

Эволюция системы гравитирующих тел

Кирьян Д. Г., Кирьян Г. В.

*Институт Проблем Машиноведения РАН
В. О., Большой проспект 61, Санкт-Петербург, Россия, 199178
эл. адрес: diki.ipme@gmail.com*

В рамках классической механики сформулирован естественно-физический подход к анализу структуры замкнутых гравитирующих систем, в основу которого положена взаимосвязь плотностей последовательности вложенных сфер, вписанных в круговые орбиты тел системы. Сформулирован эмпирический закон эволюции для замкнутых гравитирующих систем, отличающихся массой, размерами и удалённостью от земного наблюдателя. Гравитирующие системы видоизменяются, эволюционируют от своего изначального состояния — неких газопылевых образований, с почти постоянной плотностью по всему объёму, до некоторой заключительной фазы процесса, когда система приобретает структуру схожую с планетарной системой, такой как Солнечная система, где, практически, вся гравитирующая масса системы сосредоточена в области её центра притяжения. Предложенный метод вложенных сфер, позволяет, для гравитирующей системы, в её плоскости вращения, выявить характер радиального распределения плотности вещества, дать количественную оценку плотности среды, в которой находится рассматриваемая гравитирующая система, и идентифицировать текущую фазу эволюции системы. Результаты исследований позволяют утверждать, что введение в научный обиход такой сущности, как «тёмная материя» не имеет под собой физической основы, так как основывается на ошибочной интерпретации «необычного» распределения орбитальных скоростей звёзд в галактиках.

Ключевые слова: Гравитация, гравитационное уплотнение, эволюция, кривая вращения галактики, система гравитирующих тел, пробная масса¹, система вложенных сфер, планета **X**, тёмная материя.

1. Постановка задачи

В качестве объекта исследования рассмотрим галактику, замкнутую систему материальных тел, различной природы и масштаба, связанных между собой исключительно гравитационным взаимодействием. Будем считать, что рассматриваемая система является динамически квазистабильной. Временной масштаб и удалённость галактик от наблюдателя на

¹Под пробной гравитирующей массой (инструмент исследования) понимаем материальное тело, не вносящее значимых искажений в исследуемое гравитационное поле системы гравитирующих тел.

Земле накладывают существенные ограничения на методы и способы изучения динамики и природы этих систем гравитирующих тел.

Видимая структура галактик позволяет предположить существование вращательного движения, вокруг доминирующего центра притяжения, так как в системе гравитирующих тел нет условий для существования прямолинейного движения. Инструментально наблюдаемая структура галактик — это всего лишь проявление текущей фазы процесса гравитационного уплотнения, это мгновение на временной шкале эволюции: от условно статичного «облака» газопылевого вещества к квазистойчивой вращающейся системе гравитирующих тел.

Из наблюдательных данных нам доступны только доплеровские² измерения лучевых скоростей³ некоторых звёзд в плоскости вращения галактики. Далее будем считать, что, в плоскости вращения галактики, все звёзды и иные материальные объекты движутся по круговой траектории вокруг доминирующего центра притяжения.

Задачу формулируем следующим образом: по линейным скоростям ограниченного набора звёзд, расположенных в плоскости вращения галактики, построить радиальное распределение плотности материи, исключив при этом из рассмотрения процессы звёздообразования и эффекты взаимодействия не гравитационной природы.

2. Система вложенных сфер

Галактика, это квазистойчивое скопление материальных объектов: звёзд, газопылевого вещества, малозаметных и совсем незаметных объектов. Вся совокупность материального вещества галактики участвует в сложном вращательном движении вокруг её доминирующего центра притяжения. Из классической механики известно, что сама возможность движения материального тела в гравитационном поле по круговой орбите, то есть с постоянным радиусом и постоянной орбитальной скоростью, обусловлена всей гравитирующей массой вещества, охваченного сферой, вписанной в круговую орбиту рассматриваемого тела.

Почему сфера? Почему не другая фигура вращения, ось симметрии которой совпадает с осью вращения галактики? Здесь следует отметить, что для пробного тела, находящегося в плоскости вращения галактики, нет разницы, в гравитационном смысле, между гравитирующей массой сферы и иной фигурой вращения, вписанной в радиус его орбиты.

²Эффект Доплера — смещение спектральных линий подвижного источника излучения.

³Скорость объекта вдоль линии соединяющей наблюдателя и объект излучения.

Мы выбрали сферу, так как параметры для остальных вариантов фигур вращения, трудно количественно описать из-за многочисленных условий и неопределённостей видимой конфигурации галактики.

Итак, наблюдаемая звезда, принадлежащая рассматриваемой галактике, выступает в роли пробного тела, через наблюдение за которым мы можем судить о величине гравитирующей массы удерживающей его на орбите, в нашем случае — круговой орбите.

Обозначим через O доминирующий центр притяжения галактики. Совместим декартову систему координат xOy с плоскостью вращения галактики (рис. 1).

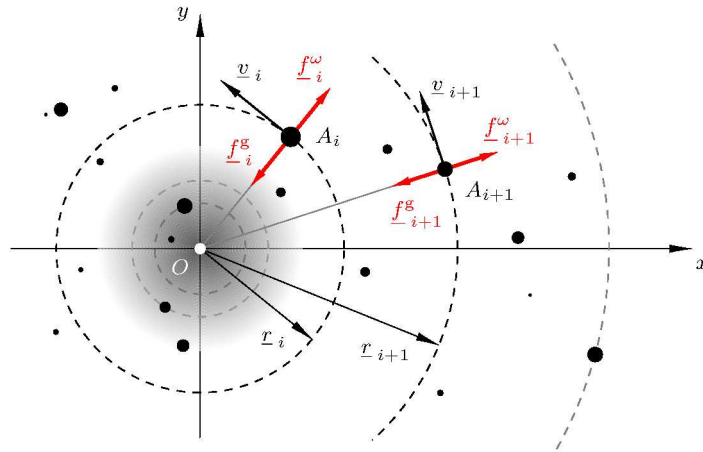


Рис. 1. Плоскость вращения галактики xOy .

Полагаем, что все звёзды A_i , как и остальная материя, движутся вокруг центра притяжения O в плоскости xOy по круговым орбитам против часовой стрелки⁴. По величине доплеровского смещения спектральных линий в спектрах звёзд, наблюдатели определяют их относительные лучевые скорости, по которым, в дальнейшем, вычисляются орбитальные скорости звёзд \underline{v}_i .

