

Темная материя Млечного Пути

Путенихин П.В.
m55@mail.ru

Аннотация

Принято считать, что кривая вращения звёзд Млечного Пути под влиянием темной материи имеет вид, отличающийся от кеплеровской кривой. Однако, гипотеза о темной материи не устраняет противоречий самих кривых вращения. С измеренной для Млечного пути кривой вращения галактика не может иметь наблюдаемого вида. На флэш-анимациях показан вид галактики на различных этапах её развития.

Если взять за основу имеющиеся данные о вращении галактики Млечный Путь, то прямым сопоставлением этих данных можно обнаружить довольно странное обстоятельство. С такой кривой вращения галактика в прошлом – всего два периода назад, около 600 млн. лет – должна была быть плотно «закручена» в обратную сторону. Напротив, в недалёком будущем, в течение следующих нескольких оборотов она также должна фактически полностью лишиться рукавов, которые равномерно рассеются, размажутся по её диску. Учитывая, что возраст галактики предполагается порядка десятка миллиардов лет, её прошлое выглядит ещё более загадочно – возникновение рукавов невозможно объяснить из-за чисто кинематических противоречий. Можно предположить, что измеренная кривая вращения нестабильна и отражает лишь нынешнее состояние галактики, что в не очень далёком прошлом эта кривая вращения существенно отличалась от нынешней.

В последние годы наблюдаемый вид кривых вращения звёзд Млечного Пути, отличающийся от кеплеровских, принято объяснять влиянием темной материи. Впервые несоответствие скоростей движения галактик ньютоновой механике исследовал в 1933 году Фриц Цвики, наблюдавший движение галактик в скоплении Кома. Он заметил, что для движения галактик с измеренными скоростями общей массы скопления недостаточно. За недостающей массой, в несколько раз превышающей массу скопления, закрепилось название «темная материя». Позднее, в 1980 году это же явление в масштабах галактик подробно исследовала астроном Вера Рубин. В галактиках так же не доставало общей массы, чтобы звёзды в них двигались с измеренными скоростями. При вычисленных массах галактик и измеренных скоростях звёзд в этих галактиках звёзды не могли оставаться на наблюдаемых орбитах, они должны были вылететь за пределы галактики. Выяснилось, что независимо от удалённости звёзд от центра галактики, за исключением лишь ближних к нему, их скорости вращения оставались примерно одинаковыми. Эти скорости, описываемые кривыми вращения, заметно отличались от предсказываемых законами Кеплера и общей теорией относительности. Для устранения расхождения наблюдений и вычислений была выдвинута гипотеза о наличии в галактиках (и скоплениях галактик) скрытой, невидимой массы, которую и назвали «темной материей». Эта

материя не излучает, не отражает и не поглощает свет, поэтому визуально не наблюдаема. Но она оказывает на видимое вещество заметное гравитационное влияние. При всей странности этой субстанции, в пользу её существования говорят многие косвенные явления.

Однако, гипотеза о темной материи устраивала не всех. Поэтому предпринимались попытки объяснить явление отклонения кривых вращения от кеплеровских без привлечения этой гипотезы. Например, была разработана модифицированная ньютоновская динамика – МОНД. Но её решения оказались не универсальными – для каждой галактики требовалась своя модификация. Другая теория - анизотропная геометродинамика С.Сипарова – смогла описать некоторые наблюдаемые отклонения от кеплеровского движения, но и она имеет пробелы. Например, высказываются замечания, что она не способна описать движение галактик, состоящих только из темной материи и галактик, не содержащих перемишки.

Таким образом, в научном мире в настоящее время принято считать, что темная материя позволяет наиболее полно привести в соответствие теорию и наблюдения. Поэтому главная задача сейчас – это обнаружение частицы, образующей темную материю. В частности, в качестве таких частиц рассматриваются вимпы – массивные слабо взаимодействующие частицы, для регистрации которых созданы различные подземные измерительные лаборатории.

Тем не менее, гипотеза о темной материи не устраняет противоречий самой своей первопричины – наблюдаемых кривых вращения. Независимо от причин формирования таких кривых, они парадоксальны сами по себе. Например, в некоторых научно-популярных фильмах, в анимациях вращающиеся галактики изображаются как твердое тело. Это означает, что угловые скорости вращения всех входящих в них звёзд равны. Но кривые вращения – это линейные (тангенциальные) скорости. Например, скорости звёзд галактики Млечный путь в среднем составляют примерно 220 км/сек, в то время, как угловая скорость для периферийной её части равна примерно 300 млн. лет на один оборот и 100 млн. лет на один оборот для перемишки и ближайших к ней звёзд. Кроме этого, на динамических, анимированных изображениях галактик направление их вращения показывают как в сторону направления рукавов, так и в обратном направлении. В одном случае рукава галактик должны закручиваться (как бы наматываться на центр галактики), в другом – раскручиваться, распрямляться.

