

Дополнение теории гравитации Ньютона

Гаджиев М.Г., кандидат физико-математических наук

Реферат: В теории гравитации Ньютона пространство является универсальнымместилищем всего сущего и не принимает никакого участия в движении материальных тел. Вместе с тем существует ряд наблюдений не описываемых этой теорией и используемых в качестве подтверждения теории относительности и других теорий, которые опровергают абсолютность пространства.

В этой статье рассматривается возможность отступления от абсолютности пространства и дополнения теории гравитации Ньютона гипотезой о кручение пространства вращающимися космическими объектами. Обоснованием такого подхода является то, что в законе всемирного тяготения присутствует только масса гравитирующего объекта, и не учитывается влияние момента импульса, которым обладают практически все космические объекты. На основе этой гипотезы выведена формулы для вычисления смещения перигелиев планет солнечной системы и отклонения света при прохождении вблизи Солнца. Полученные результаты расчетов совпадают с данными наблюдений, что можно считать не только обоснованием гипотезы, но и опровержением предположения об аномальности этих явлений. Установлено, что график функции скорости кручения пространства вращающейся звездой является направляющим для силы гравитации и имеет также физический смысл траектории свободного падения тел в закрученном физическом пространстве.

Рассматривая кручение пространства вращающейся массой галактики получено аналитическое выражение для кривых вращения, которое позволяет объяснить особенности движения материи в диске галактики. Установлено, что в отличии от теории MOND, эти особенности не являются следствием нарушения закона всемирного тяготения и релятивистскими эффектами, а объясняются внешним влиянием на вращающееся пространство галактики. Исходя из логарифмической формы кривых вращения в дальней зоне, которая наиболее полно соответствует наблюдениям, получено универсальное аналитическое выражение для соотношения типа Талли-Фишера в виде: $v \sim \ln(M)$.

Ключевые слова: гравитация, кручение пространства, перигелий, кривые вращения.

Язык: рус.

Страниц: 14

Ил.: 3

Библ.: 5

Title: The complement of Newton's theory of gravity

Author: Gadzhiev M.G., Candidate of Physico-mathematical Sciences

Abstract: In Newton's theory of gravity, space is the universal container of all things and does not take any part in the movement of material bodies. However, there are a number of observations that are not described by this theory and are used as evidence for the theory of relativity and other theories that refute the absoluteness of space.

This article discusses the possibility of departing from the absoluteness of space and supplementing Newton's theory of gravity with the hypothesis of the torsion of space by rotating space objects. The rationale for this approach is that the law of universal gravitation contains only the mass of the gravitating object, and does not take into account the influence of angular momentum, which is possessed by almost all space objects. Based on this hypothesis, formulas are derived for calculating the perihelion displacement of the planets of the solar system and the deflection of light when passing near the Sun. The obtained calculation results coincide with the observational data, which can be considered not only a justification of the hypothesis, but also a refutation of the assumption of the anomaly of these phenomena. It is established that the graph of the function of the torsion velocity of space by a rotating star is a guide for the force of gravity and also has a physical meaning of the trajectory of free fall of bodies in a swirling physical space.

Considering the torsion of space by the rotating mass of the galaxy, an analytical expression for the rotation curves is obtained. which makes it possible to explain the features of the motion of matter in the disk of the galaxy. It has been established that, unlike the MOND theory, these features are not the result of violations of the law of universal gravitation and relativistic effects, but are explained by an external influence on the rotating space of the galaxy. Based on the logarithmic shape of the rotation curves in the far zone, which most fully corresponds to the observations, a universal analytical expression for the Tully-Fisher type relation is obtained in the form: $v \sim \ln(M)$.

Keywords: gravity, space torsion, perihelion, rotation curves.

