К 70-летию открытия
звездных ассоциаций

О НЕКОТОРЫХ СЛЕДСТВИЯХ РАСШИРЕНИЯ ВСЕЛЕННОЙ В МАЛЫХ МАСШТАБАХ

Г. А. АРУТЮНЯН

Поступила 6 сентября 2017

Рассматривается возможность обнаружения эффекта ускорения расширения Вселенной в каждой ее точке. Для этого приводятся наблюдательные факты, которые свидетельствуют о Хаббловском расширении в малых масштабах. Обсуждается также правомерность господствующего мнения о равновесности систем космических объектов. Отмечается, что такое мнение является простым следствием недоказанной гипотезы Канта-Лапласа о формировании космических объектов и их систем. Предлагается в качестве системы отсчета использовать систему, связанную с космологическим горизонтом. Отмечается, что все точки этой сферы представляют собой ту начальную точку, откуда начиналось расширение наблюдаемой вселенной данного наблюдателя. Численное значение полученного таким образом ускорения почти не отличается от значения аномального ускорения, найденного для космических зондов.

Ключевые слова: космология; темная энергия; формирование космических объектов

1. *Введение.* Открытие ускорения расширения Вселенной [1,2], по своей значимости, должно было в корне изменить наши представления об общих характеристиках физической картины наблюдаемой Вселенной. Эти изменения, во-первых, касаются тех стереотипов, которые ранее были сформированы с целью согласования рабочих теорий и гипотез с данными наблюдений. Наблюдаемое ускорение расширения Вселенной заставило учитывать существование еще одной фундаментальной силы Природы, которая постоянно совершает работу, одновременно превращая энергию одного типа в энергию другого типа.

Энергия, которая является источником силы, была названа темной энергией в согласии с традицией, начатой Цвикки [3,4], который ввел в науку понятие темной материи. Но если введенное Цвикки "темное понятие" было основано лишь на стремлении согласовать наблюдения с господствующей парадигмой формирования космических тел и их систем, то факт ускорения расширения Вселенной был подтвержден несколькими методами. Оно также вытекает из закона Хаббла, если постоянная Хаббла считается не зависящей или слабо-

зависящей от времени [5,6].

В настоящее время в космологии считается, что, по результатам, полученным на основе исследований далеких сверхновых, а также микроволнового фонового излучения, примерно 70% всего запаса энергии-массы заключено в темной энергии (см., например, [7-11]).

С другой стороны, несмотря на постоянное уточнение методов определения, значения постоянной Хаббла, полученные с помощью космического телескопа "Хаббл" и космической обсерватории "Планк", никак не сходятся. Значения, определенные с помощью исследования микроволнового фона систематически получаются ниже значений, полученных группой космического телескопа "Хаббл". Последнее значение, которое объявлено сотрудничеством миссии "Планк", составляет 67.74 ± 0.46 км/с/Мпк [9]. В то же время, команда, работающая с телескопом "Хаббл", настаивает на значении 73.0 ± 1.75 [11]. И хотя расхождение не такое большое, как, например, несколько десятилетий назад, оно, по всей видимости, действительно имеет место. Является ли это результатом применения различных методик, или в этом кроется физическая причина, пока еще не известно. Понятно, что для выяснения этого вопроса следует более внимательно относиться ко всем физическим представлениям, которые используются при определении данной величины. Но в любом случае, существование неизвестной или, как принято называть, темной энергии в настоящее время, по-видимому, уже не вызывает сомнений и требует уточнения лишь ее относительное количество в общем запаса массы-энергии Вселенной.

Более того, учитывая факт, что ускорение было открыто наблюдательным методом, не может быть сомнений в том, что носитель темной энергии взаимодействует с барионным веществом. И хотя мы не знаем механизма этого взаимодействия, но уже сам факт его влияния на скорость разбегания галактик явно свидетельствует о таком взаимодействии. Знание об этом, вместе с хорошо известными наблюдательными данными, позволяет прийти к некоторым заключениям, основываясь лишь на общефизических законах.

При этом следует помнить, что официальная наука пока еще не отказывается от априорного утверждения, что наблюдаемое расширение Вселенной является исключительной прерогативой космологических расстояний. Следствием такого ограничения считается, что космические объекты и их системы не подвержены такому расширению, а являются физически связанными и динамически равновесными системами. Откуда берет свое начало данное представление, хорошо знает или, по крайней мере, может догадаться любой физик.

