то же время в движении спутников «Пионер-10» и «Пионер-11», уже покинувших Солнечную систему, не обнаружилось воздействия сил, хотя бы на один процент отличавшихся от сил тяготения Ньютона. Это заставляет нас сомневаться в существовании тёмной материи и тёмной энергии. В работе даётся гидродинамическое объяснение известным парадоксам космологии, в котором роль тёмной материи играют силы нелокального трения, а роль тёмной энергии — центробежные силы.

Abstract

R. R. Aidagulov, A hydrodynamic explanation of cosmological paradoxes, Fundamentalnaya i prikladnaya matematika, vol. 21 (2016), no. 4, pp. 3–16.

According to modern concepts, the Universe consists of only 5% of baryonic matter (including black holes), 23% of dark matter and the rest is mysterious dark energy. On the other hand, the movement of the satellites *Pioneer 10* and *Pioneer 11*, which have already left the Solar system, has not revealed any impact of forces other than Newtonian gravity. This casts doubt on the existence of the dark matter and the dark energy. In this paper, we provide a hydrodynamic explanation of well-known cosmological paradoxes. In our research, dark matter forces are replaced with nonlocal friction forces and the dark energy is replaced by centrifugal forces.

1. Введение

Тёмная материя первоначально была введена для объяснения устойчивости вращающейся Галактики задолго до создания общей теории относительности. По старой теории для устойчивости нашей Галактики требовалась масса примерно в 10 раз больше видимой массы звёзд. В дальнейшем необходимость тёмной материи для объяснения устойчивости отпала. Тем не менее попытки

оценить массу тёмной материи в Галактике не прекратились. Одним из первых измерение массы тёмной материи произвел эстонский астроном Эрнст Эпик в 1915 г. Он пришёл к выводу об отсутствии сколько-нибудь заметного количества невидимого вещества в окрестности Солнца радиусом несколько сотен парсек. Впоследствии это подтвердили и другие, в том числе Г. Г. Кузмин. Некоторые исследователи приходили к другому заключению, исследуя окрестность радиусом около килопарсека. Чилийские астрономы, проводившие в 2012 г. исследования на расстояниях до 4 кпк, пришли к выводу, что тёмной материи практически нет. Большинство астрономов этим выводам не поверили из-за невозможности (по их мнению) объяснения кривых вращения галактик без тёмной материи. Под кривыми вращения понимается график скорости вращения звёзд вокруг галактики в зависимости от удаления от центра галактики. В большинстве спиральных галактик скорость вращения при небольшом удалении от центра выходит на некоторое значение, а далее имеет почти постоянное значение [3, 4] и убывает только у самых окраин. Отметим, что при сливе воды (в ванне) вода начинает вращаться за счёт кориолисовой силы и кривая вращения при этом имеет примерно такой же характер. На первый взгляд сила Кориолиса слишком слаба, чтобы вода приобрела существенную скорость вращения. Тем не менее механики не вводят неизвестные силы наподобие введённой физиками тёмной материи и находят объяснение в рамках классической механики.

2. Осреднение и объяснение эффектов без тёмной материи

Во Вселенной порядка ста миллиардов галактик, а в галактиках порядка ста миллиардов звёзд. Поэтому для описания движения звёзд прибегают к методам сплошной среды путём осреднения. Размеры звёзд в миллион и более раз меньше среднего расстояния между ними. Значит, можно рассматривать точечные распределения. В отличие от сил взаимодействия между молекулами, гравитационные силы между звёздами убывают медленно в зависимости от расстояния (обратно пропорционально квадрату). Медленное убывание гравитационных сил приводит к особенностям, требующим учёта распределения масс и их скоростей не только вблизи, но и вдали. Из-за медленности убывания сил взаимодействия зависимость значений осреднённых величин от размера области осреднения становится нестабильной. Это часто приводит к ошибочным выводам как из-за неправильного осреднения, так и из-за неучёта эффектов дискретности распределения на расстояниях порядка средних расстояний между звёздами или меньше.

Рассмотрим эти эффекты на конкретных примерах. Ускорение пробного тела, находящегося в точке \bar{r}_0 определяется формулой

$$G \sum_i \frac{m_i (\bar{r}_i - \bar{r}_0)}{|\bar{r}_i - \bar{r}_0|^3}.$$

Из формулы видно, что при конечной плотности в бесконечном пространстве сумма, вообще говоря, расходится. Нас интересует возможность введения непрерывного распределения массы, дающего в результате вычисления те же силы. Для начала рассмотрим распределение массы на решётке с координатами $(i, j, 0)$, $i, j \in \mathbb{Z}$, и вычислим силу, действующую со стороны решётки на единичную массу с координатами (x, y, z) . Если на решётке расположены единичные массы, то проекция силы F_x равна нулю, если $g(x) = 0$, где

$$g(x) = \begin{cases} \{x\} - \frac{1}{2}, & x \notin \mathbb{Z}, \\ 0, & x \in \mathbb{Z}. \end{cases}$$