Запишем выражение для гравитирующей массы вещества, находящегося в сфере с радиусом круговой орбиты звезды A_i (пробная масса). Приняв факт, что движение любой выбранной звезды A_i с гравитирующей массой m_i в плоскости симметрии галактики, происходит по круговой орбите с радиусом \underline{r} (далее индекс i мы опускаем), можно записать уравнение баланса сил: гравитационной \underline{f}^g и центробежной \underline{f}^ω

$$\underline{f}^g + \underline{f}^\omega = 0, \quad (1)$$

⁴В общем случае траектории звёзд и иных тел — это непрерывно эволюционирующие, незамкнутые пространственные кривые.

где

$$|\underline{f}^{\mathbf{g}}| = \tilde{m} \frac{\overbrace{\mathbf{G}\tilde{M}}^{\mathbf{g}}}{r^2}, \quad \tilde{m} = m \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_{prob}} \right) \quad (2)$$

и

$$|\underline{f}^{\omega}| = m r \omega^2, \quad v = \omega r. \quad (3)$$

Здесь \mathbf{G} — гравитационная постоянная; \tilde{M} — гравитирующая масса сферы, вписанной в орбиту звезды с радиусом r ; m , \tilde{m} — инерционная и гравитирующая массы звезды⁵; ρ_0 — плотность среды в которой находится галактика; ρ_{prob} — плотность пробной массы (звезда A). \mathbf{g} — напряжённость гравитационного поля на удалении r от центра притяжения O ; ω — угловая скорость вращения звезды вокруг центра притяжения O .

Таким образом, по скорости и удалённости звезды A от центра притяжения O мы можем определить гравитирующую массу \tilde{M} вещества, заключённого в сферу, вписанную в орбиту звезды A с радиусом r . Из уравнения баланса сил (1), с учётом (2) и (3), получаем выражение для гравитирующей массы \tilde{M}

$$\tilde{M}(r, v) = \frac{1}{\mathbf{G}k_{\rho}} r v^2, \quad k_{\rho} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_{prob}} \right) \quad (4)$$

и плотности гравитирующей материи, заключённой в сферу радиуса r

$$\rho(r, v) = \frac{\tilde{M}(r, v)}{V(r)} = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi \mathbf{G}k_{\rho}} \left(\frac{v}{r} \right)^2, \quad (5)$$

где $V(r)$ — объём сферы, вписанной в круговую орбиту звезды A .

Следует уточнить, что само предположение о круговой стационарной орбите звезды подразумевает, что звезда гравитационно нейтральна ко всем гравитирующим объектам вне сферы, вписанной в её орбиту, и взаимодействует только со всем осреднённым гравитирующим веществом внутри сферы. Наличие круговой орбиты также означает, что отсутствует трение о внешнюю, по отношению к звезде, материальную среду с плотностью ρ_0 .

Теперь, рассмотрим группу из n пробных масс (звёзд), принадлежащих рассматриваемой галактике и лежащих в её плоскости вращения xOy . Наша цель, согласно поставленной задаче, найти характер распределения гравитирующего вещества в плоскости вращения галактики.

⁵Взаимосвязь инерционной и гравитирующих масс подробно изложена в работе [1].

Каждой пробной массе A_i , движущемуся по круговой орбите с радиусом r_i со скоростью v_i , ставится в соответствие гравитирующая сфера с радиусом r_i . В результате получена последовательность n вложенных сфер с единым центром симметрии O . Через \widetilde{M}_i обозначим гравитирующую массу сферы, вписанную в орбиту звезды A_i . Считаем, что материальное вещество распределено по объёму сфер равномерно. Последовательность вложенных друг в друга однородных сфер позволяет говорить о последовательности шаровых слоёв, об их массе и плотности. Примем, что индекс шарового слоя равен индексу меньшего из двух радиусов орбит: $r_i < r_{i+1}$. Гравитирующая масса $\Delta\widetilde{M}_i$ каждого i -ого шарового слоя, толщиной $(r_{i+1} - r_i)$, соответствует суммарной гравитирующей массе всех материальных тел, входящих в рассматриваемый объём шарового слоя ΔV_i . Следовательно, объём и масса i -ого шарового слоя определяется как

$$\Delta\widetilde{M}_i = \widetilde{M}_{i+1} - \widetilde{M}_i = \frac{1}{\mathbf{G}} (r_{i+1}v_{i+1}^2 - r_iv_i^2) , \quad (6)$$

$$\Delta V_i = V_{i+1} - V_i = \frac{4}{3}\pi (r_{i+1}^3 - r_i^3) , \quad (7)$$

а зная объём и массу шарового слоя можно записать выражение для приращения плотности:

$$\Delta\rho_i = \Delta\widetilde{M}_i / \Delta V_i = \frac{1}{\frac{4}{3}\pi\mathbf{G}} \frac{r_{i+1}v_{i+1}^2 - r_iv_i^2}{r_{i+1}^3 - r_i^3} . \quad (8)$$

В итоге, получили радиальное распределение $\Delta\widetilde{M}(r, v)$ и $\Delta\rho(r, v)$ для последовательности шаровых слоёв для галактики, которая рассматривается нами, как система вложенных сфер с соответствующими гравитирующими массами, которые определяют, в первом приближении, круговое движение звёзд с известными из наблюдений скоростями.

Таким образом, в рамках классической механики, основываясь на классическом законе о гравитационном взаимодействии двух «точечных» масс, сформулирован метод вложенных сфер, позволяющий при наличии наблюдательных данных только о величинах лучевых скоростей звёзд и их удалённости от доминирующего центра притяжения галактики O , построить радиальное распределение массы (плотности) без детализации наблюдаемой конфигурации галактики. Метод вложенных сфер позволяет перейти от реальной, с высокой степенью неопределённости по геометрии и распределению материи, гравитирующей системы к её центрально-симметричной гравитационной модели.

Покажем, что предлагаемый подход даёт достоверно значимые результаты при анализе замкнутых гравитирующих систем различного масштаба и конфигурации. В первую очередь проверим его на примере, относительно хорошо изученной, Солнечной системы.

Солнечная система. Построим эквивалентную, в гравитационном смысле, модель Солнечной системы в виде последовательности однородных, вложенных сфер с доминирующим центром притяжения — Солнцем.

В общем случае, все траектории планет представляют собой возмущённые орбиты, то есть незамкнутые трёхмерные кривые, которые, в первом приближении, можно считать эллиптическими. Будем исходить из того, что нам известны только скорости планет в *перицентре* и *апоцентре*, а также удалённость этих точек эллиптической орбиты от центра притяжения. Физические характеристики планет приведены в таб. 3 на стр. 19.