2. Гипотеза Канта-Лапласа - основа современной космогонии.

Единственным подспорьем современных представлений о физической замкнутости космических объектов и их систем является старая космогоническая гипотеза Канта-Лапласа о формировании космических объектов. Несмотря на ощутимые различия между гипотезами Канта и Лапласа-Роша, и то, что гипотеза Канта была предложена почти на полвека раньше, в современной астрономической литературе они приняты, как правило, под объединенным названием. Понятно также, что идеологическим толчком для обеих гипотез послужило открытие закона всемирного тяготения. Гравитация как универсальный механизм соединения мельчайших частиц и удержания вместе в качестве большого материального объекта была очень удобна, а физическая картина процесса формирования объектов таким путем могла быть представлена даже "на пальцах".

Вышеупомянутые гипотезы объединяются, в первую очередь, основной идеей образования массивных объектов вследствие сгущения разреженного газа под воздействием собственной гравитации. В первом случае гипотеза описывает формирование звезд и их систем, а во втором - образование аналогичным путем планеты из внешних слоев Солнца. Причем, если Кант очень туманно рассуждает также о трансформации взаимных движений частиц в угловой момент звезд, то во втором случае протосолнце уже является вращающимся объектом, а планеты свои угловые моменты уносят из общего количества этого момента.

Таким образом, главным фактором формирования космических объектов и их систем считался во времена Канта и считается по сей день гравитационная сила. То есть, с самого начала *a priori* принимается не только разреженность дозвездного вещества, но и то, что общая энергия облака отрицательная, или что выполняется неравенство в теореме вириала:

$$2T + U < 0, \quad (1)$$

где T - кинетическая, а U - потенциальная энергии облака. Следует еще раз напомнить, что условие (1) было принято и принимается сегодня бездоказательно, но именно оно очень часто становится принципиальным при выборе космогонических возможностей. Эта точка зрения и основанная на ней концепция остаются главной движущей силой космогонии, несмотря на то, что после эры Канта открыто огромное количество новых явлений и многих законов Природы.

Изменение основной концепции могло произойти после открытия Хабблом расширения Вселенной, однако ничего не произошло. И получилась странная картина наблюдаемой Вселенной, в которой на фоне всеобщего расширения происходят локальные сжатия - *кантовские события* формирования космических объектов и их систем.

Следует заметить, что первый *некантовский* механизм формирования космических объектов, а именно, звезд, был предложен Амбарцумяном ровно 70 лет назад [12,13]. На основе изучения звездных ассоциаций он впервые сделал несколько важных заключений: а) эти системы динамически неустойчивы и расширяются, б) все звезды-члены этих систем родились вместе, в) возраст звездных ассоциаций, как и возраст звезд-членов, не может быть больше нескольких десятков миллионов лет, г) все звезды-члены этих систем образовались вследствие распада более плотной, чем звездное вещество, материи.

В настоящее время существование молодых или даже новорожденных звезд не вызывает никакого сомнения. То, что звезды рождаются группами, также принято большинством специалистов. Против заключения о расширении звездных ассоциаций было высказано много мнений, порою выходящих за рамки научной полемики и приличия (см., например, [14]). По всей видимости эта дискуссия наконец-то скоро найдет определенное решение и закончится, поскольку обсерватория "Gaia" имеет возможность с большой точностью определить собственные движения членов звездных ассоциаций. В следующем разделе данной работы мы приведем некоторые наблюдательные данные и покажем, что, как и все остальные системы, звездные ассоциации должны показать расширение. Что касается идеи о существовании плотного дозвездного вещества, то оказалось, что известные законы и закономерности современной физики не позволяют существование сгустков сверхплотной материи необходимых масс.

Примерно такая история случилась также с концепцией активности ядер галактик, предложенной Амбарцумяном (см., например, [15]). До публикации его оригинальных работ возможность активности галактических ядер не то что отрицалась, а не рассматривалась вообще. Но когда концепция была признана научной общественностью, в ней были сделаны два серьезных изменения. Во-первых, понятие активности стали воспринимать лишь как воспроизводство дополнительной энергии, но источник этой энергии не локализуется внутри объекта. И поэтому, несмотря на то, что активность по сути всегда является исключительно внутренним свойством объекта, в трансформированном восприятии этого понятия она представляется в качестве энерговыделения аккрецирующей на массивную черную дыру внешней материи. Во-вторых, в современном представлении массивные галактики рассматриваются как продукт слияния галактик меньших размеров, тогда как формирование дочерних галактик из выброшенного материнскими галактиками вещества, считалось Амбарцумяном одной из форм активности ядер галактик.