Аналогичные рассуждения справедливы для проекции F_y . Когда масса распределена равномерно, эти силы малы. Однако уже небольшая неравномерность может привести к бесконечным силам: например, если на точке (i, j) решётки поставить массу $m(i, j) = m_k(1 + \text{sign}(k)\varepsilon_k)$, где

$$k = \begin{cases} i, & |i| > |j|, \\ j, & |j| > |i|. \end{cases}$$

Суммы, получаемые при вычислении сил F_x, F_y , стремятся к бесконечности, если ряд

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{m_k \varepsilon_k}{k}$$

расходится. К примеру, можно взять $m_k = \theta_k^{1/3}$, $\varepsilon_k = \theta_k^{2/3}$, $\theta_k = 1/\ln(3+k)$. Как видим, распределение массы стремится к равномерному (и к нулю) с удалением от центра. Тем не менее суммарная сила стремится к бесконечности. В трёхмерной решётке получать такое распределение ещё легче. Хотя суммарное ускорение, действующее на пробное тело, стремится к бесконечности, относительное ускорение двух точек на некотором расстоянии остаётся ограниченным и даже малым, когда они близки. Поэтому для гравитирующих тел нет абсолютной системы отсчёта и имеет смысл вводить только локальные системы отсчёта. В локальной системе отсчёта относительные ускорения, вносимые далёкими звёздами, пренебрежимо малы. Это позволяет рассмотреть системы первого порядка из нескольких звёзд, затем системы второго порядка из нескольких систем первого порядка и т. д. Каждая низшая система имеет своё положение, свою скорость и ускорение относительно системы высшего порядка. Абсолютные положения, скорости и ускорения не имеют смысла, а относительные можно вычислить, поднимаясь до уровня, содержащего обе звезды.

Другой особенностью является поведение сил вблизи границы галактики. Дело в том, что на расстояниях порядка среднего расстояния между звёздами методы сплошной среды не работают.

Вычислим компоненту z силы:

$$F_z = G(-z) \sum_{i,j} \frac{m_{i,j}}{(z^2 + i^2 + j^2)^{3/2}}.$$

Когда масса распределена равномерно с плотностью ρ при $|z| \gg 1$, оценивая сумму, получаем, что

$$F_z = -2G\pi\rho \operatorname{sign}(z)(1 + o(1)),$$

т. е. сила не зависит от удалённости относительно решётки. Это соответствует притяжению сплошной среды на некотором ненулевом расстоянии. Вблизи (при малых z) появляется сильная зависимость от равномерности распределения массы и положения рассматриваемой точки относительно решётки.

Рассмотрим вначале, какой парадокс получили астрофизики, рассматривая кривые вращения. Недостаток видимой массы получили из соотношения равенства силы притяжения F_r центробежной силе F_c на расстоянии r от центра галактики. При грубом подсчёте

$$F_c = m \frac{v^2}{r}, \quad (1)$$

$$F_r = mG \frac{M(r)}{r^2}. \quad (2)$$

Здесь $M(r)$ — масса вещества в радиусе r от центра галактики. Отсюда получается, что скорость вращения постоянна, если $M(r) \sim Cr$, т. е. если плотность звёзд (плоское распределение) убывает обратно пропорционально r . Однако плотность материи падает быстрее, а скорость вращения выше, чем получается из таких формул.

Согласно [4] силе притяжения соответствует видимая масса, которая больше, чем $M(r)$, для спиральных галактик с характерным вращательным кинетическим моментом. В [4] при вычислении сил предлагается учесть, что сила притяжения кольца радиуса r_1 , действующая на тело, находящееся на расстоянии $r > r_1$, больше силы притяжения массы кольца $M(r_1)$, помещённой в центре галактики, причём многократно, когда $r_1 \rightarrow r$. Однако при этом надо учесть и силу притяжения внешних колец, отталкивающих тело от центра. Эта часть существенно меньше добавочной силы притяжения колец меньшего радиуса из-за уменьшения плотности. С учётом этого согласно [4] в районе орбиты Солнца невидимая тёмная масса должна составлять примерно половину видимой материи, а ближе к краю она существенно превышает видимую материю. При таком выводе не учитывается неравномерность распределения массы в кольце. Большая часть массы распределена по спиральям. Учитывая это, получаем, что сила притяжения должна быть направлена не в сторону центра галактики, а под некоторым углом α . Следовательно, «центробежная» сила при круговой траектории будет меньше $m(v \cos \alpha)^2/r$. Чем дальше от центра, тем больше этот угол, соответственно, меньше требуется невидимой тёмной материи.