Содержание

1. Введение	3
2. Расчет кручения пространства вращающейся звезды	4
3. Коэффициент кручения	6
4. Свойства гравитации вращающейся звезды	7
5. Мнимый эффект темной материи	8
6. Заключение	13
7. Список литературы	14

1. Введение

Достоверность любой теории оценивается тем, насколько ее выводы и расчеты согласуются с наблюдательными и экспериментальными данными. В этом смысле аномальное смещение перигелия Меркурия явилось первым и существенным подтверждением теории относительности, так как результаты расчетов по формуле, выведенной из теории, совпали с наблюдательными данными с точностью до погрешности приборов. Это был первый опыт применения уравнений общей теории относительности [1] для вычисления гравитационных эффектов, которые не имели объяснения в рамках теории гравитации Ньютона. Согласно теории относительности, причиной аномального смещения перигелиев планет солнечной системы являются релятивистские эффекты, обусловленные деформацией пространства-времени. Учитывая, что аномальное смещение перигелиев планет происходит в сторону вращения Солнца, можно предположить, что кручение пространства вращающейся массой тоже может быть причиной аномального смещения перигелиев.

А что такое кручение пространства? Если вы, на экваторе вращающейся планеты, бросаете камень вертикально вверх, и он падает вам на голову, значит пространство вокруг планеты максимально закручено и вращается вместе с ней. Во всех других случаях имеет место частичное кручение пространства или его отсутствие. При полном кручении камень сохраняет угловую скорость, а при отсутствии кручения камень сохраняет тангенциальную скорость. В реальности степень кручения зависит от массы и скорости вращения объекта, и оно всегда будет угасающим при удалении от объекта, так как влияние момента импульса не может распространяться до бесконечности.

В обзорной статье Гинзбурга В.Л. [2], посвященной экспериментальной проверке общей теории относительности, отмечается что вклад вращения Солнца в аномальное смещение перигелия Меркурия будет не только маленьким, но и отрицательным. Поэтому влиянием вращения Солнца на движение планет по орбите, в теории относительности пренебрегают. В ньютоновской теории гравитации нет никаких объяснений аномальному смещению перигелиев планет. Тем более, представляется интересным

постулировать возможность кручения пространства вращающимся объектом и исследовать влияние такого кручения на динамику планетарных систем в рамках теории гравитации Ньютона.

2. Расчет кручения пространства вращающейся звездой

Гипотеза о кручении пространства, как и возможность искривления пространства-времени в теории относительности, основана на предположении, что пространство обладает такими физическими свойствами, как однородность, непрерывность, неразрывность. Отличие же состоит в том, что в качестве причин аномальных явлений в движении планет рассматривается кручение физического пространства под влиянием вращения гравитирующих масс.

Рассмотрим звезду массой M , радиусом r_s , вращающуюся с угловой скоростью ω . При полном кручении пространства вращающейся звездой тангенциальная скорость пространства на экваторе совпадает с тангенциальной скоростью звезды и равна $u_s = \omega r_s$. На рис.1 представлены различные графики функции скорости кручения пространства $u(r)$ в зависимости от расстояния до центра звезды в неподвижной системе координат.

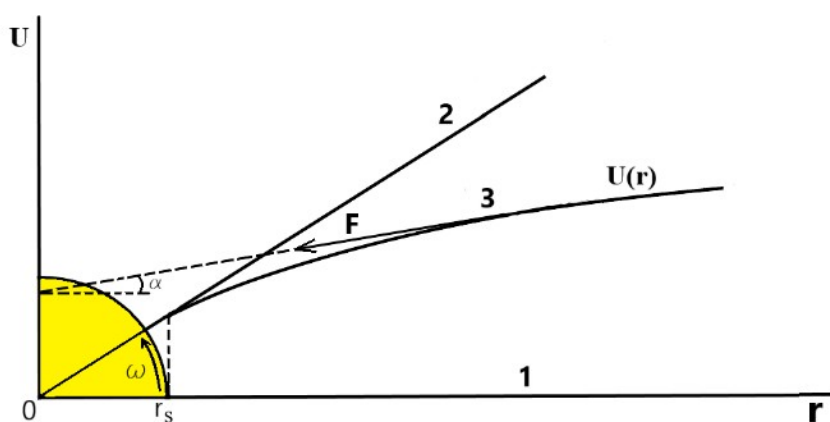


Рис.1 Функция скоростей кручения пространства в неподвижной системе координат

Если пространство не закручивается звездой, то ее тангенциальная скорость равна нулю независимо от радиуса (линия 1). Если все пространство вращается так же, как и звезда, то тангенциальная скорость пространства в неподвижной системе координат растет пропорционально радиусу (линия 2). Если на поверхности звезды имеет место полное кручение пространства, то сила гравитации F на поверхности звезды направлена в центр по линии 2. В связи с тем, что в дальней зоне кручение пространства стремится к нулю с удалением от поверхности, направление силы гравитации отклоняется от направления линии 2 и приближается к направлению линии 1.