Будем считать, что все планеты движутся по круговым орбитам с постоянными скоростями, что *a priori* исключает из рассмотрения гравитационные взаимодействия между ними. Каждой планете ставится в соответствие сфера с радиусом её орбиты. За расстояние планеты от Солнца мы принимаем большую полуось её эллиптической орбиты, а скорость (таб. 3), как среднее арифметическое скоростей в перигеуме и апогеуме орбиты:

$$\bar{r} = 1/2 (r_{min} + r_{max}), \quad \bar{v} = 1/2 (v_{min} + v_{max}). \quad (9)$$

Процедура осреднения скорости и радиуса орбиты означает, что мы формально перешли к круговым орбитам, но при переходе от эллиптического движения планет к круговым, мы должны не утратить гравитационную взаимосогласованность планет по массе, которая нарушается сразу после осреднения радиусов орбит и орбитальных скоростей. Что это значит? Гравитирующие массы планет должны соответствовать общепринятым, многократно проверенным величинам, то есть массы шаровых слоёв должны быть равны соответствующим массам планет. При этом, гравитирующая масса сферы, охватывающей материю Солнечной системы, по мере роста её радиуса должна монотонно расти, а плотности сфер, вписанных в орбиты планет, должны образовывать убывающую последовательность в соответствии с формулой (5).

Последовательность сфер, вписанных в орбиты планет, позволяет оценить гравитирующие массы этих самых планет через массу шаровых слоёв (6). Порядок чередования слоёв определяется удалённостью планеты от гравитирующего центра Солнечной системы. Для Меркурия, первой

планеты, мы получаем, что масса сферы вписанной в орбиту Меркурия соответствует массе Солнца и всего остального вещества в околосолнечном пространстве внутри орбиты Меркурия. Далее, разность масс сфер, вписанных в орбиту Меркурия и Венеры, соответствует гравитирующей массе Меркурия. Продолжая последовательно перебирать орбиты, мы вычислим массы всех планет кроме Плутона, так как для этого необходимо знать орбитальные параметры следующей за ним планеты⁶.

В качестве корректируемой величины, для обеспечения физической взаимосогласованности системы, выбрана средняя орбитальная скорость планет \bar{v} определяемая, как (9). Согласующую поправку к скорости \bar{v} обозначим через Δv .

$$v = \bar{v} + \Delta v . \quad (10)$$

Строго говоря, в качестве корректируемой величины можно взять радиус орбиты планеты и зафиксировать скорость, но нами была выбрана для коррекции скорость. Поправка Δv определена из условия неизменности величин гравитирующих масс планет, приведённых в таб. 3.

В результате получили, гравитационно сбалансированную центрально-симметричную модель Солнечной системы, характеристики которой приведены в таб. 1.

	r , *мин	v , км/сек	ρ , кг/м ³	m/M_{\oplus}	\tilde{M}/M_{\odot}
Солнце	—	—	—	332937,079	1,000000000
Меркурий	3,21945	47,87273 _{2,14%}	0,0395751	0,055	1,000000166
Венера	6,01583	35,02123 _{0,01%}	0,0113343	0,815	1,000002614
Земля	8,31659	29,78565 _{0,02%}	0,0059305	1,012	1,000005654
Марс	12,67127	24,13072 _{0,43%}	0,0025547	0,107	1,000005977
Юпитер	43,28383	13,05622 _{0,18%}	0,0002189	317,901	1,000960814
Сатурн	79,69541	9,62656 _{0,09%}	0,0000646	95,184	1,001246705
Уран	159,69159	6,80156 _{0,02%}	0,0000161	14,536	1,001290364
Нептун	249,89844	5,43722 _{0,04%}	0,0000065	17,152	1,001341881
Плутон	328,35911	4,74346 _{3,29%}	0,0000038	0,002	1,001341888
X	583,75857	3,55757 _{7,38%}	0,0000012	—	—

Таб. 1. Взаимосогласованные параметры центрально-симметричной гравитационной модели Солнечной системы. m — гравитирующая масса планеты с учётом её спутников; r — радиус круговой орбиты, выраженный в световых минутах, \tilde{M} — гравитирующая масса сферы вписанной в орбиту планеты; M_{\odot} , M_{\oplus} — масса Солнца и Земли, их значения взяты из таб. 3 на стр. 19

⁶Здесь может идти речь о планете **X**, существование которой обосновывается в работе [2]

Видим, что поправки Δv к круговой скорости v , в процентном исчислении, весьма незначительны (таб. 1, третий столбец, курсив), но именно благодаря этим малым поправкам центрально-симметричная гравитационная модель Солнечной системы, в виде последовательности вложенных сфер, сохранила физическую взаимосогласованность по массам планет.

На рис. 2 приведено распределение плотностей вложенных сфер по мере роста их радиуса, то есть удаления соответствующих планет от доминирующего центра притяжения — Солнца. Анализ зависимости плот-

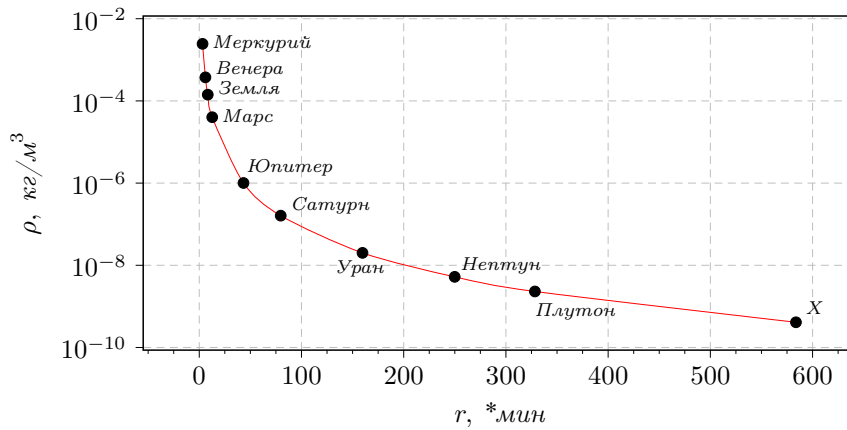


Рис. 2. Распределение плотностей $\rho(r, v)$ последовательности вложенных сфер, вписанных в соответствующие круговые орбиты планет. По оси ординат логарифмический масштаб. Расстояние r представлено в световых минутах.