Можно предположить, что наблюдаемые во Вселенной картины галактик являются мгновенными снимками в их истории, которые явно не указывают на их историю и будущее. Измеренные скорости звёзд соответствуют текущему моменту времени и мало что говорят о своих прошлых или будущих значениях. Поэтому говорить о динамике их движения можно лишь с определённой степенью уверенности.

Исходя из этого, следовало бы считать и даже можно утверждать, что с измеренными кривыми вращения галактики (и, видимо, их скопления) не могут двигаться как твердое тело. Действительно, если скорости звёзд ближайших к центру галактики и удалённых от него равны, то их угловые скорости явно разные, поскольку угловая и тангенциальная скорости связаны

расстоянием от центра вращения. Это означает, что за полный оборот вокруг центра звезды на краю галактики, ближняя к центру должна совершить большее число оборотов! То есть, галактика должна либо закручивать рукава, либо распрямлять их в зависимости от направления вращения, а для твёрдого тела это невозможно.

Для дальнейших выкладок вспомним, что возраст Вселенной, «дата» её возникновения были вычислены по уравнениям общей теории относительности на основании того, что она расширяется. Следовательно, если повернуть время вспять, Вселенная будет сжиматься. А сжимаясь, через какое-то время она обязательно сойдётся в точку. Это время, необходимое для сжатия в точку и было принято за время существования Вселенной.

Такой приём ретроспективного развития, обратного движения во времени – хорошо логически обоснованный приём. Поэтому при рассмотрении вращения галактик вполне естественно рассмотреть их историю по аналогии в такой же ретроспективе. При этом можно ожидать, что рукава спиральной галактики должны распрямиться. Рассмотрим такое ретроспективное вращение галактики Млечный Путь с помощью флэш-анимаций. Посмотрим, наглядно, какой вид имела галактика в различные моменты времени её существования.

Для построения анимаций мы должны оговорить используемые неизбежные допущения и начальные условия. В качестве главного и, по сути, единственного, крайне важного допущения принимаем, что параметры вращения (движения) галактики Млечный Путь были неизменными, по крайней мере, на протяжении двух оборотов её спиральной структуры, то есть порядка 700 млн. лет. Соответственно, это означает признание законов Ньютона, Кеплера и общей теории относительности. Наличие или отсутствие темной материи как причины в данном случае не рассматривается, поскольку нас интересуют именно визуальные проявления вызванных темной материей кинематических характеристик движения звёзд.

За начальные условия принимаем общепринятые значения кинематических величин вращения галактики. Они широко представлены в интернете. И, хотя по разным источникам они имеют несколько отличающиеся значения, эти различия в целом мало влияют на итоговый результат, на флэш-анимацию.

Очевидно, что главным параметром наших начальных условий является кривая вращения звёзд галактики Млечный Путь. График скоростей возьмем из одной из авторитетных статей, размещённых в интернете ([ССЫЛКА](#)):

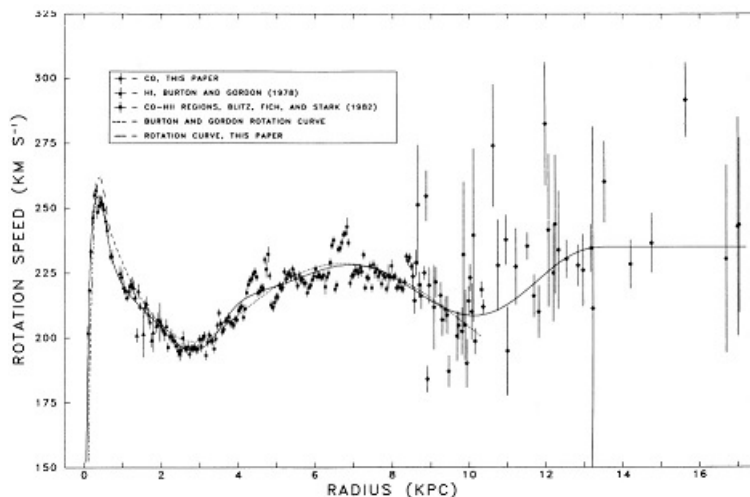


Рис.1 Кривые скоростей вращения звёзд галактики Млечный Путь.