Таким образом угол $\alpha(r)$ между силой гравитации и направлением на центр, в неподвижной системе координат равен ω на поверхности звезды и стремится к нулю на бесконечности. Здесь ω – безразмерный угол поворота Солнца за 1 секунду в радианах.

Наиболее простой функцией, удовлетворяющей этим условиям, является функция:

$$\alpha(r) = \frac{\omega r_s}{r}; (1)$$

Проекция силы гравитации \mathbf{F} на радиальное направление вычисляется по закону всемирного тяготения. При этом учитывается, что для этой проекции закон является универсальным и безусловно подтвержденным наблюдениями.

$$F_r = F \cos \alpha = -\frac{GMm}{r^2}; (2)$$

а проекция силы гравитации на тангенциальное направление имеет вид:

$$F_\theta = F \sin \alpha = F_r \tan \alpha = \frac{-GMm \omega r_s}{r^3}; (3)$$

Здесь учтено, что на поверхности звезды точно, а далее везде с высокой точностью, выполняется условие $\tan \alpha(r) = \omega r_s / r$.

Через тангенциальную проекцию силы гравитации можно выразить тангенциальное ускорение:

$$\mathbf{a}_\theta(\mathbf{r}) = F_\theta / m = \frac{GM \omega r_s}{r^3};$$

которое приводит к увеличению пути движения планеты по орбите за время t на величину:

$$S = \mathbf{a}_\theta(\mathbf{r}) t^2 / 2 = \frac{GM \omega r_s t^2}{2 r^3}; (4)$$

Используя третий закон Кеплера в виде:

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

где T – период обращения, из (4) получим выражение для линейного аномального смещения перигелиев планет за один оборот в виде:

$$S = 2\pi^2 \omega r_s; (5)$$

Из наблюдательных данных аномального смещения перигелиев планет солнечной системы известно, что их угловые значения убывают как $1/r$, а

линейное аномальное смещение S является константой, одинаковой для всех планет. То, что это подтверждается в формуле (5), является обоснованием выбора функции $\alpha(\mathbf{r})$ в виде (1).

Из формулы (5) однозначно следует, что аномальное смещение перигелиев планет зависит только от вращения звезды, чем быстрее вращается звезда, тем больше аномальное смещение перигелия планет.

3. Коэффициент кручения

Формула для расчета угла смещения перигелия планет солнечной системы за 1 оборот по орбите с эксцентриситетом e и с большой полуосью a , имеет вид:

$$\varphi = \frac{S}{a(1-e^2)};$$

Вычисленные по этой формуле углы смещения перигелия Меркурия и других планет на 25% больше наблюдательных данных. Это значит, что предположение о том, что Солнце при вращении полностью закручивает окружающее пространство не соответствует действительности. Надо учесть, что пространство пронизывает материальные тела, в том числе и Солнце, а поверхность Солнца не является особенной границей для пространства чтобы обеспечить жесткую привязку к ней. Поэтому в формулу (5) для линейного смещения перигелиев надо ввести коэффициент увлечения q , который изменяется в диапазоне от 0 до 1 . $S = 2\pi^2 q \omega r_s$; (6)

Если использовать известную формулу Эйнштейна для линейного смещения перигелиев в виде:

$$S = \frac{6\pi GM}{c^2}; (7)$$

то из (6) и (7) можно получить, независимое от наблюдательных данных, выражение для вычисления коэффициента кручения:

$$q = \frac{3GM}{c^2 \pi \omega r_s}; (8)$$

Использование известной формулы (7) для определения коэффициента кручения требует отдельного разъяснения. В отличие от формулы (6), выведенной в предположении кручения физического пространства вращающейся звездой, формула (7) обосновывается релятивистским эффектом, который также сводится к увеличению тангенциальной скорости движения планет вокруг Солнца. Но это увеличение является следствием движения планет по орбите, а не влиянием вращения Солнца.

Таким образом, с одной стороны, кручение физического пространства вращающейся звездой является обоснованием смещения перигелиев планет, а с другой стороны, смещение перигелиев планет позволяет определить коэффициент кручения физического пространства.