ности сфер ρ от радиуса r показал, что она хорошо описывается степенной функцией с корреляцией почти равной 1.

$$\rho(r) = ar^{-3\beta} + \rho_0, \quad \beta = 0,999999789^* \quad (11)$$

где

$$\begin{aligned} a &= 4,7471194762 \cdot 10^{29} \quad [\text{кг}/\text{м}^{3(1-\beta)}], \\ \rho_0 &= 7,6646813633 \cdot 10^{-11} \quad [\text{кг}/\text{м}^3]. \end{aligned} \quad (12)$$

Итак, изменение плотности гравитирующих сфер, удерживающих планеты Солнечной системы на круговых орбитах с постоянными орбитальными скоростями, подчиняется степенному закону с показателем -3β .

*) Близость безразмерного коэффициента β к 1, это не вычислительная ошибка. Недостижимость $\lim_{t \rightarrow \infty} \beta(t) = 1$ определена существующими физическими процессами в окружающей нас Вселенной. Подробнее об этом будет изложено в параграфе 3 на стр. 12

На рис. 2 хорошо видно, что любое известное или пока ещё не обнаруженное материальное тело, например, планета **X**, её скорость и радиус орбиты, должны не противоречить степенному закону распределения плотностей последовательности вложенных гравитирующих сфер. То есть, по формуле (11), для предполагаемого осреднённого радиуса круговой орбиты планеты **X**, находим гравитирующую массу сферы, вписанной в эту орбиту, а затем определяем её круговую скорость и соответствующий период обращения вокруг Солнца.

Галактики. Убедившись в результативности, рассмотренного выше, метода последовательности вложенных сфер, применим этот подход к спиральным галактикам, используя их «кривые вращения», полученные по результатам измерений доплеровского смещения спектральных линий звёзд. Рассмотрим распределение орбитальных скоростей для звёзд следующих галактик: NGC6503, NGC3198, NGC2403 [3]; NGC598(M33) [4]; NGC7331, Млечный путь [5].

Делаем допущение, что наблюдаемые звёзды, в каждой из галактик, движутся по круговым орбитам вокруг доминирующих центров притяжения с постоянными скоростями в плоскостях вращения галактик. На рис. 3 приведены в одном масштабе «кривые вращения» галактик с характерным «плато». Эти скорости получены по результатам измерения

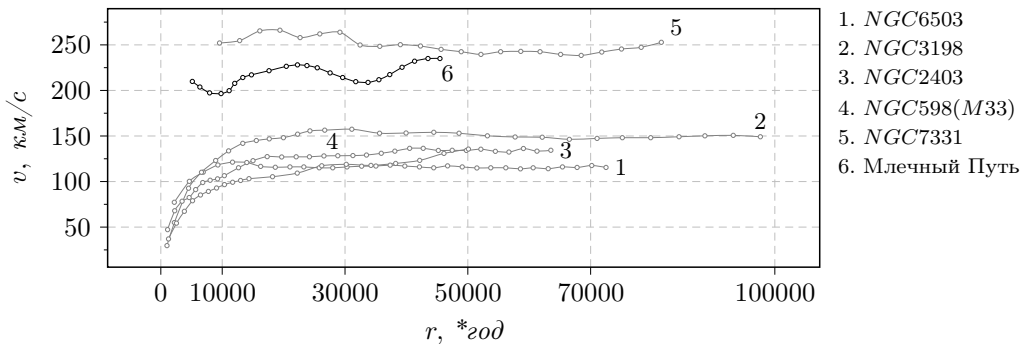


Рис. 3. «Кривые вращения» галактик.

доплеровского смещения спектральных линий звёзд, лежащих преимущественно в плоскости вращения галактик.

Подставляя данные о радиальном распределении орбитальных скоростей (рис. 3) в выражения (4) и (5), строим, для последовательности вложенных сфер, графики распределения гравитирующих масс (рис. 4) и плотностей (рис. 5). Вид этих графиков позволяет предположить о наличии взаимной соразмерности кинематических и физических параметров галактик, а также и о схожести их эволюционных процессов.

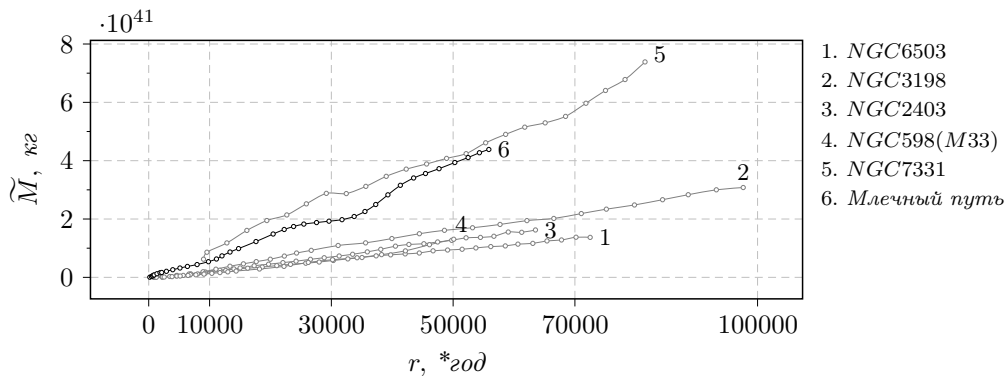


Рис. 4. Рост гравитирующей массы \tilde{M} сферы по мере увеличения её радиуса охвата материального вещества галактик.

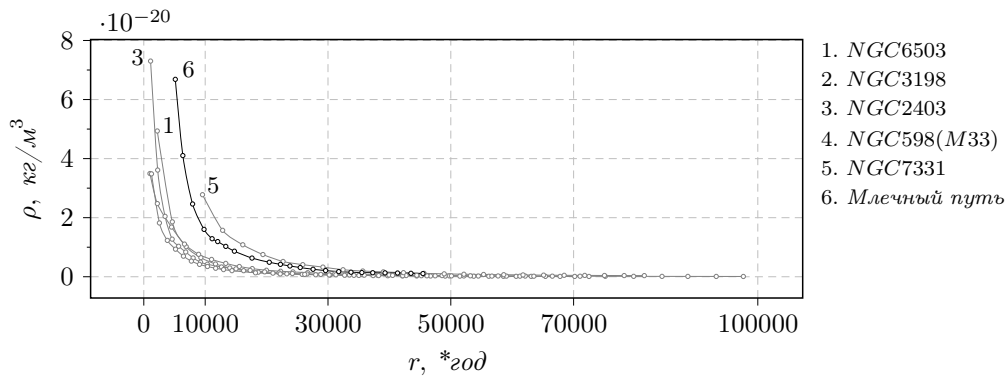


Рис. 5. Распределение плотностей последовательности вложенных сфер.

