

УДК 524
PACS number: 9862 Gr q

Л. М. ЧЕЧИН¹, А. ЕЛИБАЕВА²

¹Астрофизический институт им. В. Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан,

²Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан)

ДИНАМИКА ДВОЙНОЙ ГАЛАКТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ФОНЕ ТЕМНОЙ СУБСТАНЦИИ

Аннотация. В настоящей работе проведено исследование динамики двойной галактической системы (например, Местная группа галактик) на фоне темной субстанции, включающей как темную энергию, так и темную материю. При этом нами построен лагранжиан такой динамической системы, найдена ее траектория, а также вычислены время обращения и время релаксации.

Ключевые слова: темная энергия, темная материя, Местная группа галактик.

Тірек сөздер: жасырын энергия, жасырын дене, Галактикалардың жергілікті тобы.

Keywords: dark energy, dark matter, Local group of dynamics.

1. Введение. Согласно астрономическим данным, Вселенная состоит из 4% обычного (барионного) вещества, 23% темной материи и 73% темной энергии.

Темная энергия – невидимая антигравитирующая среда. Ее физическая природа и микроскопическая структура остаются неизвестными. Тем не менее, факт существования темной энергии и ее вклад в наблюдаемый энергетический баланс Вселенной надежно установлены. Темная энергия была открыта в астрономических наблюдениях на самых больших космологических расстояниях порядка тысячи мегапарсек. В этом глобальном масштабе создаваемое ею антитяготение сильнее тяготения, и оно заставляет далекие галактики разбегаться с возрастающей со временем скоростью [1].

Более того, изучение темной энергии в ближней Вселенной способно стать столь же важным и перспективным, как и наблюдения на глобальных расстояниях, где темная энергия была впервые обнаружена [2].

За последнее время произошел резкий прорыв в наблюдательных исследованиях ближнего объема Вселенной. Это стало возможным, прежде всего, благодаря космическому телескопу «Хаббл», позволившему достичь высокой точности определения расстояний до галактик. Подробнее всего в наблюдениях исследовано наше ближайшее галактическое окружение до расстояний 3 Мпк, и в частности, Местная группа галактик.

Помимо Млечного Пути в Местную группу галактик входит и гигантская галактика Туманность Андромеды (М31). Вокруг них в объеме с поперечником в 2 Мпк наблюдается 50 галактик-карликов. Все вместе эти объекты составляют полную Местную группу галактик – гравитационно связанную систему с массой вещества $M = (2 - 4) \cdot 10^{12} M_{\odot}$.

Динамику Местной группы галактик, как показывает анализ литературы, можно рассматривать, по крайней мере, в двух новых аспектах.

Во-первых, речь идет о влиянии темной энергии на движение основных компонент Местной группы, приводящей к их разбеганию друг от друга (местный поток галактик) [3]. Эффект разбегания галактик в Местной группе приводит, в частности, к изменению ее поверхности нулевого ускорения.

Во-вторых, динамику Местной группы галактик можно рассматривать в аспекте учета влияния темной материи [4, 5].

Так как наша Галактика и Туманность Андромеды составляют гравитационно связанную двойную систему, то их центры движутся навстречу друг другу. Поэтому в классической модели Кана и Волтге динамика двойной системы описывается в рамках прямолинейной задачи двух тел. Из сказанного выше следует, что для современной космологии весьма актуальным является исследование влияния на динамику Местной группы галактик не только темной энергии, но и второй важнейшей компоненты темной субстанции – темной материи.

Целью настоящей работы является исследование динамики двойной галактической системы на фоне темной субстанции, включающей как темную энергию, так и темную материю.

2. Динамика двойной галактической системы на фоне темной субстанции. Две указанные подгруппы галактик – подгруппа Млечного Пути и подгруппа Туманность Андромеды – могут рассматриваться как система двух тел с близкими по массе значениями. Такая модель неоднократно использовалась в современной астрономии, в частности, для изучения динамики двойной системы на фоне вакуума [3].

Но хорошо известно, что задача двух тел сравнимых масс может быть сведена к задаче движения пробного тела в поле массивного тела, обладающего приведенной массой. Приведем соответствующие уравнения движения.