Тёмную материю используют также для объяснения явления линзирования. Некоторые далёкие звёзды на небосводе имеют два и более изображений. Это получается из-за того, что лучи, исходящие от звезды, огибают галактику (или скопление галактик) и мы наблюдаем несколько изображений, отстоящих одно от другого на несколько угловых секунд. Обычно угловое расстояние между

двумя изображениями составляет несколько секунд. Луч света, проходящий близко к нейтронной звезде, может преломляться на градус и больше. Несложные прикидки, основанные на периоде вращения, показывают, что на окраинах нашей Галактики ускорение меньше 10^{-7} м/с^2 . Это позволяет оценить, что огибающие нашу Галактику лучи, рассчитанные по равномерно распределённой массе, преломляются не больше чем лучи, огибающие нейтронную звезду. Примерно такие же рассуждения в предположении равномерности распределения массы приводят к выводу, что масса Галактики мала для отклонения лучей, проходящих на краю Галактики, на несколько секунд. Правда, здесь мы рассмотрели только лучи, идущие перпендикулярно плоскости Галактики, и не рассмотрели лучи, идущие примерно параллельно этой плоскости. При относительно малых отклонениях траектории луча величину отклонения можно вычислять, находя

$$C \sum_i \frac{m_i}{r_i^2},$$

где m_i — масса, r_i — минимальное расстояние от массы m_i до траектории луча. Если считать, что луч проходит параллельно оси z (отклонение луча от прямой мало), то в знаменателе надо исключить координату z в приведённой формуле, считая $r_i^2 = x_i^2 + y_i^2$. Поэтому отклонение луча, проходящего по краям шарообразной галактики, больше, чем при расчёте, когда вся масса считается находящейся в центре галактики. Физики учитывают это обстоятельство. Однако невозможно точно учесть как расположения галактик, существенно влияющих на суммарное отклонение, так и возможность достаточно близкого прохождения луча к некоторой нейтронной звезде, отклоняющей луч в несколько раз больше, чем вся галактика, из-за достаточной близости траектории к звезде и вносящей большой вклад в указанную сумму.

В эффекте линзирования основную роль в объяснении «недостающей массы» играет не тёмная материя, а неравномерность распределения массы на окраинах галактики. Пусть наблюдатель находится в точке O , далёкая сверхновая звезда находится в точке A , луч OA пересекает галактику B . Возьмём некоторую плоскость YZ , проходящую через прямую OA и пересекающую галактику. При непрерывном равномерном распределении массы в галактике с гладкими сечениями всегда найдётся угол выхода луча из точки A в плоскости YZ , приводящий луч к точке наблюдения O . Если масса галактики недостаточна, то, по мнению физиков, лучи не могут огибать галактику и мы не увидим звезду. Если масса достаточная, то мы увидим лучи, обходящие галактику и преломляющиеся её гравитацией. При достаточности массы такие лучи придут со всех направлений. Соответственно, наблюдатель видел бы вместо точечного изображения светящегося кольца, часть которого может заслоняться галактикой B , а не два точечных изображения. Два и более точечных изображения свидетельствует о преломлении лучей вблизи звёзд на окраинах галактик. На эти преломления влияют гравитационные силы галактики. Они могут быть в несколько раз больше за счёт увеличения при поверхностных эффектах для дискретного распределения по сравнению с непрерывным равномерным распределением.

Когда масса галактики раз в пять меньше массы, достаточной для преломления пути луча, обходящего галактику, такое преломление может обеспечиваться за счёт преломления вблизи одной из звёзд на краю галактики. Преломление на угол в несколько секунд обеспечивается не только чёрными дырами, но и нейтронными звёздами или даже затухшими малыми по размерам звёздами. Такая звезда должна быть на краю галактики, чтобы свет, преломляясь около этой звезды, добрался до наблюдателя. При этом видимое изображение будет точечным, а не частью большого кольца, как в случае, когда преломление обеспечивается только распределённой галактикой. Имеется некоторая вероятность p_0 , что такой звезды на краю не найдётся, и некоторая вероятность p_1 , что найдётся единственная такая звезда. В этом случае мы можем даже не заметить, что нас достигли лучи от звезды, экранированной галактикой. С некоторой вероятностью p_2 найдутся две такие звезды, и мы увидим двойное изображение, с ещё меньшей вероятностью можно увидеть тройное изображение или изображение большей кратности.

Легко показать, что решающий вклад в преломление вносят звёзды вдоль траектории луча: их вклад окажется в несколько раз выше, чем суммарный вклад всех остальных звёзд галактики. Если бы примерно одинаковый вклад в преломление внесли десятки звёзд вдоль траектории луча, то скорее всего луч рассеялся бы в сторону. Таким образом, такая ситуация возможна, но очень маловероятна.