По скорости самой удалённой звезды мы можем дать количественную оценку гравитирующей массы материального вещества галактики, вычислить её массу. Поэтому, теоретически, дать оценку массе галактики не составляет трудности, просто надо найти, принадлежащую галактике, самую удалённую от её центра притяжения звезду и провести доплеровские измерения, но здесь и появляются, технические трудности, а именно, чем дальше звезда, тем меньше её угловая и соответственно лучевая скорость, что отражается в практически неразличимом смещении спектральных линий звезды.

Важной особенностью ниспадающих участков на графиках последовательности плотностей сфер, представленных на рис. 5, является хорошая аппроксимация точек степенной функцией. Параметры степенной функции (11), аппроксимирующей ниспадающие участки графиков плотностей сфер, приведены в таб. 2. Результаты, включая данные и по Солнечной системе, расположены в порядке роста безразмерного коэф-

фициента β . Прослеживается закономерность, позволяющая предположить, что с ростом параметра β интенсивность процесса гравитационного уплотнения уменьшается, гравитирующая масса сосредотачивается около доминирующего центра притяжения.

	β	a	$\rho_0, \text{ кг/м}^3$	корреляция
NGC598 (M33)	0,5557725	$7,4682219 \cdot 10^{12}$	$1,9966367 \cdot 10^{-23}$	0,99973
NGC2403	0,6658555	$5,0648252 \cdot 10^{19}$	$3,4107570 \cdot 10^{-23}$	0,99969
NGC3198	0,7029228	$1,4582120 \cdot 10^{22}$	$4,6049746 \cdot 10^{-25}$	0,99972
NGC6503	0,7263460	$2,0268896 \cdot 10^{23}$	$3,3736620 \cdot 10^{-23}$	0,99976
NGC7331	0,7282799	$1,3999389 \cdot 10^{24}$	$2,0675915 \cdot 10^{-23}$	0,99938
Млечный путь	0,7640299	$8,5863233 \cdot 10^{25}$	$1,2554146 \cdot 10^{-21}$	0,99996
Солнечная система	0,9999997	$4,7471194 \cdot 10^{29}$	$7,6646813 \cdot 10^{-11}$	1,00000

Таб. 2. Параметры степенной зависимости (11), которая аппроксимирует ниспадающий участок графиков плотностей последовательности вложенных сфер.

Полученные величины плотностей фоновой среды ρ_0 (таб. 2) не противоречат, существующим в настоящее время, оценками плотности межзвёздного пространства и межпланетного вещества в Солнечной системе.

Замечание. Это касается сопоставления двух радиальных распределений плотностей и их возможной взаимозаменяемостью. Речь идёт о выражениях для плотностей, определяемых формулами (5) и (8). На рис. 6, на примере галактики NGC3198, представлены три графика: «кривая вращения» галактики, распределение плотностей шаровых слоёв и распределение плотностей последовательности вложенных сфер. Из графиков на рис. 6 видно, что мы вполне можем заменить фактическое распределение плотностей шаровых слоёв более сглаженным распределением плотностей последовательности вложенных сфер, без утраты физического смысла. То есть последовательность вложенных сфер мы можем заменить одной сферой с радиальным распределением плотности (5). Полученная сфера, с нелинейным радиальным распределением плотности, полностью, соответствует через пробную массу, в гравитационном смысле, реальной галактике, так как пробная масса (звезда), расположенная на заданном расстоянии от центра притяжения, будет двигаться с орбитальной скоростью, которая соответствует наблюдательным данным.

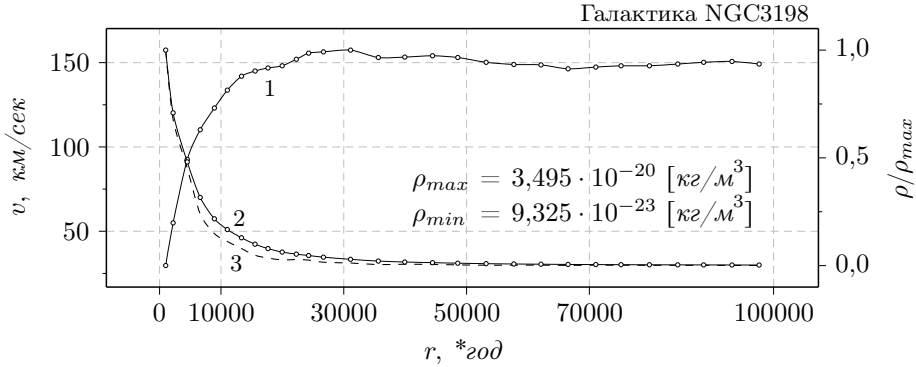


Рис. 6. Сравнение распределения плотностей последовательности вложенных сфер и шаровых слоёв для галактики NGC3198. 1 - «кривая вращения» галактики; 2 - распределение плотностей последовательности вложенных сфер, формула (5); 3 - распределение плотностей последовательности шаровых слоёв, формула (8).

3. Эволюция гравитирующих систем

Выявленный выше, степенной характер распределения плотностей последовательности вложенных сфер для Солнечной системы (рис. 2) и семейства галактик (рис. 5) даёт основания для обобщения и формулировки эмпирической закономерности, которая определяет единую функциональную связь между радиусом сферы r , вписанной в круговую орбиту пробной массы (звезды), и плотностью этой сферы ρ

$$\boxed{\rho(r, \beta) = ar^{-3\beta} + \rho_0}, \quad r > 0, \quad 0 < \beta < 1, \quad \rho_0 > 0. \quad (13)$$

Здесь β — безразмерный коэффициент, характеризующий фазу эволюции системы гравитирующих тел, который можно трактовать, например, как отношение текущего времени к общему времени существования исследуемой системы; ρ_0 — плотность среды в которой находится гравитирующая система. Согласующий размерность множитель a в (13) определяется из краевого условия

$$\rho(r, \beta) \Big|_{r=r_{max}} = \rho_{min}. \quad (14)$$

Условие (14) верно для любых значений $0 < \beta < 1$ и может рассматриваться как закон постоянства гравитирующей массы в ходе эволюции гравитирующей системы. Как бы не происходил процесс перераспределения гравитирующего вещества в системе, относительно доминирующего центра притяжения, общая гравитирующая масса будет неизменной на всех этапах гравитационного уплотнения системы. Всё это так же следует из нашего исходного условия, что гравитирующая система замкнута.

Подставляя (14) в (13), получаем выражение для коэффициента a

$$a = (\rho_{min} - \rho_0) r_{max}^{3\beta}, \quad \rho_{min} > \rho_0 > 0, \quad (15)$$

где ρ_{min} — плотность вещества охватываемого сферой, вписанной в орбиту, наиболее удалённого наблюдаемого объекта (пробной массы) рассматриваемой системы, с радиусом орбиты равным r_{max} .