Пусть даны два тела с массами m_1 и m_2 , находящимися от центра системы отсчета на расстояниях \vec{r}_1 и \vec{r}_2 , соответственно. Согласно постановке задачи ее лагранжиан записывается следующим образом -

$$L = \frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} - U_{BM}(\vec{r}_1, \vec{r}_2) - U_{DM}(r_1) - U_{DM}(r_2), \quad (1)$$

где

$$U = -\frac{Gm_1 m_2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|}, \quad (2)$$

Что касается двух последних слагаемых, то они равны

$$U_{DM}(r_1) = -\frac{Gm_1 M_{DM}(r_1)}{r_1}, \quad U_{DM}(r_2) = -\frac{Gm_2 M_{DM}(r_2)}{r_2}, \quad (3)$$

где

$$M_{DM}(r_1) = \frac{4}{3} \pi \rho_{DM}(r_1) r_1^3, \quad M_{DM}(r_2) = \frac{4}{3} \pi \rho_{DM}(r_2) r_2^3. \quad (4)$$

Так что

$$U_{DM}(r_1) = -\frac{4}{3} \pi G m_1 \rho_{DM}(r_1) r_1^2, \quad U_{DM}(r_2) = -\frac{4}{3} \pi G m_2 \rho_{DM}(r_2) r_2^2. \quad (5)$$

Для вычисления (3) – (5) необходимо задать конкретное выражение профиля (плотности) темной материи. Зададим профиль Наварро-Френка-Уайта [6]

$$\rho_{DM}(r) = \frac{\rho_0}{\frac{r}{r_0} \left(1 + \frac{r}{r_0}\right)^2}, \quad (6)$$

Тогда с точностью до членов первого порядка по $\frac{r_1}{r_0}$ (согласно условию задачи $\frac{r_1}{r_0} < \frac{r_2}{r_0} < 1$) имеем приближенные выражения для потенциалов, порожденных присутствием темной материи, –

$$U_{DM}(r_1) = -\frac{4}{3} \pi G m_1 \rho_0 r_0^2 \frac{\frac{r_1}{r_0}}{\left(1 + \frac{r_1}{r_0}\right)^2} \approx -\frac{4}{3} \pi G m_1 \rho_0 r_0 r_1. \quad (7)$$

$$U_{DM}(r_2) = -\frac{4}{3} \pi G m_2 \rho_0 r_0^2 \frac{\frac{r_{12}}{r_0}}{\left(1 + \frac{r_2}{r_0}\right)^2} \approx -\frac{4}{3} \pi G m_2 \rho_0 r_0 r_2. \quad (8)$$

Складывая, согласно (1), (7) и (8), находим потенциал, порожденный темной материей

$$U_{DM}(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|) \approx -\frac{4}{3} \pi G m \rho_0 r_0 |\vec{r}_1 - \vec{r}_2|. \quad (9)$$

Опираясь на работу [3], видно, что с заданной точностью этот потенциал с точностью до знака совпадает с потенциалом в задаче двух тел на фоне космического вакуума – $U_{DE}(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|) \approx \frac{4}{3} \pi G m \rho_V r_0 |\vec{r}_1 - \vec{r}_2|$, если удовлетворяется условия $|\vec{r}_1| \approx |\vec{r}_2| < |\vec{r}_1 - \vec{r}_2| = |\vec{r}_0|$. Так что потенциал двойной галактической системы на фоне темной субстанции (темная энергия и темная материя) имеет вид

$$U_{DS}(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|) = \frac{4}{3} \pi G m \tilde{\rho} r_0 |\vec{r}_1 - \vec{r}_2|, \quad (10)$$

где $\tilde{\rho} = \rho_0 - \rho_V$ есть обобщенная галактическая плотность, включающая как темную материю, так и темную энергию.

Теперь, опираясь на эти результаты, можно вычислить траекторию двойной галактической системы на фоне темной материи.