Из графика видно, что скорости звёзд на периферии галактики изменяются в пределах 200-250 км/сек. Радиусы звёзд на графике представлены в килопарсеках, а периоды обращения указываются в миллионах лет, то есть пропорции несколько «разносортные». Пересчитаем скорости звёзд в соответствующие единицы – парсеки за 1 млн. лет. Несложные расчеты показывают, что с точностью 2% скорость в км/сек в точности равна скорости в парсеках за 1 миллион лет, то есть, шкалы (оси) кривой скорости имеет в точности такой же вид.

Изобразить на флэш-анимации галактику Млечный Путь с высокой детализацией нет особой необходимости. Нас будет интересовать качественный вид движения групп звёзд в рукавах галактики. Движение каждой звезды в отдельности не представляет интереса. Поэтому звёзды в галактике мы изобразим укрупненно, как они сгруппированы в рукава. Такой способ изображения галактики не редкость. В интернете можно найти, например, такое изображение:

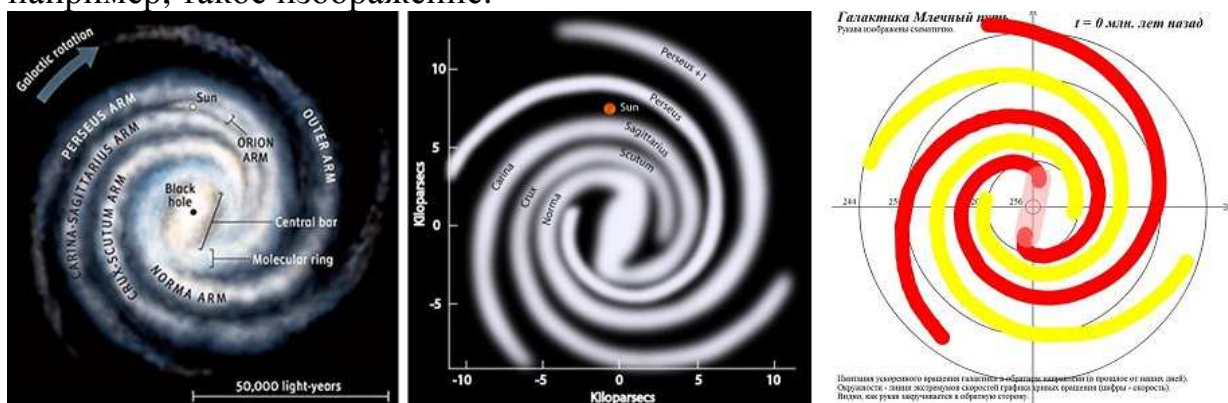


Рис.2 Изображение (слева и в центре) галактики Млечный Путь в виде укрупненных структур – скоплений звёзд галактики в 4 рукава и перемычку – балдж. Справа - схематичное изображение рукавов и перемычки галактики Млечный Путь, построенное по таблице оцифровки изображения галактики в центре.

Воспользуемся и мы таким способом изображения галактики на наших флэш-анимациях. Первый кадр анимации показан на этом же рисунке справа, он показывает как выглядит галактики Млечный Путь в наши дни. Для удобства рукава раскрашены: красным – Norma-Perseus+1 и Sagittarius-Carina, желтым – Scutum-CruX и Perseus. На анимации в правом верхнем углу

будет показано время от настоящего момента. Элементы галактики – рукава и перемычка – изображены схематично с соблюдением насколько возможно масштабов. Четырьмя окружностями отмечены дистанции от центра галактики, на которых кривая вращения имеет локальные экстремумы (два минимума и два максимума). Значения скоростей указаны рядом с ними.

Установим длительность движения галактики на флэш-анимации в 350-700 млн. лет, то есть 1-2 оборота внешних звёзд. Шаг кадров на анимации принят в 1 млн. лет. Для удобства использования составим таблицу скоростей в зависимости от удалённости, оцифруем кривую вращения рис.1, то есть переведём графические данные в табличные. Точно также оцифруем и элементы (рукава) галактики, изображенной на рис.2 в центре, создав по изображению табличные функции.

