Владимир Яковлев, инженер-физик, 10.05.20

Эти удивительные звёздные вихри

Здесь представлена новая гидродинамическая модель чёрных дыр. Чёрной дырой (ЧД) считается область пространства, которую не может покинуть свет по причине большого гравитационного притяжения. Так как поверхность этой области не пропускает свет, то она должна быть абсолютно чёрного цвета. Удивительное явление!

Рис.1. Вид ЧД с точки зрения художника

Астрофизики пришли к выводу, что в центре каждой галактики находится сверхмассивная ЧД с массой от нескольких миллионов до нескольких миллиардов солнечных масс. И в нашей галактике косвенными методами удалось обнаружить ЧД массой около 4 миллионов солнечных масс. Долгие многолетние наблюдения за движением нескольких звёзд позволили проследить их полные эллиптические траектории, по которым по законам Кеплера и удалось вычислить местонахождение сверхмассивной ЧД и её массу.

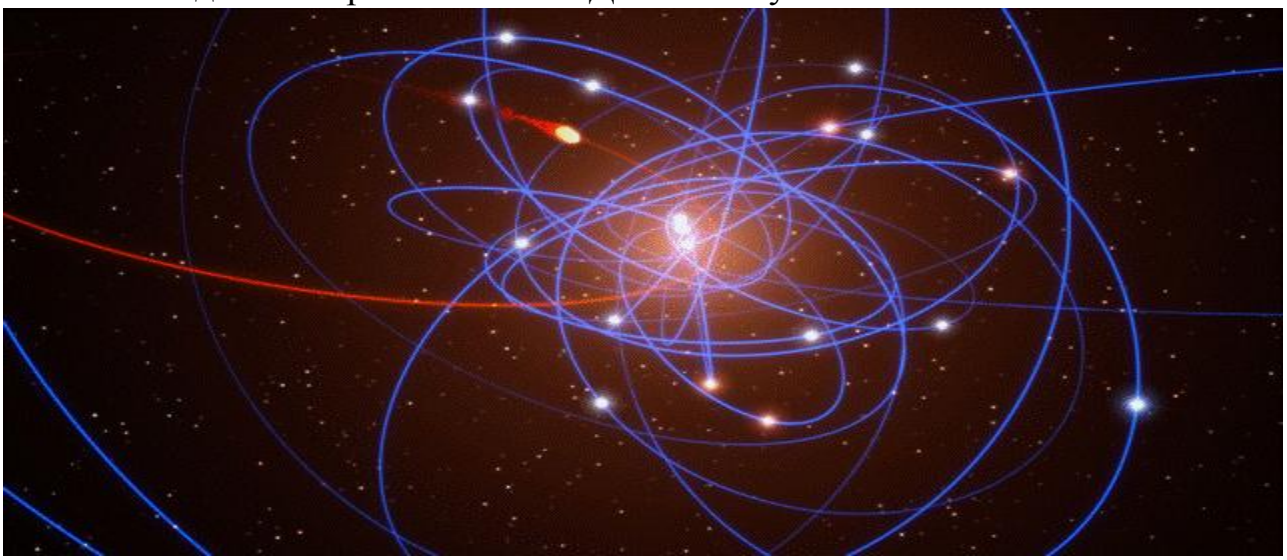

Рис.2. Вид эллиптических траекторий звёзд вокруг невидимой ЧД

Абсолютное большинство галактик (99%) являются пассивными. Активные галактики отличаются тем, что их компактные ядра излучают такое большое количество электромагнитной энергии, что это невозможно объяснить высокой плотностью звезд. Сферическое мощное излучение из активного галактического ядра имеет другое правдоподобное логическое объяснение. Вещество, падающее на свехмассивную черную дыру, движется по спиральной траектории. По закону сохранения момента вращения, при уменьшении расстояния увеличивается линейная скорость движения. В огромном гравитационном поле черной дыры любые соседние слои аккреционного диска должны двигаться с заметно отличающейся скоростью. Поэтому между каждыми соседними слоями должно возникать значительное трение, приводящее к сильному разогреву вещества до очень высоких температур. Диск начинает светить ярче в сотни раз, чем светят все звёзды нашей галактики. Удивительное явление!