Таким образом, в современной звездной космогонии, как и три столетия назад, считается, что звезды формируются в газопылевых облаках благодаря сгущению газа и пыли. Разница может быть лишь в том, что эти облака

в наше время называются молекулярными облаками, а модели формирования звезд сейчас приобрели многопараметровый характер, и их расчет выполняется суперкомпьютерами. Но сама идеология остается без изменений. Эта идеология распространяется также и на космогонию внегалактических объектов.

Не удивительно, что тот же механизм используется также в любой модели формирования химических элементов. В сущности термоядерный синтез является тем же процессом конденсации, где роль объединяющего фактора вместо гравитации играют ядерные силы. А вторым различием является то, что при термоядерном синтезе общая масса барионов в ядре уменьшается из-за дефекта массы. Из этого следует, что согласно современным представлениям общая масса барионного вещества со временем уменьшается.

3. Возможность наличия темной энергии в малых масштабах и ее следствия. Несмотря на принятую традиционной космологией парадигму о незыблемости устоев кант-лапласовской космогонии, некоторые наблюдательные данные согласуются лишь с моделью, которая допускает хаббловское расширение и существование темной энергии во всех пространственных масштабах без исключения [5,6]. Конечно, скорость расширения в малых масштабах незначительна, а ускорение, которое пропорционально квадрату постоянной Хаббла:

$$\ddot{r} = \frac{d^2 r}{dt^2} = H^2 r > 0, \quad (2)$$

получается, что при предположении о независимости постоянной Хаббла от времени, дает ничтожно малые значения в наших непосредственных окрестностях. При усредненном значении $H = 70 \text{ км/с/Мпк}$ квадрат этой величины составляет примерно $5.12 \times 10^{-36} \text{ с}^{-2}$, и соответствующее ускорение, например, на расстоянии одной астрономической единицы будет $7.68 \times 10^{-23} \text{ см/с}^2$, что является ничтожно малой величиной и вряд ли может быть определена наблюдательными методами.

Нами уже несколько раз обсуждался вопрос о чрезмерно быстром удалении Луны от Земли. Наблюдаемая скорость $3.82 \pm 0.07 \text{ см/год}$ [16] никак не обеспечивается в рамках традиционной интерпретации этого явления с применением приливного механизма, и это достаточно хорошо известно всем специалистам данной области. Понятно, что приливной механизм физически обоснован, и эффект качественно согласуется с наблюдаемым явлением. Здесь вопрос в другом: насколько этот механизм способен объяснить наблюдаемую скорость количественно. Проблема достаточно прозрачна для простого анализа, и недостаточность потерянного Землей углового момента, при известном темпе 1.8 мкс/столетие [17] ее замедления, очевидна.

То, что учет хаббловского расширения в малых масштабах снимает парадокс быстрой скорости удаления Луны, также можно легко проверить [5], принимая

в расчет все эффекты, которые появляются при предположении о хаббловском расширении в этих масштабах. Такой подход позволяет даже разделить долю хаббловского расширения в скорости удаления Луны от доли приливного механизма. Первый механизм обеспечивает примерно 75%, а второй - остальные 25%. Тем не менее, научная общественность отрицает все доводы в пользу возможности, так называемого, космологического расширения в малых масштабах.

Наблюдения показывают, что увеличивается также расстояние между Солнцем и Землей. Согласно анализу данных, астрономическая единица увеличивается со скоростью 15 ± 4 см/год [18]. Несмотря на малость значения, она достаточно большая и, естественно, требует объяснения. С этой целью было перепробовано несколько механизмов, начиная с потери массы (что, безусловно, не достаточно при существующей оценке $1.5 \div 2 \times 10^{-13} M_{\odot}$ /год), и кончая механизмом космологического расширения (который дает слишком большое значение при среднем значении $H = 70$ км/с/Мпк - примерно, 10.5 м/год). И поэтому исследователи снова обратились к испробованному приливному механизму [19].