Теперь, имея оцифрованные данные элементов галактики и скоростей, мы можем на анимации привести галактику во вращение. Алгоритм вращения (анимации) предельно прост. Каждый элемент рукавов движется по окружности со скоростью, соответствующей его удалённости от центра. В результате расчетов мы получаем анимацию как серию последовательных состояний галактики:

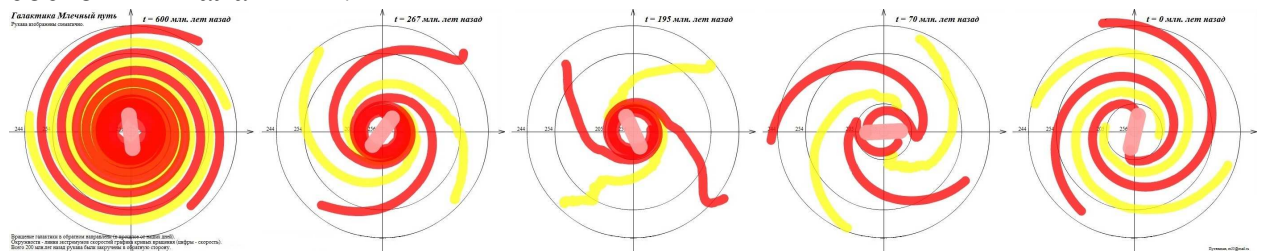


Рис.3 Вращение галактики Млечный Путь на 600 млн. лет назад

Анимированное вращение галактики можно увидеть в виде gif-файла:

URL: http://samlib.ru/img/p/putenihin_p_w/mw_037/mw_037-2.gif

или флэш-анимации:

URL: <http://www.sciteclibrary.ru/ris-stat/6542/image003.swf>

В различных научно-популярных фильмах вращение спиральных галактик показывается как вращение твёрдого тела и в разных направлениях. Очевидно, однако, что галактика Млечный Путь вращается по часовой стрелке не как твёрдое тело, а разные скорости движения звёзд и скоплений приводит к тому, что рукава со временем закручиваются всё больше. Из этого следует, что в прошлом рукава, видимо, были закручены меньше. На следующих кадрах анимации это хорошо видно:

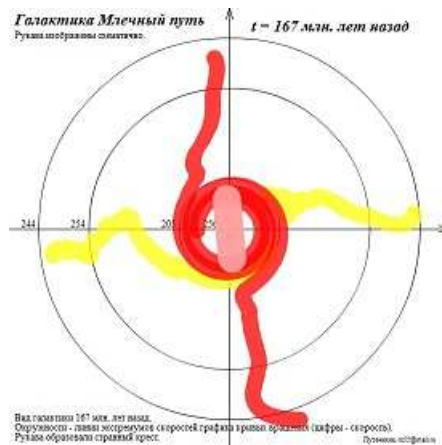


Рис.4 Вид галактики Млечный Путь 167 млн. лет назад – кадр из анимации

Этот кадр анимации соответствует повороту галактики в прошлое на 167 млн. лет. Картина, как обнаружилось, получилась довольно странная. Видно, что рукава при обратном вращении галактики в определенной степени распрямились и уже начали закручиваться в обратную сторону. Если принять во внимание все четыре рукава, то они образуют своеобразный крест. Заметим, что эта картина соответствует состоянию рукавов галактики Млечный Путь всего половину оборота назад.

Продолжив вращение в прошлое, мы увидим, как примерно 600 млн. лет назад рукава полностью меняют направление закрутки:

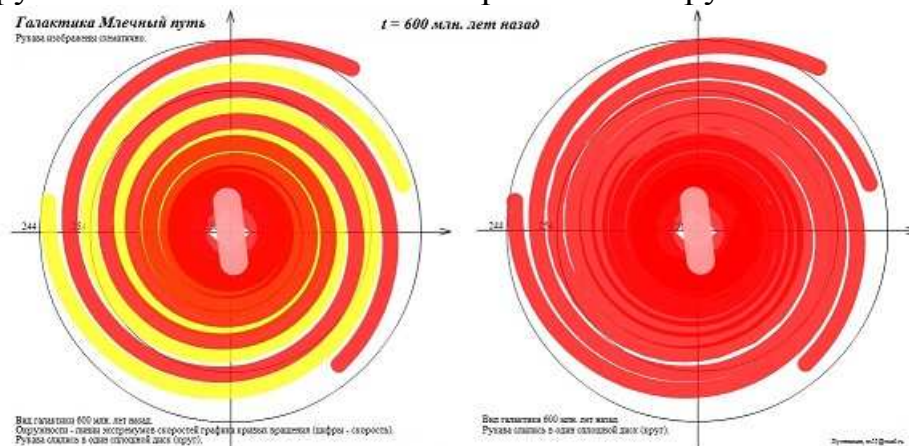


Рис.5 Вид галактики Млечный Путь 600 млн. лет назад. Справа для наглядности рукава изображены одним цветом - галактика выглядит как сплошной диск.