Итак, получение точечного двойного изображения за счёт преломления сплошной средой, включающей галактику и непрерывно распределённую тёмную материю, невозможна (вероятность почти нулевая). Следовательно, два точечных изображения свидетельствует о том, что основной вклад в преломление внесли две звезды на краю галактики или одна звезда на краю галактики и второе изображение не преломлённое (не экранированное). Поэтому эффект линзирования не может быть оправданием для существования тёмной материи, а наоборот, свидетельствует о её отсутствии.

3. Двухчастичное распределение скоростей и расширение Вселенной

Тёмная материя понадобилась также как пара, частично уравновешивающая силы отталкивания «тёмной энергии», заставляющей ускоренно расширяться Вселенную. Здесь оспаривается и существование тёмной энергии, и «ускоренное расширение» Вселенной, за открытие которого дали Нобелевскую премию в 2011 г. К выводу об ускоряющемся расширении Вселенной привела ошибочная интерпретация зависимости красного смещения света от расстояния до излучения. Однако объяснение красного смещения, основанное только на расширении, противоречит ряду наблюдений.

Само явление красного смещения определяется только моделью двухчастичного распределения скоростей, т. е. распределение скорости $\bar{v}_2 - \bar{v}_1$ в зависимости от вектора смещения $\bar{r} = \bar{r}_2 - \bar{r}_1$. Относительную скорость можно разложить на составляющую по направлению смещения

$$u = \frac{(\bar{v}_2 - \bar{v}_1)\bar{r}}{|\bar{r}|}$$

и на тангенциальную часть

$$\bar{w} = (\bar{v}_2 - \bar{v}_1) - \frac{u\bar{r}}{|\bar{r}|}.$$

Красное смещение, заключающееся в удлинении длины принимаемой волны фотона по сравнению с её длиной при излучении (доплеровский эффект), измеряется с большой точностью и через компоненты относительной скорости выражается формулой

$$1 + z = \frac{\lambda}{\lambda_0} = \frac{1 + u}{\sqrt{1 - u^2 - w^2}}. \quad (3)$$

Здесь справа мы привели выражение для этого эффекта через скорость удаления u и через перпендикулярную скорость w (точнее, через составляющие одной скорости). Всюду для удобства принимаем скорость света за единицу. В формулу красного смещения входит только два числа: u , $w^2 = \bar{w}^2$.

Если бы не было тангенциальной скорости ($\bar{w} = 0$), то по этой формуле можно было вычислить скорость удаления при красном смещении (скорость приближения при ультрафиолетовом смещении, когда $u < 0$).

Для дальнейшего сделаем допущение, что наблюдаемое с Земли распределение относительных скоростей не является уникальным, т. е. наблюдатели из других галактик наблюдают примерно такое же распределение относительных скоростей отстоящих от них на такое же расстояние других галактик. Соответственно, распределение относительных скоростей в точке Z должно определяться как сумма распределений (условие аддитивности):

$$P(\bar{v}, \bar{r}_3 - \bar{r}_1) = P(\bar{v}, \bar{r}_2 - \bar{r}_1) + P(\bar{v}, \bar{r}_3 - \bar{r}_2). \quad (4)$$

Это условие, возможно, следовало писать как сумму двух случайных относительных скоростей, зависящих от параметра:

$$\bar{v}(\bar{r}_3 - \bar{r}_1) = \bar{v}(\bar{r}_2 - \bar{r}_1) + \bar{v}(\bar{r}_3 - \bar{r}_2).$$

Соответственно, относительные случайные скорости не зависят от точки наблюдения \bar{r}_1 , а зависят только от смещения $\bar{r}_2 - \bar{r}_1$. Условие (4) существенно ограничивает возможные распределения относительных скоростей. Из условия аддитивности не вытекает изотропность распределения. Однако на больших расстояниях (100 миллионов световых лет и больше) изотропность распределения будет выполняться приближённо (квазиизотропность), если отсутствует вращение Вселенной с некоторой угловой скоростью. За единицу расстояния удобно взять среднее расстояние между галактиками порядка 1–2 миллиона световых

лет. Судя по оценке малости искривления пространства на краю нашей галактики, смещения r суммируются по пространству как в евклидовом пространстве. Относительные скорости на расстояниях 100 миллионов световых лет и больше становятся релятивистскими и должны суммироваться соответственно, т. е. вычисляться как произведение лоренцевых преобразований. Умножение лоренцевых преобразований не коммутативно. Поэтому возможно, что расчёт суммы относительных скоростей (произведения лоренцевых преобразований) при приходе к точке с координатами \bar{r}_3 от точки \bar{r}_1 разными путями приводит к разным преобразованиям Лоренца. Однако эти преобразования отличаются только на пространственный поворот одной системы отсчёта относительно другой. Соответственно, значения величин u , w^2 и величина красного смещения определяются однозначно и не зависят от пути суммирования относительных скоростей. Направление тангенциальной скорости останется неопределённым и равномерно распределённым равномерно по направлениям. Следовательно, среднее значение \bar{w} равно 0. Последнее означает, что при больших значениях w^2 будет расти как $Cr = 2Hr$ (пока релятивистские эффекты малы). Смысл переобозначения константы C через $2H$ станет понятным позднее.