Окончательно, получаем следующее выражение для плотностей последовательности вложенных сфер, вписанных в круговые орбиты пробных масс:

$$\rho(r, \beta) = \begin{cases} \rho(r_{min}, \beta) & , \quad 0 < r \leq r_{min} , \\ \rho(r, \beta) & , \quad r_{min} < r \leq r_{max} . \end{cases} \quad (16)$$

Далее, используя полученный эмпирический закон распределения плотностей, записываем выражение для гравитирующей массы через плотность и выражение круговой скорости через массу:

$$\tilde{M}(r, \beta) = \overbrace{\frac{4}{3}\pi r^3}^{\text{объём}} \rho(r, \beta), \quad v(r, \beta) = \sqrt{\frac{\mathbf{G}\tilde{M}(r, \beta)}{r} \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_{prob}}\right)}, \quad (17)$$

где ρ_{prob} — плотность пробной массы, под которой мы понимаем любое тело движущееся по круговой орбите с радиусом r вокруг центра притяжения со скоростью v . Круговая скорость пробной массы определяется только гравитирующей массой сферы вписанной в его орбиту.

Выбрав несколько последовательно возрастающих значений безразмерного параметра β в диапазоне от 0 до 1, используя формулы (16) и (17), мы строим для каждого фиксированного β по три графика: распределение плотности $\rho(r)$, гравитирующей массы $\tilde{M}(r)$ и орбитальной скорости $v(r)$. Полученное семейство графиков представлено на рис. 7.

Анализ графиков на рис. 7 иллюстрирует однонаправленный процесс гравитационного уплотнения системы при сохранении общей гравитирующей массы. Речь идёт о перераспределении плотности внутри системы. Этот процесс характеризуется безразмерным параметром β из выражения (13). Задавая эмпирический характер распределения плотностей вписанных сфер и привлекая классический закон о гравитационном взаимодействии двух точечных масс в виде (17), мы получили структурированную последовательность «кривых вращения» (распределение орбитальных скоростей). Например, $\beta = 0,67$ соответствует распределению орбитальных скоростей с участком в виде плато, что характерно для спиральных галактик, а $\beta = 0,98$ соответствует распределению скоростей в Солнечной системе.

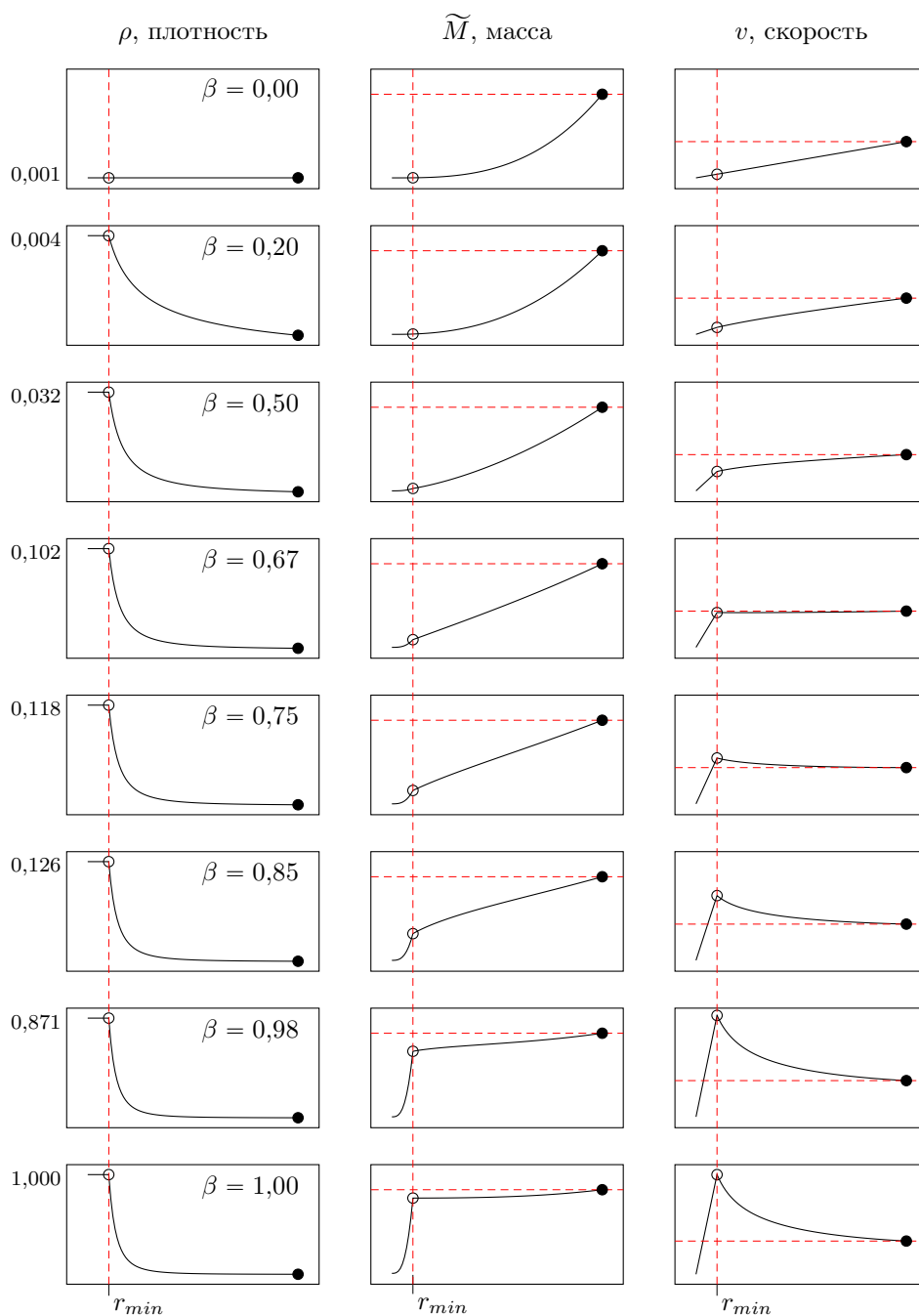


Рис. 7. ρ — плотности последовательности вложенных сфер, вписанных в круговые орбиты пробных масс; v — орбитальная скорость пробной массы тела; \tilde{M} — совокупная гравитирующая масса. Чёрными точками отмечены неизменные, в течении всей эволюции системы, значения плотности, массы и скорости на удалении r_{max} от центра притяжения.