На рисунке можно заметить одну странную особенность. Время в 600 млн. лет – это время всего лишь двух оборотов галактики. Получается, что всего два оборота назад при стабильности скоростей звёзд согласно имеющимся данным о кривой вращения галактика была просто невероятно сильно «выкручена» в обратном направлении. Такая картина, видимо, должна вызывать недоверие. Крайне трудно допустить, что всего два оборота назад галактика была скручена столь плотно, что в ней невозможно разглядеть рукава. Справа на рисунке рукава окрашены в один цвет – различить их невозможно, галактика выглядит как один сплошной диск. По сути, это означает, что представления о равномерном вращении галактики обоснованы недостаточно. Списание обнаруженных явлений на темную материю лишь добавляет «темноты» к этой картине, наделяя эту материю

ещё более экзотическими свойствами. По какой причине галактика вращается столь странным образом?

На флэш-анимации для наглядности процесс вращения галактики представлен в цикле: сначала галактика раскручивается на 600 млн. лет назад от наших дней, затем вновь закручивается к существующему состоянию.

В закручивании спиралей рукавов заметны некоторые интересные особенности. Рукава будто состоят из двух частей: одна из них, внешняя, закручивается как бы поперёк движению, а другая, ближняя к центру, словно наматывается на барабан. При этом явно виден излом, своеобразный клин между этими двумя частями:



Рис.6 Клинообразный изгиб рукава при вращении галактики Млечный Путь

Рассмотрев различные модели эволюции галактики, мы не можем избежать естественного вопроса: а как будет двигаться, эволюционировать наша галактика в будущем? Ответ на этот вопрос можно легко получить просто запустив таймер на анимации в будущее. Рассмотрим состояние галактики в течение следующего оборота её спиральной структуры. Вот что получилось:

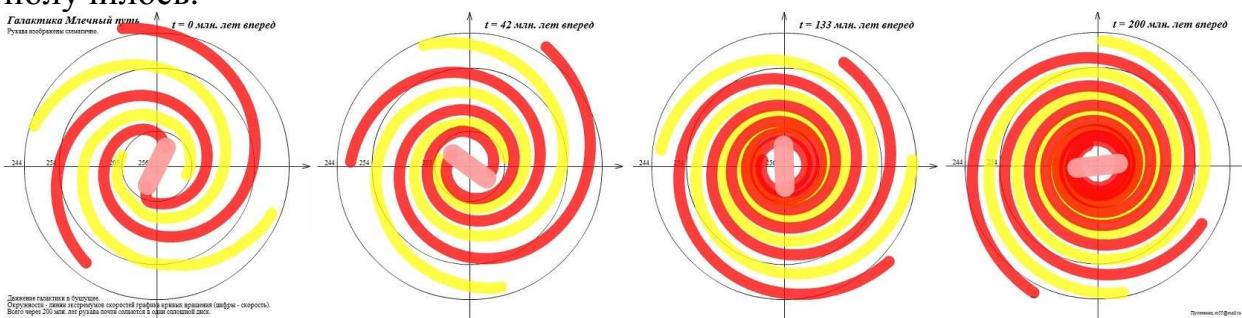


Рис.7 Вид галактики Млечный Путь через 200 млн. лет.

Анимированное вращение галактики можно увидеть в виде gif-файла:

URL: http://samlib.ru/img/p/putenihin_p_w/mw_037/mw_037-6.gif

или флэш-анимации:

URL: <http://www.sciteclibrary.ru/ris-stat/6542/image007.swf>

Полученная картина означает, что всего через 200 млн. лет рукава галактики фактически полностью перекроют друг друга, и галактика уже не будет выглядеть как спиральная. Возможно ли такое в реальности? Неизвестно, произойдёт это или нет, но алгоритм вращения, движения

рукавов галактики явно ведёт к такому исходу. Это, очевидно, плохо согласуется с предполагаемым возрастом галактики – почему много миллиардов лет она развивалась как спиральная, а теперь, всего за какие-то несколько сотен миллионов лет вдруг превратится в простую дисковую галактику?

Таким образом:

если бы звёзды в галактике Млечный Путь двигались согласно измеренной кривой вращения хотя бы на протяжении всего нескольких её циклов вращения, то внешний вид галактики существенно отличался бы от того, что мы видим в настоящее время;

гипотеза о темной материи решает, как считается, проблему кривых вращения, но которые, строго говоря, сформулированы в довольно спорной форме, вызывающей недоверие о самом факте существования таких кривых.