Для Солнца по формуле (8) коэффициент кручения физического пространства $q=3/4$. А вот если посчитать коэффициент кручения физического пространства для Земли, то получится $q=0,00001$, то есть Земля не закручивает физическое пространство. Это подтверждается совпадением расчетного аномального смещения перигелия Луны с наблюдаемым значением $0,06''$.

Из формулы (8) следует, что чем больше масса тела M , тем больше коэффициент кручения, а чем быстрее тело вращается, т.е. чем больше ω , тем меньше коэффициент кручения, то есть физическое пространство не успевает за быстровращающейся звездой.

4. Свойства гравитации вращающейся звезды

Граничные условия для функции $\alpha(r)$ совпадают с граничными условиями для касательной к тангенциальной скорости кручения физического пространства $u(r)$:

$$\frac{du(r)}{dr} = \alpha(r) = \frac{\omega r_s}{r}$$

Интегрируя это уравнение и учитывая, что на поверхности звезды скорость кручения пространства известна, получим следующее выражение для $u(r)$ в неподвижной системе координат (Рис.1):

$$u(r) = \omega r_s (1 + \ln(r/r_s)); \quad (10)$$

График функции $u(r)$, с одной стороны это тангенциальные скорости вращения физического пространства, а с другой стороны это геодезические линии, указывающие в любой точке пространства направление силы гравитации звезды. Это направление для вращающейся звезды, отличается от направления в ее центр масс. Проекция силы гравитации на это направление вычисляется по закону всемирного тяготения. Из формулы (2) следует, что сила гравитации $F = F_r / \cos \alpha(r)$ всегда больше, чем F_r , рассчитанная по закону всемирного тяготения, то есть, как и предполагалось, момент импульса увеличивает силу гравитации. График функции $u(r)$, является линией действия гравитации звезды, гравитация от звезды распространяется не по прямым линиям, проходящим через ее центр, а по образующим $u(r)$.

Возвращаясь к примеру, с подброшенным камнем, следует отметить, что график функции $\mathbf{u}(\mathbf{r})$ является траекторией свободного падения камня вниз, а его зеркальное отражение относительно оси \mathbf{r} траекторией полета камня, запущенного вертикально вверх. При этом, для Солнца в обоих случаях максимальное отклонение от направления в центр $\omega = 0,42''$. Таким образом, если фотон пролетает мимо Солнца, то он по теории гравитации Ньютона отклоняется в сторону Солнца на $0,88$ угловые секунды независимо от направления вращения. А вот под влиянием вращения Солнца он отклоняется на $2 \cdot 0,42 = 0,84''$ с одной стороны и на угол $-0,84''$, с другой стороны. Итого, если Солнце вращается слева направо, то справа угол отклонения $1,72''$, а слева $0,04''$. По теории относительности угол отклонения света в два раза больше, чем по теории гравитации Ньютона и составляет $1,75''$ независимо от направления вращения Солнца.

5. Мнимый эффект темной материи

Так как галактика тоже является вращающимся космическим объектом с ядром из гравитационно связанных между собой материальных тел, есть все основания полагать, что это вращение может влиять на физическое пространство, как это происходит с пространством вокруг Солнца. Для угла отклонения силы гравитации на поверхности ядра галактики $\alpha(r)$ предполагаем те же условия что и на поверхности Солнца. За \mathbf{u}_s и \mathbf{r}_s в формуле (10) принимаются значения скорости вращения и радиуса на поверхности ядра галактики.

Так как ядро галактики, как и сама галактика имеют сравнительно низкую плотность, кручение пространства этими объектами не может быть полным. Поэтому введем в рассмотрение коэффициент кручения \mathbf{q} и представим выражение (10) в виде:

$$\mathbf{u}(r) = q \mathbf{u}_s \frac{r}{r_s}; \quad (11)$$

Физический смысл скорости $\mathbf{u}(\mathbf{r})$ состоит в том, что это скорость, с которой вращается пространство галактики и прилегающей области Вселенной.

Необходимо обратить внимание на то, что из вида функции (11) следует, что если на поверхности ядра скорость кручения пространства отлична от нуля, то во внешней области она не убывает, а возрастает, но с замедлением. Если бы все физическое пространство галактики вращалось с той же угловой скоростью, что и ядро, то тангенциальная скорость во внешней области возрастала бы пропорционально радиусу r . Но так как с удалением от ядра влияние ее вращения на физическое пространство убывает, то тангенциальная скорость возрастает пропорционально $\ln(r)$.