Таким образом, безразмерный параметр степенной функции β характеризует текущее соотношение плотностей последовательности вложенных сфер для замкнутой системы гравитирующих тел, что, в свою очередь, определяет вид «кривой вращения».

Следует отметить, что границы диапазона $\beta = 0$ и $\beta = 1$ являются особыми точками, так как соответствуют сугубо теоретическим реализациям физических систем. Так параметр $\beta = 0$ соответствует начальной стадии эволюции — неподвижное газопылевое облако, компоненты которого затем, вследствие внутреннего гравитационного взаимодействия, приобретают упорядоченное вращательное движение вокруг доминирующего центра притяжения. Предельным, но не достижимым, будет состояние полного завершения процесса гравитационного уплотнения, то есть когда вся гравитирующая масса сосредоточится в конечном объёме при полном отсутствии материального вещества вне его и эта фаза соответствует $\beta = 1$.

Фактически, параметр β , это безразмерный временной параметр, характеризующий текущее состояние естественного гравитационного уплотнения замкнутой гравитирующей системы. Время «жизни» каждой замкнутой гравитирующей системы различно и зависит от многообразия начальных условий распределения материи, её характеристик, а так же, но в меньшей степени, от сопутствующих внутренних процессов не гравитационной природы. Единственное, что является общим для всех замкнутых гравитирующих систем, это характер гравитационного уплотнения, описываемый степенной функцией (13).

«Тёмная материя». Рубин В. (Rubin, V. C.) по результатам систематических наблюдений за 21-ой спиральной галактикой [6], опираясь на эмпирическую методику оценки гравитирующей массы по светимости звёзд делает вывод, что для обеспечения характерного радиального распределения круговой скорости с участком в виде плато, не хватает, инструментально наблюдаемой, материальной гравитирующей массы. Наличие плато на «кривой вращения» не вписывалось в рамки очевидных ожиданий исследователей. Предполагалось, что зависимость будет похожей на распределение орбитальных скоростей в Солнечной системе — орбитальная скорость планет убывает по мере удаления от Солнца. Поэтому, в дополнение к материи, в её классическом понимании, была введена гипотетическая невидимая материя под названием «тёмная материя» с очень расплывчатой формулировкой её физических свойств.

Так, на рис. 8, из работы Yang Y. и Yeung W. B. [3], представлен характерный график, демонстрирующий качественное несоответствие меж-

ду наблюдаемыми величинами линейных скоростей звёзд спиральной галактики и теоретическим расчётом в рамках классической механики при условии, что основная гравитирующая масса галактики сосредоточена в центре притяжения.

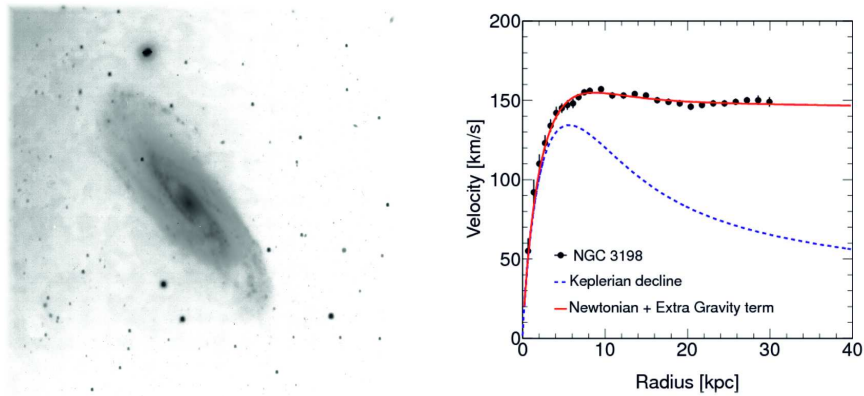


Рис. 8. Характерное распределение, наблюдаемых и вычисленных, линейных скоростей звёзд по мере их удаления от центра для галактики NGC3198 [3].

Вся необычность «кривых вращений» галактик (рис. 3), а именно присутствие участков с плато, пропадает если построить семейство распределения угловых скоростей вращения звёзд (рис. 9) вокруг соответствующих доминирующих центров притяжений галактик. На этих гра-

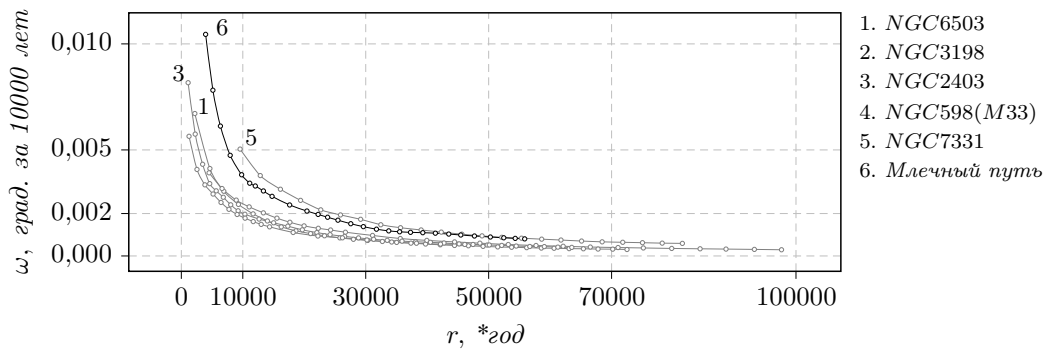


Рис. 9. Угловые скорости вращения звёзд вокруг центров притяжения галактик.

фиках нет ничего особенного, угловые скорости убывают к периферии гравитирующей системы и характер этого убывания соответствует Солнечной системе, то есть всё в рамках классической механики. Отсюда и надо исходить. Всё, что находится в сфере, вписанной в орбиту звезды, в том числе инструментально невидимое на настоящий момент времени,

материально и обладает гравитирующей массой, которая и определяет орбитальную скорость звезды.

Причина появления плато на «кривой вращения» галактики объясняется только текущим распределением материального вещества в галактике вследствие его гравитационного уплотнения. Плато на «кривой вращения», это просто отражение текущего распределения гравитирующего вещества в системе, что соответствует определённому этапу гравитационного уплотнения материи, материи в классическом понимании. Пример Солнечной системы однозначно показал, что нет необходимости в дополнительной гравитирующей массе с мистическими свойствами.

На основании выявленной эмпирической зависимости (13), верной, как для Солнечной системы, так и для галактик, можно сделать однозначный вывод о том, что гипотетической «тёмной материи», как гравитирующей субстанции физически, не существует.