Следует отметить, что ситуация здесь коренным образом отличается от предыдущего случая удаления Луны. Дело в том, что не имеется никаких данных о замедлении осевого вращения Солнца, которое диктуют условия количественного согласия. Более того, в солнечной системе кроме Земли есть и другие планеты с пока еще неизвестными скоростями удаления от материнской звезды. Поэтому степень свободы для предложений физических механизмов здесь намного выше. Другими словами, предложен физически состоятельный механизм, о пригодности которого в данном случае нельзя судить, поскольку нет возможности проверить количественное соответствие между фигурирующими величинами.

Физическая картина этих явлений прояснится и станет более разнообразной, если придерживаться парадигмы универсальности хаббловского расширения. Тогда мы должны согласиться с тем, что темная энергия заполняет все пространство. Об этом говорит не только упомянутый выше неоспоримый факт, что удаление Луны никак не объясняется без привлечения космологического расширения, но также анализ, который может быть сделан на основе общефизических соображений. Во-первых, следует согласиться, что темная энергия, а точнее, носитель этой энергии, взаимодействует с барионной материей. Без такого взаимодействия невозможно было бы ускорение галактик, и не было бы никаких рассуждений о существовании темной энергии. Во-вторых, темная энергия, которая составляет, как уже заметили в предыдущем разделе, около 70% всей массы-энергии Вселенной, является сугубо положительной. В-третьих, все космические объекты, состоящие из барионной материи, существуют в целостном состоянии благодаря тому, что обладают

отрицательной энергией (например, ядерной, гравитационной), и поэтому для разрушения или распада этих объектов необходимо наделить их определенным количеством положительной энергии.

Одним из наиболее общих законов физики, безусловно, является второй закон термодинамики, который гласит о том, что при взаимодействии двух систем, обладающих разными энергиями, система, которая обладает меньшей энергией, в среднем, приобретает энергию, тогда как вторая система теряет ее. Другими словами, вследствие взаимодействия увеличивается энтропия. Тогда взаимодействие с носителем темной энергии для гравитационных систем приводит к увеличению кинетической энергии. Для сферических объектов, потенциальная энергия которых выражается формулой

$$U = -k_G G \frac{M^2}{R}, \quad (3)$$

где k_G - коэффициент, зависящий от радиального распределения плотности объекта, M - масса объекта и R - его радиус. Уменьшение абсолютного значения потенциальной энергии в данном случае может означать либо увеличение радиуса R , либо уменьшение массы M .

Тот же процесс взаимодействия с обменом энергией в случае атомных ядер приводит к уменьшению энергии связи и, соответственно, дефекта масс, что в результате увеличивает массы атомных ядер [20]. То есть, в процессе взаимодействия с темной энергией атомные ядра, как прямой результат, приобретают массу: энергия, которая вкладывается в ядро, благодаря особенности строения этого квантово-механической конфигурации, трансформируется в массу. Тогда любой объект, состоящий из обычной барионной материи, вследствие взаимодействия с темной материей, постоянно увеличивает свою массу. Это утверждение, конечно, в рамках данной парадигмы, может соответствовать действительности, если рассматриваемый объект не выбрасывает часть своей массы.

В таком контексте можно найти разумное объяснение также для скорости удаления Земли от Солнца, которая считается слишком большой для традиционных механизмов и недостаточно быстрой для хаббловского расширения. Вопрос расхождения с принятым традиционным механизмом, на наш взгляд, является следствием механизма хаббловского расширения. А недостаточно большая скорость удаления Земли в данном случае может быть связана с увеличением массы Солнца за счет темной энергии, о которой было упомянуто выше. Такой вывод даже дает возможность оценить скорость увеличения массы Солнца и подобных звезд. Тогда может возникнуть вопрос, почему то же самое не происходит в системе Земля-Луна, почему удаление Луны хорошо описывается хаббловским движением? Вопрос очень важный и требует

отдельного рассмотрения. И хотя мы не останавливаемся на этом, тем не менее следует заметить, что такое расхождение может быть следствием огромной разницы в массах и размерах, что в случае Солнца позволяет говорить о распаде атомных ядер с большими атомными числами.