Свет, исходящий от источника с большой тангенциальной скоростью \bar{w} , воспринимается поляризованным из-за релятивистских эффектов. В реальности поляризация выше 5 % не наблюдается. По всей видимости, из-за этого астрофизики пренебрегли членом w^2 из формулы (3) и пришли к выводу о расширении Вселенной, а впоследствии даже об ускоренном расширении. Назовём это первой концепцией. Концепция автора заключается в обратном, а именно основной вклад в красное смещение вносят тангенциальные скорости w^2 . Как уже было сказано, у этой концепции есть одна слабость: ненаблюдаемость сильной поляризации света. Однако если учесть известный факт об уменьшении поляризованности света за счёт рассеивания на космической пыли, то факт отсутствия сильной поляризации света от дальних звёзд можно отнести не к её слабости, а к дополнительному аргументу в пользу именно этой концепции.

Дадим теперь описание полей скоростей, удовлетворяющих принципу аддитивности (4). Такие поля можно строить как суммы случайных полей. Нанесём решётку в пространстве и определим относительную скорость двух точек \bar{r}_1 , \bar{r}_2 на решётке как сумму:

$$\bar{v}_2 - \bar{v}_1 = \sum_{(r_{1x}-i)(r_{2x}-i)<0} \bar{v}_{xi} + \sum_{(r_{1y}-j)(r_{2y}-j)<0} \bar{v}_{yj} + \sum_{(r_{1z}-k)(r_{2z}-k)<0} \bar{v}_{zk}. \quad (5)$$

Здесь \bar{v}_{xi} , \bar{v}_{yj} , \bar{v}_{zk} — случайные векторы, отнесённые к целым точкам соответствующих осей.

Лемма 1. В евклидовом пространстве соотношения (6) определяют случайное поле относительных скоростей, удовлетворяющее условию аддитивности (4), и таким образом определяются все случайные поля с условием аддитивности.

Доказательство. Заметим, что относительная скорость $\bar{v}_2 - \bar{v}_1$ не зависит от пути суммирования. При этом случайная относительная скорость удовлетворяет условию аддитивности:

$$\bar{v}_3 - \bar{v}_1 = (\bar{v}_2 - \bar{v}_1) + (\bar{v}_3 - \bar{v}_2).$$

Это доказывает первую часть леммы. Вторая часть получается нанесением сетки и вычислением относительных скоростей для шагов сетки. Независимость от соединяющего пути приводит к зависимости случайных добавок скоростей только от своей оси и номера в нём. \square

Для определения непрерывного случайного поля на всём пространстве в точках, отличных от узлов сетки, можно добавить соответствующие базисные векторы, пропорциональные дробным долям координат положения. Для того чтобы случайное поле относительных скоростей не зависело от точки наблюдения и было изотропным, необходимо определить смещения по формуле

$$\bar{v}_{\Delta r} = a\bar{\Delta r} + \bar{b} \times \bar{\Delta r}. \quad (6)$$

Здесь a — случайная величина, \bar{b} — случайный вектор (вращения). Математическое ожидание случайной величины a характеризует расширение ($M a > 0$) или сжатие ($M a < 0$). Чтобы согласовать последнее соотношение (6) с (5), мы должны случайное число a и случайный вектор вращения \bar{b} отнести к трём осям i, j, k и рассмотреть три последовательности их реализаций, соответствующих трём типам смещений. Тогда случайная величина, являющаяся суммой случайных относительных скоростей, перестанет зависеть от пути суммирования.

Математическое ожидание величины \bar{b} характеризует вращение Вселенной. У изотропной Вселенной $M(\bar{b}) = 0$. Изотропия Вселенной наблюдаема и доказана с большой точностью. По оценкам физиков, угловая скорость вращения Вселенной не больше $10^{-13}/год$. Соответственно, эффекты неизотропности намного меньше эффектов от случайных вращений. Не учитывая зависимости \bar{b} от оси в соотношении (6), мы пренебрегли также гиперболическими вращениями, соответствующими сжатию по одной оси и такому же расширению по другой. Они также дают сильную анизотропию, не наблюдаемую в природе. Считая распределение \bar{b}_i одинаковым по всем осям, для суммы большого числа смещений получаем, что вектор вращения для крупной сетки можно заменить на вектор, не зависящий от направления. С учётом этого двухчастичное распределение скоростей разлагается в сумму трёх типов: регулярное расширение (с нулевой дисперсией случайной величины a), диффузионное расширение (соответствующее $\bar{b} = 0, M(a) = 0$) и диффузионное вращение ($a = 0$). Сами названия этих случайных полей скоростей не совсем корректны. Диффузионное расширение всегда содержит и тангенциальную составляющую скорости. Мало того, не существует однородного изотропного распределения случайных радиальных скоростей. Диффузионное вращение не является чисто вращательным распределением скоростей и всегда содержит радиальную составляющую скорости. Комбинации этих полей являются однородными и квазиизотропными полями в крупном масштабе (на расстояниях намного больше размера