3. Траектория двойной галактической системы. Как обычно, введем взаимное расстояние $\vec{r} = \vec{r}_1 - \vec{r}_2$ и поместим начало системы координат в центр инерции системы. Тогда будет выполняться соотношения

$$\left. \begin{aligned} m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 &= 0 \\ \vec{r}_1 &= \frac{m_2}{m_1 + m_2} \vec{r}, \quad \vec{r}_2 = -\frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{r} \\ \vec{v}_1 &= \frac{m_2}{m_1 + m_2} \vec{v}, \quad \vec{v}_2 = -\frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{v} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

В соответствии с этими обозначениями имеем полный лагранжиан рассматриваемой задачи

$$L(\dot{\vec{r}}, \vec{r}) = \frac{m \dot{\vec{r}}^2}{2} + \frac{G m^2}{|\vec{r}|} + \frac{4}{3} \pi G \rho_0 r_0 |\vec{r}| = \frac{m \dot{\vec{r}}^2}{2} - U(\vec{r}). \quad (12)$$

Поэтому дальнейшее исследование нашей задачи будет аналогичным классической задаче двух тел [7].

Используя закон сохранения энергии E и закон сохранения момента импульса M , в полярных координатах имеем

$$E = \frac{m}{2} (\dot{r}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2) + U(r) = \frac{m \dot{r}^2}{2} + \frac{M^2}{2mr^2} + U(r). \quad (13)$$

Отсюда получаем уравнение плоской траектории

$$\varphi = \int \frac{\frac{M}{r^2} dr}{\sqrt{2m[E - U(r)] - \frac{M^2}{r^2}}} + \varphi_0. \quad (14)$$

закон движения

$$t = \int \frac{dr}{\sqrt{\frac{2}{m}[E - U(r)] - \frac{M^2}{m^2 r^2}}} + t_0. \quad (15)$$

Оценим порядки величин, входящие в выражения (14) и (15). Используем для этого следующие вычисленные значения –

$$\begin{aligned} m_{LG} &= m_{MW} + m_{AN} \approx 2m_{MW} \sim 5.0 \cdot 10^{45} \text{ з}, \\ l_{MW-AN} &\sim 2.0 \cdot 10^{24} \text{ см}, \\ v_{MW} &\approx v_{AN} \sim 4.0 \cdot 10^7 \text{ см/с}, \\ v_{MW-AN} &\sim 1.2 \cdot 10^7 \text{ см/с}. \end{aligned} \quad (16)$$

Что касается численного значения обобщенной галактической плотности $\tilde{\rho}$, то здесь можно выделить два важных случая. Первый случай соответствует условиям $\rho_0 \sim 10^{-23} \text{ з/см}^3$, $\rho_V \sim 10^{-29} \text{ з/см}^3$. Второй случай имеет место при условии $\rho_0 \sim \rho_V \sim 10^{-29} \text{ з/см}^3$. Мы остановимся на этом варианте, так как величина центральной плотности темной материи до сих пор не определена однозначно [8]. Тогда получим такие численные оценки

$$\begin{aligned} 2mE &\sim 2.0 \cdot 10^{106} \text{ з}^2 \cdot \text{см}^2 / \text{с}^2, \\ 2mU_1 &= 2mU_{BM} \sim 0.2 \cdot 10^{106} \text{ з}^2 \cdot \text{см}^2 / \text{с}^2, \\ 2mU_2 &= 2mU_{DM} \sim 0.01 \cdot 10^{106} \text{ з}^2 \cdot \text{см}^2 / \text{с}^2, \\ \frac{M^2}{r^2} &\sim 0.1 \cdot 10^{106} \text{ з}^2 \cdot \text{см}^2 / \text{с}^2. \end{aligned} \quad (17)$$

Отсюда видно, что наименьший вклад в интеграл (14) вносит именно это слагаемое, что позволяет ввести малый параметр $\varepsilon = \frac{U_2(r)}{E} = \frac{U_{DM}(r)}{E} = \frac{\delta U}{E} < 1$ и провести по нему разложение в интегралах (14) и (15). Реализуем эту процедуру.