Понятно, что в этом случае возникает очень важный вопрос о том, как происходит увеличение массы в результате взаимодействия темной энергии с различными ядрами, если такой процесс имеет место вообще. В рамках рассматриваемой парадигмы следует иметь в виду также, что чем глубже мы проникаем в недра данного объекта, тем ближе мы к свойствам материи в прошлом, и тем больше должен быть дефект массы для любого отдельно взятого атомного ядра. Большой дефект массы и, следовательно, большая энергия связи предполагают возможность существования ядер с очень большими атомными номерами, но более "легкими" барионами [20].

Таким образом, приведенные выше факты и аргументы позволяют, по крайней мере, на уровне мысленного эксперимента рассматривать возможность наличия темной энергии в малых масштабах и прийти к некоторым физическим заключениям. Из общезначимых соображений понятно, что если темная энергия заполняет все пространство и взаимодействует с барионной материей, то под ее воздействием постоянно совершается работа. Вследствие этого в объектах всех иерархических уровней происходит аккумуляция положительной энергии, что в конечном счете должно привести к ее освобождению в виде излучения, выбросов материи, распада и др. В случае звездных систем, какими являются, например, звездные ассоциации, наиболее разумным заключением является то, что после первоначального распада протоассоциации скорость разлета звезд намного больше хаббловских скоростей для таких масштабов. И хотя механизм включения положительной энергии работает, тем не менее торможение разлета звезд из-за потери кинетической энергии для преодоления общего гравитационного поля, наверное, преобладает.

Тогда, если формирование объектов происходит благодаря последовательным распадам (по примеру распада радиоактивных ядер), то каждый отдельно взятый "обломок", который является протообъектом данного иерархического уровня, должен *приспосабливаться* к новым физическим условиям.

4. Система отсчета во Вселенной с ускоряющимся расширением. При рассмотрении процессов во Вселенной, которая расширяется с ускорением, возникает вопрос о возможности определения эффекта ускорения и отличий от обычной инерционной системы отсчета. Дело в том, что здесь мы сталкиваемся с абсолютно нетривиальной задачей определения системы отсчета в ускоряющейся Вселенной. Даже если мы с большой уверенностью утверждаем, что все точки наблюдаемой Вселенной ускоряются, то все равно,

должны также указать точку, по отношению которой остальные показывают ускорение. Такая точка должна по всем параметрам удовлетворять требованиям, которые налагаются на начальную точку системы отсчета.

Для любого "центрального наблюдателя" (ЦН) окружающий мир представляется в виде расширяющегося пространства, в котором материальные объекты подчиняются общим законам расширения, а также показывают локальные относительные движения, никак не связанные с общим расширением. Как показывают наблюдения, скорости локальных движений превосходят скорость общего расширения или же сравнимы с этой скоростью в локальных масштабах. С увеличением расстояний, как известно, хаббловские скорости растут линейно в системе ЦН и в больших масштабах становятся основным фактором, определяющим кинематику Вселенной.

Любой наблюдатель в любой точке Вселенной наблюдает до некоторого расстояния. Это то расстояние, которое свет прошел с того момента, когда объекты Вселенной начали излучать. Если назначим радиус наблюдаемой Вселенной через R , то

$$R = cT, \quad (4)$$

где c - скорость света, а T - время, которое прошло с момента излучения барионной материи во Вселенной. Это есть космологический горизонт наблюдателя при условии, что первое излучение началось в момент возникновения Вселенной. И следует еще раз напомнить, что все величины, введенные здесь, определены в системе отсчета, связанной именно с центральным наблюдателем.

Согласно космологическому принципу (КП), отдаленный наблюдатель (ОН), который находится, даже очень близко к космологическому горизонту, скажем, на расстоянии $R(1 - \epsilon)$ от ЦН, где ϵ - ничтожно малое расстояние в системе ЦН, должен видеть Вселенную такой же, какой ее видим мы или же наш гипотетический "центральный наблюдатель". Исходя из принципа симметрии, в ее системе отсчета наш ЦН находится на расстоянии $R(1 - \epsilon)$ и со скоростью $v = c(1 - \epsilon)$ удаляется от него по лучу зрения, при условии, что закон Хаббла остается справедливым во всех точках наблюдаемой Вселенной. Вообще говоря, последнее утверждение также следует из КП. Более того, вышеупомянутый принцип предсказывает, что ОН в противоположном по отношению к ЦН направлении увидит объекты до расстояния R , которое в системе ЦН уместится в отрезке расстояния с ничтожно малой длиной ϵ .