нанесённой решётки). Вопрос только в том, в какой пропорции реализованы поля скоростей в двухчастичном распределении. Астрономы считают распределение чистым расширением. Автор придерживается мнения, что главной составляющей в двухчастичном распределении скоростей является диффузионное вращение. На небольших расстояниях в скоплениях галактик при смещении вектор вращения \vec{b} коррелирует с направлением вращения близких (по космическим меркам) векторов вращений. Сумма коррелирующих вращений растёт почти линейно и начинает превалировать над суммой случайных радиальных скоростей, растущих пропорционально квадратному корню. Этим можно объяснить тот факт, что на более крупном масштабе, где заметные корреляции исчезают, $M(\bar{w}^2) > 5M(u^2)$. Далее, даже если обе скорости будут расти пропорционально квадратному корню, влияние радиальной скорости на красное смещение будет малым по сравнению с влиянием тангенциальной скорости. В подтверждение этой точки зрения здесь приводится ряд известных фактов, объяснимых с точки зрения диффузионного вращающего и противоречащих идее расширения, в особенности ускоренного расширения.

Так как сумма скоростей быстро вырастает до релятивистских значений, выразим законы красного смещения с учётом роста в зависимости от удаления, используя релятивистское сложение скоростей. В концепции астрономов не учитываются тангенциальные скорости, поэтому

$$u = \text{th}(Hr), \quad z_u = \sqrt{\frac{1 + \text{th}(Hr)}{1 - \text{th}(Hr)}} - 1 = e^{Hr} - 1 \approx Hr + \frac{(Hr)^2}{2}. \quad (7)$$

В нашем подходе w^2 в среднем несколько раз больше, чем u^2 . Однако пока w^2 не выросло до релятивистских значений, в красном (или в ультрафиолетовом) смещении играет роль и скорость u . Этим объясняется то, что среди близких галактик наблюдается также ультрафиолетовое смещение. Для далёких галактик влияние радиальной скорости на красное смещение уменьшается, и здесь мы запишем упрощённую формулу (без u):

$$w^2 = \text{th}^2(\sqrt{2Hr}), \quad z_w = \frac{1}{\sqrt{1 - \text{th}^2(\sqrt{2Hr})}} - 1 = \text{ch}(\sqrt{2Hr}) - 1 \approx Hr + \frac{(Hr)^2}{6}. \quad (8)$$

Сравнение (8) с (7) объясняет, что во втором случае перед H коэффициент 2 поставили для совпадения главного члена в зависимости красного смещения от расстояния. Мы подчёркиваем, что в нашем подходе нет функциональной зависимости между ними и H надо интерпретировать скорее как коэффициент корреляции. Приближённые значения указаны для случая, когда релятивистские эффекты ещё малы. Видно, что второй член в нашем случае (8) в три раза меньше, чем в концепции расширения (7).

Измерить с достаточно большой точностью (до восьми значащих цифр) величину красного смещения не представляет труда. Измерение расстояний удаётся только с небольшой точностью. Измерение относительных скоростей далёких

звёзд и галактик, отстоящих от нас на много миллионов световых лет, принципиально невозможно. Поэтому определить, какая концепция лучше, можно только через косвенные эффекты двухчастичного распределения скоростей.

Первые измерения красного смещения проводились Э. Хабблом в 1929 г. и интерпретировались с позиции расширения Вселенной с коэффициентом $u(r) = Hr$, $H = 500$ (км/с)/Мпк (мегапарсек — расстояние в приблизительно $3,26 \times 10^6$ световых года). Далее такие измерения многократно проводились другими исследователями. В следующей таблице приведены часть этих результатов по годам.

Таблица 1. Постоянная Хаббла

Год	1929	1931	1936	1951	1956	1968	1975	1999	2009
H	500	550	290	260	180	60	50	59,1	72

Объяснение приведённых в таблице результатов является наиболее весомым аргументом против общепринятой позиции, и мы начнём с этого.