Согласно [7] полное угловое смещение

$$\Delta\varphi = -2 \frac{\partial}{\partial M} \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \sqrt{2m(E - U) - \frac{M^2}{r^2}} dr, \quad (18)$$

а смещение, обусловленное добавкой $\delta U = U_{DM}$, таково –

$$\delta\varphi = \frac{\partial}{\partial M} \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \frac{2mU_{DM}}{\sqrt{2m(E + U) - \frac{M^2}{r^2}}} dr = \frac{\partial}{\partial M} \left(\frac{2m}{M} \int_0^\pi r^2 U_{DM} d\varphi \right). \quad (19)$$

Выразим подынтегральное выражение через траекторию невозмущенного движения. Так как, согласно (10),

$$r^2 U_{DS} = -\frac{4}{3} \pi G m \tilde{\rho} r_0 r^3, \quad (20)$$

а

$$r = \frac{p}{1 + e \cos \varphi}, \quad (21)$$

то, с учетом малости эксцентриситета, приближенно имеем

$$I = \int_0^\pi r^2 U_{DS} d\varphi = -\frac{4}{3} \pi G m \tilde{\rho} r_0 p^3 \int_0^\pi \frac{d\varphi}{(1 - 3e \cos \varphi)^3} \approx -\frac{4}{3} \pi G m \tilde{\rho} r_0 p^3 \int_0^\pi (1 - 3e \cos \varphi) d\varphi. \quad (22)$$

Так что дополнительное смещение равно

$$\delta\varphi = \frac{8 G \pi^2 m^2 \tilde{\rho} r_0 p^3}{3 M^2}. \quad (23)$$

Нетрудно оценить численное значение угла смещения. Действительно, так как

$$m \approx 2.5 \cdot 10^{45} \text{ г}, \quad \tilde{\rho} \approx 10^{-29} \text{ г/см}^3, \quad G \approx 6.7 \cdot 10^{-8} \text{ см}^3/\text{г} \cdot \text{с}^2, \\ r_0 \approx 6.0 \cdot 10^{24} \text{ см}, \quad p \approx l = 2.0 \cdot 10^{24} \text{ см}, \quad M \approx 2.0 \cdot 10^{77} \text{ г} \cdot \text{см} / \text{с},$$

то

$$\delta\varphi \approx 0.4 \text{ rad} \approx 23,0^\circ. \quad (24)$$

Таким образом, за время одного оборота перицентр траектории системы Туманность Андромеды – Млечный Путь под действием темной материи смещается на угол, равный примерно двадцати трем градусам. Этот вывод свидетельствует о том, что прямолинейный характер относительной траектории основных компонент Местной группы [4] действительно является приближенным. И в условиях повышения точности космологических измерений принципиально необходимо учитывать ее эллиптический характер.

4. Время обращения двойной галактической системы. Оценим теперь величину времени полного оборота, имея в виду, что, согласно (17), основным является первый член. Пренебрегая, следовательно, всеми слагаемыми из (17) находим

$$t = \sqrt{\frac{m}{2E}} \int dr + t_0 = \sqrt{\frac{m}{2E}} r + t_0. \quad (25)$$

Считая, что $r \sim 0.5 \cdot l_{MW-AN} \approx 1.0 \cdot 10^{24} \text{ см}$ и $t_0 = 0$, с учетом вышеприведенных оценок находим основное время сближения галактик

$$t_{basic} \sim 6.0 \cdot 10^{16} \text{ с} \sim 2.0 \cdot 10^9 \text{ лет}. \quad (26)$$

Дадим теперь более точное выражение для времени сближения, обусловленное вкладом темной субстанции. Для этого выпишем интеграл времени еще раз

$$t = \int \frac{dr}{\sqrt{\frac{2}{m} [E - U(r)] - \frac{M^2}{m^2 r^2}}}. \quad (27)$$

Имея в виду вышеприведенные оценки и условия стабильности системы ($E < 0$), этот интеграл времени представим в приближенном виде

$$t = - \int \sqrt{\frac{m}{2E}} \left(1 + \frac{U(r)}{2E} + \frac{M^2}{4mEr^2} \right) dr. \quad (28)$$

Отсюда вклад, обусловленный присутствием темной субстанции, имеет вид

$$t_{DS} = - \sqrt{\frac{m}{8E^3}} \int U_{DS}(r) dr. \quad (29)$$

или

$$\Delta t_{DS} = \frac{4}{3} \pi G \sqrt{\left(\frac{m}{2E}\right)^3} \tilde{\rho} \int r dr = \frac{\sqrt{2}}{3} \pi G \left(\frac{m}{E}\right)^{3/2} \tilde{\rho} r_0 r^2. \quad (30)$$