На расстоянии $R(1 - \epsilon)$ ОН по отношению к ЦН в систем отсчета последнего будет иметь скорость $v = c(1 - \epsilon)$, если закон Хаббла остается справедливым до горизонта событий. Тогда легко можно определить красное смещение на таком расстоянии от ЦН. Простой расчет показывает, что

$$1+z = \sqrt{\frac{2-\varepsilon}{\varepsilon}}. \quad (5)$$

Нетрудно проверить, что при $\varepsilon=1$ ЦН получаем $z=0$, а при $\varepsilon=0$ (космологический горизонт) значение красного смещения становится бесконечным. То есть, для любого ОН при любом значении ε красное смещение космологического горизонта равняется бесконечности.

Как следует из (4) все точки космологического горизонта удаляются от ЦН со скоростью света. Для ЦН в его собственной системе все эти точки равнозначны, которые, по сути, для него представляют одну и ту же точку. С другой стороны, для любой точки космологического горизонта ЦН удаляется по лучу зрения со скоростью света. Это правильно также для точек, которые расположены диаметрально противоположно друг к другу, что на первый взгляд кажется парадоксальным. Но следует отметить, что для каждой из этих точек ЦН находится на космологическом горизонте, и то, что находится за ЦН, просто выпадает из системы отсчета данной точки.

Такую же аргументацию можно привести для ускорения, которое испытывает ЦН по отношению к космологическому горизонту. Действительно, из (2) можно видеть, что ЦН испытывает некоторое ускорение по отношению к любой точке космологического горизонта, которое имеет то же направление, что и его скорость удаления и может быть определено, подставляя $r=R$ в (2). Тогда получаем выражение

$$a = H^2 R, \quad (6)$$

или

$$a = Hc, \quad (7)$$

где учтено, что $c = HR$.

При $H = 70 \text{ км/с/Мпк} = 2.26 \times 10^{-18} \text{ с}^{-1}$ получаем $a = 6.78 \times 10^{-8} \text{ см/с}^2$. Следует отметить, что выражение (7) ранее было предложено для объяснения аномального ускорения космических зондов Пионер 10 и Пионер 11 (см., например, [21,22]). Как известно [21], анализ всех данных и моделирование траектории этих зондов, с использованием всех известных физических механизмов, которые потенциально могли бы воздействовать на движение этих зондов, позволили обнаружить неучтенное ни одним из механизмов ускорение в направлении к Солнцу (по интерпретации научно-технической команды программы Пионер). Это систематическое ускорение, которое составляет $(8.74 \pm 1.33) \times 10^{-8} \text{ см/с}^2$, вошло в научную литературу под названием "аномальное ускорение" Пионеров. Правда, в последних работах те же члены вышеупомянутой команды утверждают, что источником "аномального ускорения" была сила отдачи, связанная с анизотропным излучением двигателей [22], которая раньше была вычислена

неправильно.

Тем не менее, близость значений "аномального ускорения" Пионеров и ускорение, которое дается выражением (7) и, на наш взгляд, является признаком расширяющегося с ускорением Вселенной, остается без должного объяснения.

5. Заключение и основные выводы. Исследования показывают, что наиболее шатким местом современной космогонии является главная парадигма формирования барионных объектов и их систем, основанная на гипотезе Канта-Лапласа. Эта гипотеза, возникшая после открытия Ньютоном закона всемирного тяготения, могла считаться и до сих пор считается с научной точки зрения достаточно прогрессивной *для того времени* - конца XVIII столетия. Но с тех пор основная идея не получила однозначного доказательства. Тем не менее, следует признаться, что теории и представления, построенные на основе этой гипотезы, давно уже превратились в догму, которая нередко используется для отрицания альтернативных подходов.

Одно из наиболее распространенных заключений, которое вытекает исключительно из физики механизма формирования космических объектов и их систем, утверждает, что все они физически связанные системы, которые не могут обладать положительной полной энергией. И именно этот вывод часто приводит к различным парадоксам. В свое время необходимость приписывать равновесное состояние скоплениям галактик привела к понятию темной материи, поисками которой занимаются до сих пор. Слишком быстрое удаление Луны от Земли и Земли от Солнца заставляют придумывать все новые и экзотические механизмы.