4. Выводы

Эволюция гравитирующей системы. Метод *последовательности вложенных сфер* позволил, для реальных гравитирующих систем, выявить эмпирический закон, описывающий нестационарный процесс гравитационного уплотнения. Построена нелинейная математическая модель процесса распределения плотности вещества в замкнутой гравитирующей системе. Основываясь на доплеровских измерениях скоростей звёзд, по «кривой вращения» галактики, мы можем построить распределение плотности гравитирующей материи и вычислить соответствующий эволюционный параметр β . Безразмерный параметр β позволяет оценить относительный возраст системы и сравнить её с другими системами. Гравитирующие системы эволюционируют от первичного состояния — неких пылегазовых образований с начальным распределением плотности до некоторого заключительного этапа, когда, практически, всё материальное вещество системы концентрируется в области доминирующего центра притяжения системы. Фактически, полученный эмпирический закон, естественного гравитационного уплотнения системы, является неким вариантом решения задачи о гравитационном взаимодействии n тел.

Универсальность гравитационного взаимодействия. Использование степенной функции для описания ниспадающего участка распределения плотностей вложенных сфер применительно к Солнечной системе и спиральным галактикам, позволяет говорить об универсальности за-

кона Всемирного тяготения, в классической интерпретации, в границах инструментально наблюдаемой Вселенной.

Плотность вакуума. Описание степенной функцией ниспадающей части распределения плотностей последовательности вложенных сфер позволило дать количественную оценку плотности вакуума — межпланетарной, межзвёздной, межгалактической среды, в которой находится исследуемая система гравитирующих тел. Полученные результаты не противоречат, известным в настоящее время, количественным оценкам плотности различных областей Вселенной.

«Тёмная материя». В ходе анализа «кривых вращения» галактик, принадлежащих к инструментально видимой нами Вселенной, однозначно показана достаточность присутствия только гравитирующей массы, данной нам в ощущении через физический эксперимент.

Плато, «горизонтальный участок» на кривой распределения орбитальных скоростей звёзд, это всего лишь следствие текущего, на момент наблюдения, распределения плотности вещества в эволюционирующей галактике. Привлечение к интерпретации «загадочного» радиального распределения орбитальных скоростей звёзд в галактиках, такой сущности, как «тёмная материя», следует отнести к тем казусам, которые к сожалению иногда имеют место в науке⁷ и всегда уводят в сторону от истины.

Подводя итог, можно рекомендовать следующее:

*Входя в незнакомую комнату и обнаружив лишь темноту,
не следует спешить с новыми сущностями —
просто зажгите свет.*

Здесь, под словосочетанием «зажгите свет» мы понимаем совершенствование техники физического эксперимента и работу над новыми физическими принципами и подходами к регистрации эффекта Доплера.

⁷Так получилось, что астрономы при интерпретации наблюдаемых изменений во времени высоты полярной звезды оставили без внимания то, что регистрация широтных вариаций звезды происходит во вращающейся системе координат с периодом в одни сутки Земли [7]. В теоретической физике было постулировано равенство масс инертной и гравитирующей, но со временем выяснилось, что это справедливо лишь для материальной среды с нулевой плотностью, но подобной среды, в окружающей нас Вселенной, не существует [1].

Солнечная система. Характеристики планет

планеты	перицентр		апоцентр		масса	радиус
	r_p , *мин	v_p , км/сек	r_a , *мин	v_a , км/сек		
☿ – Меркурий	2,55732	58,98	3,88157	38,86	0,05526	0,38293
♀ – Венера	5,97524	35,26	6,05641	34,79	0,81498	0,94989
⊕ – Земля	8,17732	30,29	8,45584	29,29	1,00000	1,00000
♂ – Марс	11,48683	26,50	13,85569	21,97	0,10744	0,53202
♃ – Юпитер	41,16848	13,72	45,39918	12,44	317,83477	10,97331
♄ – Сатурн	75,19368	10,18	84,19713	9,09	95,16123	9,14016
♅ – Уран	152,39987	7,11	166,98329	6,49	14,53571	3,98085
♆ – Нептун	247,08482	5,50	252,71205	5,37	17,14831	3,86469
♇ – Плутон	246,66064	6,10	410,05756	3,71	0,00218	0,18631
– X	583,73716	3,84	583,77997	3,84	10,00000	

Таб. 3. Параметры планет Солнечной системы⁸. Используемые константы: $m_{\oplus} = 5,9726 \cdot 10^{24}$ кг – масса Земли; $r_{\oplus} = 6371$ км – средний радиус Земли; *мин – световая минута, расстояние выраженное в единицах времени. Свет за 1 минуту проходит расстояние равное 17987547,4 км

⁸Физические параметры планет взяты из материалов NASA (<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/planetfact.html>).

Список литературы

- [1] *Kiryan, D. G.* On the Gravitational Mass / D. G. Kiryan, G. V. Kiryan // *viXra e-prints (1306.0206v3)*. — 2013. — July. — <http://vixra.org/abs/1306.0206>.
- [2] *Batygin, Konstantin.* Evidence for a distant giant planet in the solar system / Konstantin Batygin, Michael E. Brown // *The Astronomical Journal*. — 2016. — Vol. 151, no. 2. — P. 22. — <http://stacks.iop.org/1538-3881/151/i=2/a=22>.
- [3] *Yang, Y.* A new approach to the yang-mills gauge theory of gravity and its applications / Y. Yang, W. B. Yeung // *ArXiv e-prints*. — 2013. — December.
- [4] *Corbelli, E.* The extended rotation curve and the dark matter halo of M33 / E. Corbelli, P. Salucci // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. — 2000. — january. — Vol. 311, no. 2. — Pp. 441–447. — <http://mnras.oxfordjournals.org/cgi/content/long/311/2/441>.
- [5] *Marr, J. H.* Galaxy rotation curves with lognormal density distribution / J. H. Marr // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. — 2015. — mar. — Vol. 448, no. 4. — Pp. 3229–3241. — <http://mnras.oxfordjournals.org/content/448/4/3229.abstract>.
- [6] *Rubin, V. C.* Rotational properties of 21 SC galaxies with a large range of luminosities and radii, from NGC 4605 /R = 4kpc/ to UGC 2885 /R = 122 kpc/ / V. C. Rubin, W. K. J. Ford, N. . Thonnard // *The Astrophysical Journal*. — 1980. — Vol. 238. — Pp. 471–487.
- [7] *Kiryan, D. G.* Moon’s perigee mass as a missing component of the Earth’s precession-nutation theory / D. G. Kiryan, G. V. Kiryan // *ArXiv e-prints (1109.4969v6)*. — 2013. — June.