Подставляя сюда необходимые численные значения, получаем следующую оценку

$$\Delta t_{DS} \sim 0.8 \cdot 10^{16} \text{ с} \sim 0.3 \cdot 10^9 \text{ лет}. \quad (31)$$

Результат (31) показывает, что вклад темной субстанции в величину времени сближения галактик достаточно существенен и составляет от него значение порядка 10%. Таким образом, из (26) и (31) получаем время эволюции Местной группы галактик, равное $t \sim 2,3 \cdot 10^9$ лет. Поэтому за оставшиеся время жизни Вселенной Местная группа галактик «схлопнется» медленнее, чем это предсказывается в рамках Ньютоновской теории гравитации.

Кроме того, анализ выражения (30) показывает его существенную зависимость от центральной плотности темной материи. Для оценки величины Δt_{DS} было взято значение $\tilde{\rho} \approx 10^{-29} \text{ г/см}^3$. Но

эта величина не является общепринятой. В литературе известны и другие ее оценки, бóльшие указанной - $\rho_0 \sim 10^{-24} \text{ г/см}^3$ [8] и даже $\rho_0 \sim 10^{-16} \text{ г/см}^3$ [9]. Однако из (30) следует, что даже если центральная плотность будет всего на порядок больше указанной, т.е. $\rho_0 \sim 10^{-27} \text{ г/см}^3$, то $\Delta t_{DS} \sim t_{basic}$ и полное время сближения галактик будет стремиться к нулю. Совершенно понятно, что такая ситуация является физически бессмысленной, так как Местная группа галактик давно бы сколлапсировала. Отсюда следует, что плотность темной субстанции в галактике (галактическом кластере) не должна превышать величину $\tilde{\rho} \approx 10^{-28} \text{ г/см}^3$. Поэтому исследование динамики Местной Группы галактик дает возможность оценить верхний предел центральной плотности темной субстанции в ней, что является весьма важным для астрономических приложений.

5. Время релаксации двойной галактической системы. Исследуем теперь время релаксации галактической системы в случае рассеяния ей пробной частицы. Для этого перейдем к временному параметру

$$d\varphi = \frac{M}{\mu r^2} dt = \frac{l v_\infty}{r^2} dt, \quad (32)$$

так что получаем следующий интеграл

$$t = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \frac{dr}{\sqrt{\frac{2}{\mu} \left[\frac{\mu v_\infty^2}{2} - U(r) \right] - \left(\frac{l v_\infty}{r} \right)^2}}. \quad (33)$$

Интеграл (33) запишется следующим образом

$$t_{DS} = \frac{1}{v_\infty} \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \frac{dr}{\sqrt{1 + \frac{8\pi}{3} G \frac{m}{\mu} \frac{\tilde{\rho} r_0}{v_\infty^2} r - \frac{l^2}{r^2}}}. \quad (34)$$

Считая, что $\frac{l^2}{r^2} < 1$, выражение (34) представим как

$$t_{DS} = \frac{1}{v_\infty} \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \left(1 - \frac{4\pi}{3} G \frac{m}{\mu} \frac{\tilde{\rho} r_0}{v_\infty^2} r + \frac{l^2}{2r^2} \right) dr. \quad (35)$$

Элементарное интегрирование приводит к выражению

$$t_{DS} = \frac{1}{v_\infty} \left(r - \frac{2\pi}{3} G \frac{m}{\mu} \frac{\rho_0 r_0}{v_\infty^2} r^2 - \frac{l^2}{r} \right)_{r_{\min}}^{r_{\max}}. \quad (36)$$

Обсудим следующий вопрос – что такое r_{\max} в нашей модели эволюции кратных галактик? С физической точки зрения этот параметр должен равняться размеру всей галактической системы, т.е. $r_{\max} = r_0$. В противном случае движущая частица уже не будет принадлежать галактическому кластеру. Таким образом, время прохождения частицы через галактический кластер, а, следовательно, и время нарушения в нем динамического равновесия, равно

$$t_{derelax} = t_{DS} = \frac{2}{v_\infty} \left[(r_0 - r_{\min}) - \frac{2\pi}{3} G \frac{m}{\mu} \frac{\tilde{\rho} r_0}{v_\infty^2} (r_0 - r_{\min})^2 - \frac{l^2}{(r_0 - r_{\min})} \right]. \quad (37)$$