В общем случае кривая вращения галактики за пределами ядра является суммой классической кривой вращения и функции $u(r)$:

$$v(r) = \sqrt{GM_s/r} + qu_s \quad (12)$$

где M_s – масса ядра галактики, а G – гравитационная постоянная.

Для расчета смещения перигелиев планет солнечной системы коэффициент кручения q вычисляется по формуле (8). Эту формулу нельзя применить для построения кривых вращения галактик, так как при её выводе использован третий закон Кеплера, который, как следует из наблюдений, не работает в галактической гравитации. Коэффициент кручения для галактик может быть вычислен по наблюдаемой скорости на поверхности ядра.

Выражение для этой скорости по формуле (12) имеет вид:

$$u_s = \sqrt{GM_s/r_s} + qu_s;$$

Следовательно, если параметры ядра известны, то выражение для коэффициента увлечения имеет вид:

$$q = 1 - \frac{1}{u_s} \sqrt{\frac{GM_s}{r_s}}; \quad (13)$$

На Рис.2 изображены кривые вращения в дисках галактик Млечный путь и Туманность Андромеды, построенные по формуле (12) с коэффициентами кручения (13), которые хорошо согласуются с наблюдениями.

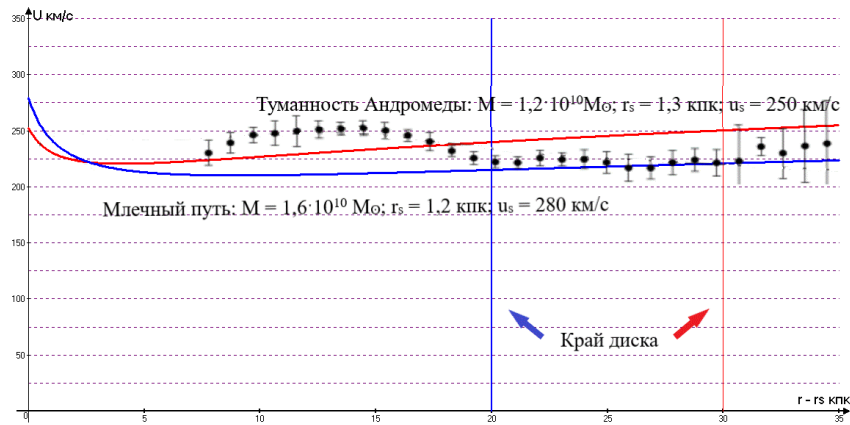


Рис.2 Кривые вращения в диске галактик Млечный путь и Туманность Андромеды. Данные наблюдений приведены для Туманности Андромеды.

По формуле (12) кривые вращения галактик строятся независимо от распределения материи в диске галактики. Влияние на кривую вращения материи, содержащейся в диске галактики, можно учесть если известно распределении плотности материи $\rho(r)$. В этом случае масса диска толщиной h внутри радиуса r вычисляется по формуле:

$$M_d(r) = 2\pi h \int_{r_s}^r \rho(x) dx \quad (14)$$

Тогда формула для построения кривых вращения галактик с учетом увлечения физического пространства и плотностью материи, содержащейся в диске, имеет вид;

$$\mathbf{v}(\mathbf{r}) = \sqrt{G(M_s + M_d(r))/r + qu_s \dot{r}} \quad (15)$$

Полученные формулы для расчета кривых вращения и коэффициента кручения позволяют однозначно ответить на вопрос о том, почему скорости планет солнечной системы убывают как $1/\sqrt{r}$, а скорости звезд в галактиках возрастают как $\ln(r)$.