Ситуация в современной космологии все больше становится похожей на геоцентрическую систему Птолемея, которая со временем требовала все больше эпициклов (свободных параметров) для согласования модели с наблюдательными данными. Со временем и, особенно, после новых открытий, которые не вписываются в общепринятые схемы и сценарии, возникает необходимость в новых свободных параметрах. А это, как показала история, является явным признаком необходимости пересмотра основных идей и положений, которые предопределяли направления ее развития.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна
Национальной академии наук Армении, e-mail: hhayk@bao.sci.am

ON SOME CONSEQUENCES OF THE UNIVERSE
EXPANSION AT SMALL SCALES

H.A.HARUTYUNIAN

The possibility to detect the fingerprints of acceleration at any point of the accelerating Universe is considered. Observational facts evidencing for the Hubble expansion effects at small scales are given. We discuss here also the legitimacy of the prevailing opinion that the systems of cosmic objects are being in the dynamical equilibrium. It is pointed out that this opinion is a simple consequence of the unproved Kant-Laplace hypothesis on the formation of cosmic objects and their systems. The frame bound to the cosmological horizon is suggested as the appropriate reference system for revealing the acceleration effect. Noticed that all points of that sphere represent the same initial point from which the expansion has started in the Universe of the given observer. The numerical value of the acceleration obtained in this way is given which practically does not differ from the value of the anomalous acceleration, found for cosmic probes.

Key words: *cosmology: dark energy: formation of cosmic objects*

ЛИТЕРАТУРА

1. *A.G.Riess, A.V.Filippenko, P.Challis et al.*, *Astron. J.*, **116**, 1009, 1998.
2. *S.Perlmutter, G.Aldering, G.Goldhaber et al.*, *Astrophys. J.*, **517**, 565, 1999.
3. *F.Zwicky*, *Helvetica Physica Acta*, **6**, 110, 1933.
4. *F.Zwicky*, *Astrophys. J.*, **86**, 217, 1937.
5. *H.A.Harutyunian*, *Astrophysics*, **38**, 374, 1995.
6. *H.A.Harutyunian*, in "Astronomical Surveys and Big Data" ASP Series, eds. A.Mickaelian, A.Lawrence, T.Magakian, **505**, 152, 2016.
7. "Planck Publications: Planck 2015 Results". European Space Agency. February 2015.
8. *R.Cowen, D.Castelvecchi*, *Nature*, 16462, 2014.
9. *E.Calabrese, R.A.Hlozek, J.R.Bond et al.*, arXiv: 1702.03272v1, 2017.
10. *A.G.Riess, L.Macri, S.Casertano et al.*, *Astrophys. J.*, **730**, 119, 2011. arXiv: 1103.2976.
11. *A.G.Ries, L.MMacri, S.L.Hoffmann et al.*, *Astrophys. J.*, **826**, 56, 2016; arXiv: 1604.01424.
12. *В.А.Амбарцумян*, Эволюция звезд и астрофизика, Издательство АН Арм.ССР, Ереван, 1947.

13. В.А.Амбарцумян, Астрон. ж., 26, 3, 1949.
14. Ю.Н.Ефремов, Природа, 1124, 4, 2009.
15. В.А.Амбарцумян, Изв. АН Арм. ССР, серия физ.-мат. наук, 11, 9, 1958
16. J.O.Dickey, P.L.Bender, J.E.Faller et al., Science, 265, 482, 1994.
17. L.V.Morrison, F.R.Stephenson, in "Highlights of Astronomy", ed. H.Rickman, 12, 338, 2002.
18. G.A.Krasinsky, V.A.Brumberg, Celest. Mech. Dyn. Astron., 90, 267, 2004.
19. T.Miura, H.Arakida, M.Kasai, S.Kuramata, Publ. Astron. Soc. of Japan, 61, 1247, 2009.
20. Г.А.Арутюнян, Астрофизика, 54, 323, 2011, (Astrophysics, 54, 290, 2011).
21. J.D.Anderson, P.A.Laing, E.L.Lau et al., Phys. Rev. D, 65, 082 004, 2002. (см., также gr-qc/0104064).
22. S.G.Turyshev, V.T.Toth, G.Kinsella et al., Phys. Rev. Lett., 108(24), 241101, 2012.