В силу обратимости уравнений небесной механики ($t \rightarrow t$) это же время будет и временем установления динамического равновесия в галактической системе, т.е.

$$t_{relax} = t_{derelax}. \quad (38)$$

В дальнейшем примем выполненным условие, что $r_0 < r_{\min}$, которое дает возможность нахождения численной оценки времени релаксации

$$t_{relax} = 2 \frac{r_0}{v_\infty} \left(1 - \frac{2\pi}{3} G \frac{m}{\mu} \frac{\tilde{\rho} r_0^2}{v_\infty^2} - \frac{l^2}{r_0^2} \right). \quad (39)$$

Выясним теперь условие равенства добавок в величину времени релаксации. Из (39) имеем

$$\frac{l^2}{r_0^2} = \frac{2\pi}{3} G \frac{m}{\mu} \frac{\tilde{\rho} r_0^2}{v_\infty^2}. \quad (40)$$

Отсюда можно найти значение прицельного параметра

$$l = \sqrt{\frac{2\pi}{3} G \frac{m}{\mu} \tilde{\rho} \frac{r_0^2}{v_\infty}}. \quad (41)$$

Его численное значение при использованных выше величинах таково $l \sim 10^{23}$ см. Так что оно соответствует ранее принятому общему условию $\frac{l}{r} < 1$. В самом деле, из (41) находим

$$\frac{l}{r_0} = \sqrt{\frac{2\pi}{3} G \frac{m}{\mu} \tilde{\rho} \frac{r_0}{v_\infty}} \sim 10^{-1} \text{ и, следовательно, } \frac{l^2}{r_0^2} \sim 10^{-2} < 1.$$

Используя (40), находим время релаксации системы в виде $t_{relax} = \tau_{relax} + \Delta t_{relax}$, где

$$\tau_{relax} = 2 \frac{r_0}{v_\infty}, \quad (42)$$

а добавка

$$|\Delta t_{relax}| = 4 \frac{l^2}{v_\infty r_0} = \frac{8\pi}{3} G \frac{m}{\mu} \frac{\tilde{\rho} r_0^3}{v_\infty^3}. \quad (43)$$

Их численные значения равны соответственно $\tau_{relax} \sim 10^{17}$ с и $\Delta t_{relax} \sim 10^{16}$ с.

6. Заключение. Таким образом, нами более корректно сформулирована задача о динамике Местной группы галактик, вместо прямолинейной траектории найдена более реалистичная, а именно, эллиптическая траектория, ее время обращения и релаксации. Все эти результаты являются астрономически наблюдаемыми величинами и свидетельствуют о необходимости строгого учета свойств темной материи в пределах Местной группы галактик.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Чернин А.Д. Космический вакуум // УФН, 171 (2001), 1153.
- 2 Чернин А.Д. Темная энергия в системах галактик // Письма в ЖЭТФ, 98:6 (2013), 394-407.
- 3 Долгачев В.П., Доможилова Л.М., Чернин А.Д. Поверхность нулевого ускорения вокруг Местной группы галактик // Астрономический журнал. – 2003. – Т. 80, № 9. – С. 792-797.
- 4 Kahn F.D., Woltjer L. 1959, Intergalactic Matter and the Galaxy, ApJ, 130, 705.
- 5 Forero-Romero J.E., Hoffman Y., Yepes G., Gottoeber S., Piontek R., Klypin A., Steinmetz M. The dark matter assembly of the Local Group in constrained cosmological simulations of a Lambda CDM universe // arXiv:1107.0017v1 [astro-ph.CO] 2011.
- 6 Navarro J.F., Frenk C.S., White S.D. M. The Structure of Cold Dark Matter Halos // arXiv: astro-ph / 9508025, 1995.
- 7 Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика, Наука, 1958.
- 8 Salucci P., Nesti F., Gentile G., et al. The Dark Matter Density at the Sun's Location. astro-ph.GA/1003.3101v2, 2010. doi:10.1051/0004-6361/201014385.
- 9 Arakida H. Influence of Dark Matter on Light Propagation in Solar System, astro-ph/0810.2827v3, 2008. doi:10.1016/j.asr.2009.11.012.