1. Из таблицы видно, что или измеряемые скорости имеют большой разброс (дисперсию), или с годами измеряемые расстояния пересматривались в сторону увеличения примерно в семь раз. Расстояния действительно уточнялись, но не было случая пересмотра в сторону удаления в более чем два раза, были (и даже чаще) случаи пересмотра расстояний в сторону некоторого уменьшения. Поэтому остаётся только вывод о большой дисперсии скоростей и отсутствии функциональной зависимости между скоростью удаления и расстоянием, что уже исключает концепцию регулярного расширения. Попытки уменьшения дисперсии случайной составляющей в красном смещении введением в закон Хаббла других характеристик (гравитационного смещения, яркости звезды и т. д.) оказались бесполезными. Они приводили только к незначительному уменьшению дисперсии, что бывает при отсутствии функциональной зависимости. Следовательно, закон Хаббла может быть только корреляционным законом для среднего значения случайной величины с достаточно большой дисперсией, что противоречит общепринятой концепции.
2. Известно, что решение в виде чистого расширения (разбегания галактик) неустойчиво даже при сферической симметрии. Когда два тела оказываются рядом, имея примерно одинаковую скорость, они начинают вращаться вокруг друг друга. Когда некоторая масса пролетает близко к вращающимся телам, пересекая их орбиту, то это тело захватится с большей вероятностью, если кинетический момент направлен в ту же сторону, что и у системы. Тем самым кинетический момент системы только увеличивается в среднем. Это легко проверяется и компьютерным моделированием. Таким образом, происходит кластеризация (организация скоплений) гравитирующих масс с ещё большей дисперсией скоростей за счёт вращений

в скоплении. Так, звёзды захватываются во вращательное движение звёздных систем, те, в свою очередь, во вращательное движение галактик, галактики — во вращательное движение метагалактик и т. д. Соответственно, растут тангенциальные относительные скорости \bar{w} в двухчастичном распределении и уменьшаются скорости разбегания u . Это приводит к логическому оправданию концепции преобладания диффузионного вращения.

3. Большая дисперсия в скоростях расширения противоречит однородности и делает наблюдателя, для которого все относительные скорости являются радиальными, уникальным во Вселенной. При нерегулярном расширении другие наблюдатели обнаружат и относительные тангенциальные скорости, т. е. в этом случае распределение неоднородно.
4. Наличие ультрафиолетового смещения противоречит концепции расширения и объясняется наличием также диффузионного расширения. То, что коэффициент, с которым диффузионное расширение входит в двухчастичное распределение, в 5—10 раз меньше коэффициента перед диффузионным вращением, объясняет, почему ультрафиолетовое смещение наблюдается почти у половины близких галактик и с удалением до некоторого расстояния этот процент падает до нуля. Например, при вхождении диффузионного вращения \bar{b} с коэффициентом, соответствующим константе Хаббла $H = 500$, и при в 5—10 раз меньшем коэффициенте перед a (перед диффузионным расширением) получается, что на расстояниях до 1 *Mpc* вероятность наблюдения объекта ультрафиолетового смещения почти 1/2, а на расстояниях выше 20—30 *Mpc* снижается почти до нуля. Это соответствует наблюдаемым данным.
5. При втором подходе можно явно вычислить дисперсии наблюдаемых величин красного смещения и вывести законы, по которому эти дисперсии убывают при удалении от наблюдателя. При достаточности статистических данных можно вычислить также соотношение слагаемых диффузионного вращения, диффузионного и регулярного расширений и ответить на вопросы, есть ли сейчас расширение и было ли оно в далёком прошлом.
6. Наличие голубого смещения означает, что среди близких галактик дисперсия скоростей является величиной порядка вычисленной первоначально по близким галактикам «постоянной» Хаббла $H = 500$. Такая большая дисперсия скоростей при первой интерпретации привела бы к существенно большей частоте столкновений галактик, чем полученная по наблюдениям за 10^{10} лет. Частота получена обработкой наблюдений следов «соударений» галактик и согласуется с расчётом частоты столкновений из молекулярной теории с распределением скоростей согласно второму подходу, если считать, что среднее расстояние между галактиками около 10^6 световых лет и средний размер галактик около 10^5 световых лет.
7. Концепция расширения Вселенной (первый подход) не может объяснить, почему измеренные величины H в таблице с годами в среднем умень-