Надо заметить, что формулы (8) и (13) для вычисления коэффициента кручения существенно отличаются между собой. В случае с вращающейся звездой, чем больше масса звезды, тем больше коэффициент кручения. В галактике все наоборот, чем больше масса ядра, тем меньше коэффициент кручения (13). В первом случае коэффициент кручения показывает степень

кручения пространства вращающейся звездой. Во втором случае коэффициент кручения показывает степень кручения внутреннего пространства ядра вращающимся пространством диска галактики. Если физическое пространство галактики вращается вместе с галактикой, то тангенциальная скорость материи, покоящейся в ней, повсюду линейно зависит от расстояния до центра галактики. Но пространство Вселенной, которое окружает галактику, не вращается и оказывает на пространство галактики тормозящее влияние. Это влияние изменяет характер зависимости скорости от расстояния в пространстве галактики вплоть до ядра. Чем тяжелее ядро, тем труднее оно увлекается физическим пространством галактики. Поэтому внутри таких ядер сохраняется линейная зависимость тангенциальной скорости вращения материи от расстояния до центра галактики. Таким образом форма внутриядерных кривых вращения объясняется увлечением пространства, а не влиянием профиля плотности материи, и не требует привлечения идеи сингулярного каспа [3] для своего объяснения.

Для построения кривых вращения в дальней зоне формулу (15) можно упростить, пренебрегая малыми величинами. В этом случае коэффициент увлечения равен единице, а кривая вращения является логарифмической функцией, которая для любой галактики в дальней зоне, даже за пределами галактики, имеет вид:

$$v(r) = u_s \ln (r/r_s); \quad (16)$$

Эти кривые отличаются между собой из-за различных u_s и r_s для разных галактик, что наглядно продемонстрировано на рис.3 с подборкой наблюдаемых кривых вращения галактик в дальней зоне. Очевидно, что логарифмическая форма кривых вращения характерна для большинства галактик, а отклонения от нее в ближней зоне являются следствием наличия массивного ядра или сложных профилей плотности материи в дисках.

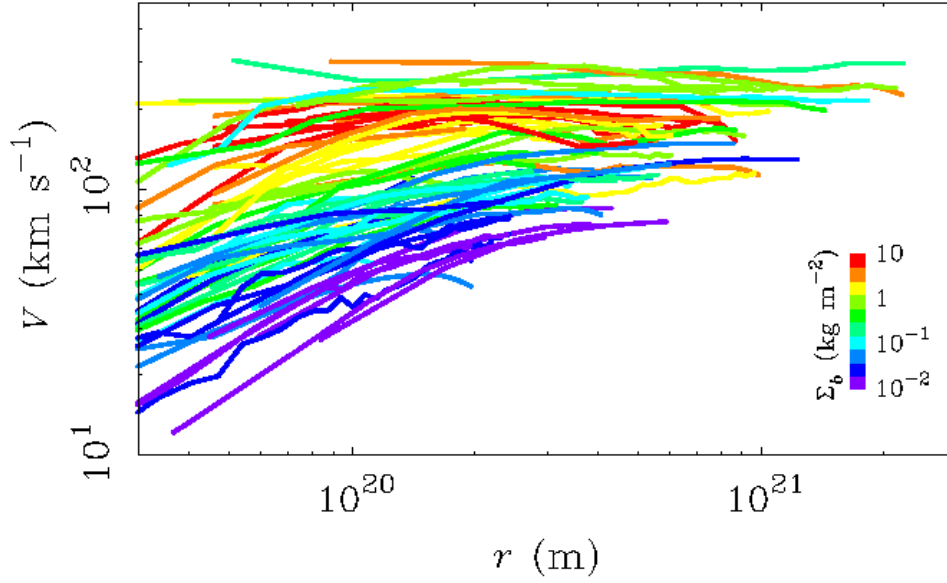


Рис.3 Компиляция многих наблюдаемых кривых вращения дисковых галактик из [4].

В настоящее время наиболее известной теорией, опровергающей наличие темной материи в галактиках, является модифицированная ньютоновская динамика MOND [4]. Предполагая ослабление гравитации на больших расстояниях от центра галактик, теория MOND изменяет закон всемирного тяготения таким образом, что кривые вращения превращаются в горизонтальные прямые линии. Из формул (2) следует, что проекция силы тяготения на радиальное направление \mathbf{F}_r подчиняется закону всемирного тяготения на любом расстоянии от центра. А проекция силы тяготения на тангенциальное направление \mathbf{F}_θ (3) единообразно объясняет такие явления, как смещение перигелия Меркурия и особенности кривых вращения галактик. Кроме того, полученная логарифмическая форма кривых вращения более соответствует наблюдениям (рис. 3), чем горизонтальные прямые построенные по теории MOND.