REFERENCES

- 1 Chernin A.D. Kosmicheskij vakuum. UFN, 171 (2001), 1153.
- 2 Chernin A.D. Temnaja jenergija v sistemah galaktik. Pis'ma v ZhJeTF, 98:6 (2013), 394-407.
- 3 Dolgachev V.P., Domozhilova L.M., Chernin A.D. Poverhnost' nulevogo uskorenija vokrug Mestnoj grupy galaktik. Astronomicheskij zhurnal 2003. T. 80, № 9. S. 792-797.
- 4 Kahn F.D., Woltjer L. 1959, Intergalactic Matter and the Galaxy, ApJ, 130, 705;
- 5 Forero-Romero J.E., Hoffman Y., Yepes G., Gottoeber S., Piontek R., Klypin A., Steinmetz M. The dark matter assembly of the Local Group in constrained cosmological simulations of a Lambda CDM universe. arXiv:1107.0017v1 [astro-ph.CO] 2011;
- 6 Navarro J.F., Frenk C.S., White S.D. M. The Structure of Cold Dark Matter Halos. arXiv: astro-ph / 9508025, 1995.

7 Landau L.D., Lifshic E.M. *Mehanika*, Nauka, 1958.

8 Salucci P., Nesti F., Gentile G., et al. The Dark Matter Density at the Sun's Location. *astro-ph.GA/1003.3101v2*, 2010. doi:10.1051/0004-6361/201014385.

9 Arakida H. Influence of Dark Matter on Light Propagation in Solar System, *astro-ph/0810.2827v3*, 2008. doi:10.1016/j.asr.2009.11.012.

Резюме

Л. М. Чечин¹, А. Елибаева²

(¹В. Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты, Алматы, Қазақстан,
²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан)

ЖАСЫРЫН СУБСТАНЦИЯ ӘСЕРІНДЕГІ ҚОС ГАЛАКТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕ ҚОЗҒАЛЫСЫ

Мақалада жасырын энергиямен қатар жасырын дене де кіретін, жасырын субстанция әсеріндегі қос галактикалық жүйе (мысалы, Галактикалардың жергілікті тобы) қозғалысына зерттеу жүргізілген. Сонымен бірге осындай жүйеге лагранжиан құрап, оның траекториясын тауып және айналым уақыты мен релаксация уақытын есептеп шығардық.

Тірек сөздер: жасырын энергия, жасырын дене, Галактикалардың жергілікті тобы.

Summary

L.M. Chechin¹, A. Yelibaeva²

(¹Fesenkov Astrophysical institute, Almaty, Kazakhstan,
²Kazakh national pedagogical university named after Abai, Almaty, Kazakhstan)

DYNAMICS OF DOUBLE GALACTIC SYSTEM ON THE BACKGROUND OF DARK SUBSTANCE

In this paper we searched the dynamics of double galactic system (for example, the Local Group of galaxies) on the background of dark substance, including both dark energy and dark matter. For modern cosmology the study influence on the dynamics of the LG not only the dark energy, but also the second most important component of dark substance - dark matter - is rather actually today.

The study of dark energy in nearby Universe becomes important and perspective for the observations at large space scales where the dark energy was discovered for the first time. That is why we constructed the Lagrangian of such dynamical system for more correctly searching the dynamics of Local Group of galaxies. Such approach allowed, instead of the initially forwarded rectilinear trajectory, found its more realistic one. Talk about finding the real - elliptical trajectory, about more accurate resulting expression for the revolving time and the relaxation time due to accounting the contribution of the dark substance.

The results show that the contribution of the dark substance in the total amount of revolving time of galaxies takes about 10%. In doing this we took the generalized galactic density, including both dark matter and dark energy, as $\tilde{\rho} \approx 10^{-29} \text{ г/см}^3$.

All these results are astronomically observable quantities and testify to need of the strict accounting of the dark matter properties within the Local Group of galaxies.

Keywords: dark energy, dark matter, Local group of dynamics.

Поступила 14.04.2014г.