шались, несмотря на большой разброс (дисперсию). Подход, основанный на двухчастичном хаотическом распределении относительных скоростей согласно диффузионному вращению, объясняет и логически оправдывает данные таблицы. Объяснение заключается в том, что при таком подходе приходится учитывать релятивистские эффекты уже при не очень больших расстояниях. Действительно, при небольших расстояниях первый подход даёт $u = Hr$, второй в среднем $w = c\sqrt{2Hr}/c$. Для расстояния $r = 50 \text{ Мпк}$ даже при искусственно уменьшенном $H = 70$ получаем скорость $u = 3500 \text{ км/с}$ для первого подхода и $w = 46000 \text{ км/с}$ для второго подхода. В последнем случае уже необходимо учесть релятивистские эффекты. Скорее всего, дальнейшее снижение величины H с 500 до 70 произошло неоправданно в результате использования первой концепции при обработке результатов наблюдений. Интерпретация при втором подходе лучше согласуется с большим значением H как для близких галактик, так и для дальних. Объяснение заключается в следующем. Раньше статистического материала было мало: в 1936 г. в статистику были включены всего 46 галактик. К 70-м годам прошлого века статистика значительно увеличилась за счёт включения более дальних галактик и квазаров. Согласно концепции автора, это согласуется с новыми данными наблюдений при старом коэффициенте H , но при этом отношение z_w/r для дальних объектов существенно уменьшилось. Последнее обстоятельство вынудило астрономов уменьшить старое значение H для согласования с их формулой, расстояния при этом не пересматривались. Так как новых далёких объектов включили гораздо больше, чем имелось в старых данных, такое уменьшение стало статистически оправданным при обработке по формулам (8). Второй подход объясняет не только уменьшение среднего, но также уменьшение дисперсии от среднего при обработке результатов при первом подходе. Мало того, исходя из формул (9), можно получить закон, как надо уменьшать H с его первоначального значения до значения H_1 для уменьшения дисперсии при обработке наблюдений дальних объектов:

$$\frac{H_1}{H} = \frac{2 \ln(1+z)}{\ln^2(1+z+\sqrt{2z+z^2})} = 1 - \frac{10z}{3} + O(z^{3/2}). \quad (9)$$

8. Далее статистический материал не увеличивался так быстро, чтобы при включении новых объектов пришлось заметно уменьшать «постоянную» Хаббла. Поэтому расхождение для сверхдальних объектов объяснили тем, что ранее скорость расширения Вселенной была меньше и примерно через 8 миллиардов лет существования Вселенная начала расширяться ускоренно. Согласно второму подходу, расширение если и есть, то незначительное. А в давние времена скорость расширения была не меньше, а больше, чем сейчас, т. е. расширение не ускорилось, а затормозилось, и гипотетически возможно, что к настоящему времени расширение вошло в фазу сжатия.

Действительно, сравним производные от красного смещения из формул (7), (8):

$$\frac{dz_u}{dr} = He^{Hr}, \quad \frac{dz_w}{dr} = \sqrt{\frac{H}{2r}} \operatorname{sh}(\sqrt{2Hr}).$$

При малых r обе формулы дают значение H , далее отношение первой производной ко второй стремится к бесконечности. Это означает, что для красного смещения по второму закону при интерпретации расширения Вселенной приходится считать, что в давние времена расширение было заметно медленнее, чем сейчас. При $Hr < 1/2$ «ускорение расширения» практически прекратилось. Именно это обстоятельство явилось причиной введения «тёмной энергии». Но и это не объясняет, почему вдруг примерно 8 миллиардов лет спустя появилась «тёмная энергия» и стала ускорять расширение. При втором подходе и эту величину можно вычислить как расстояние (в световых годах), соответствующее по (8) такому значению z , при котором максимальна логарифмическая производная величины (9).

9. Известно, что красное смещение крайних галактик в скоплениях галактик заметно больше, чем у центральных. Это противоречит первой концепции, так как приводит к гораздо более высоким значениям H для локальных относительных скоростей. Этот факт подтверждает большую дисперсию H и делает точку наблюдения Вселенной, откуда красное смещение может интерпретироваться фактом расширения, уникальным местом (см. пункт 3). При втором подходе нет такого противоречия, мало того, этот факт является подтверждением, что относительные скорости формируются преимущественно из сумм (в разных направлениях) вращений. Согласно теореме Кёнига квадрат скорости крайних галактик равен сумме квадрата скорости скопления (общего вращения) и квадрата скорости вращения внутри скопления. Этим объясняется (при втором подходе) то, что преимущественно (в основном) у крайних галактик красное смещение должно быть заметно выше, чем у центральных.

Автор благодарит Ю. С. Владимирову и участников его семинара на физическом факультете МГУ за полезное обсуждение результатов работы.

Литература

- [1] Айдагулов Р. Р., Шамолин М. В. Операторы усреднения и реальные уравнения гидромеханики // Совр. пробл. матем. — 2009. — Т. 65. — С. 31–47.
- [2] Бёрд Г. Молекулярная газовая динамика. — М.: Мир, 1981.
- [3] Морозов А. Г., Хоперсков А. В. Физика дисков. — Волгоград, 2005.
- [4] Сурдин В. Г. Галактики. — М.: Физматлит, 2013.
- [5] Noy A., Park H. G., Fornasiero F., Holt J. K., Grigoropoulos C. P., Bakajin O. Nanofluidics in carbon nanotubes // Nano Today. — 2007. — Vol. 2, no. 6. — P. 22–29.