Из формулы (16) можно вывести теоретический аналог эмпирического соотношения Талли-Фишера [5], которое связывает между собой массу и скорость вращения галактик и имеет следующий вид: $\mathbf{M} \sim \mathbf{v}^4$. Для различных профилей плотности зависимость массы от радиуса галактики R имеет вид:

$$\mathbf{M} = \alpha R^{\beta}; \quad (17)$$

Если плотность распределена равномерно, то $\beta = 3$. Если же плотность убывает как $1/r$ (диск Местеля), то $\beta = 1$. Из формулы (17) можно получить выражение для радиуса:

$$R = (M/\alpha)^{1/\beta}; \quad (18)$$

Подставляя (18) в (16) получим следующий аналог соотношения Талли-Фишера:

$$v \sim \ln(M) \text{ или } M \sim e^v; \quad (19)$$

где v – скорость вращения на краю диска, а M – масса галактики.

Известно, что в соотношении Талли-Фишера $M \sim v^\beta$ показатель степени β может принимать различные значения в зависимости от длины волны наблюдаемого излучения. А в соотношении (19) от этого зависит только коэффициент перед логарифмом. В этом смысле теоретическое соотношение (19) является универсальным, описывающим различные типы галактик для всех диапазонов излучения.

6. Заключение

Для описания наблюдаемых явлений, не имеющих объяснения в теории гравитации Ньютона, предложена идея дополнения этой теории гипотезой о кручения пространства вращающимися космическими объектами. Установлено, что это кручение может быть полным или частичным и предложены формулы для вычисления коэффициента кручения пространства звездами или галактиками.

Исходя из гипотезы кручения пространства вращающейся звездой выведена новая формула для вычисления линейного смещения перигелиев планет Солнечной системы за один оборот. Установлено, что это смещение, одинаковое для всех планет, не является аномальным и зависит только от радиуса и угловой скорости вращения Солнца. Результаты расчета смещения перигелиев с учетом коэффициента кручения совпадают с наблюдениями.

Получено аналитическое выражение функции кручения физического пространства $u(r)$. Из вида функции $u(r)$ следует, что она зависит только от радиуса и скорости вращения звезды и не зависит от массы и величины силы гравитации. Установлено, что график функции $u(r)$ является направляющим для силы гравитации и имеет физический смысл траектории свободного падения и свободного взлета, а угол отклонения силы гравитации зависит от направления вращения, а максимальное значение угла отклонения луча света

при прохождении вблизи Солнца согласуется с наблюдениями при солнечных затмениях.

Для различных вариантов полного и неполного кручения пространства вращающимися объектами получены численные значения коэффициента кручения для Солнца ($q=3/4$) и для Земли ($q=0,00001$), которые подтверждаются данными о смещении перигелиев планет Солнечной системы и Луны.

Рассматривая кручение пространства вращающейся массой галактики получено аналитическое выражение для кривых вращения, которое позволяет объяснить особенности движения материи в диске галактики. Установлено, что в отличие от теории MOND, эти особенности не являются следствием нарушения закона всемирного тяготения, а также и релятивистскими эффектами, а объясняются внешним влиянием на вращающееся пространство галактики. Исходя из логарифмической формы кривых вращения в дальней зоне, которая наиболее полно соответствует наблюдениям, получено универсальное аналитическое выражение для соотношения типа Талли-Фишера в виде: $v \sim \ln(M)$.

7. Список литературы

1. Альберт Эйнштейн Собрание научных трудов в четырех томах. Наука, 1966, том II, стр. 83-94.
2. Гинзбург В.Л. «Экспериментальная проверка теории относительности», УФН, май 1956, т. LIX, вып. I, стр. 11-49.
3. А.Г.Дорошкевич, В.Н.Лукаш, Е.В.Михеева К решению проблем каспов и кривых вращения в гало темной материи в стандартной космологической модели. УФН, январь 2012, том 182, №1, стр. 3-18
4. Mordehai Milgrom. MOND vs. dark matter in light of historical parallels. arXiv:1910.04368v3
5. Tully, R. B., Fisher, J. R., «A new method of determining distances to galaxies». (pdf) *Astronomy and Astrophysics*, vol. 54, no. 3, Feb. 1977, pp. 661—673.