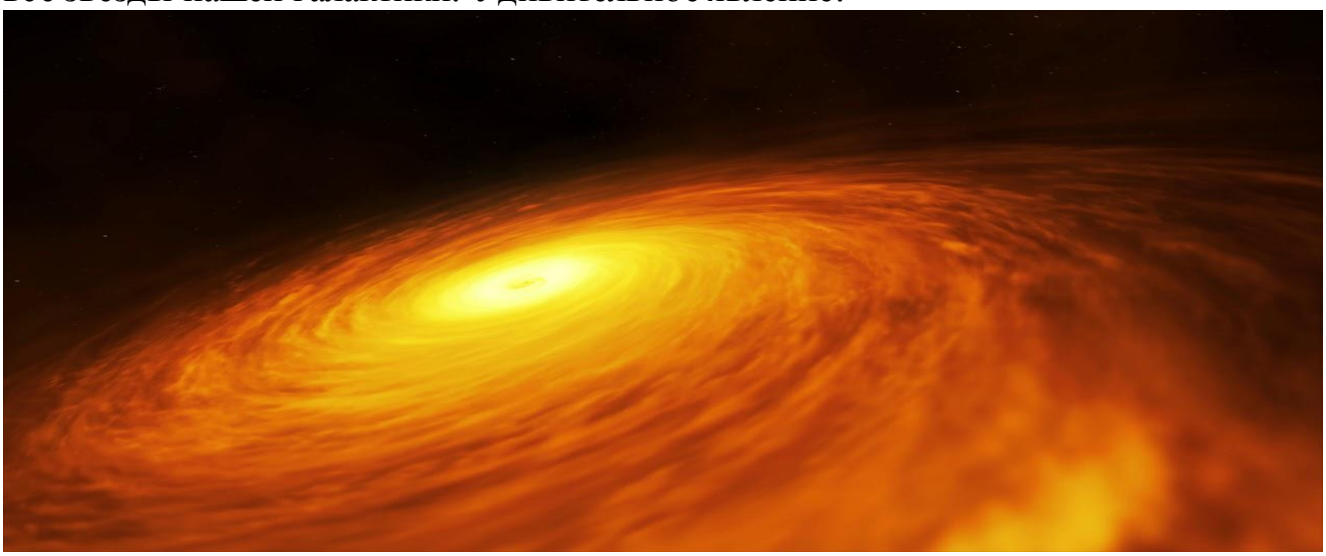

Рис.3. Вид аккреционного диска с точки зрения художника

Активные галактики, ядра которых испускают высокоскоростные плазменные струи (джеты), вызывают особый интерес. Таких галактик немного, всего 10% активных галактик. Вдоль оси вращения аккреционного диска, перпендикулярно ему, из ядра с огромными скоростями бьют мощные струи вращающейся плазмы. Удивительное явление! Длина джетов может простираться до миллиона световых лет и достигать до соседних галактик. Темп звездообразования на краях джетов составляет несколько сотен солнечных масс в год. Это на два порядка выше, чем средний темп звездообразования в пассивных галактиках. То есть, один джет может выбрасывать за один день объём вещества, равный массе нашего Солнца. Удивительное явление! Исследования последних лет показали, что джеты излучают в десять раз ярче, чем предсказывала теория. В активных галактиках с большим аккреционным диском создаётся и особо мощное магнитное поле. Предполагается, что каким-то образом плазма из нижних слоёв плоскости аккреционного диска заворачивается этим магнитным полем в область полюсов оси вращения. Затем магнитное поле каким-то образом фокусирует в узкий пучок эту плазму, разогнанную до околосветовых скоростей в аккреционном диске.

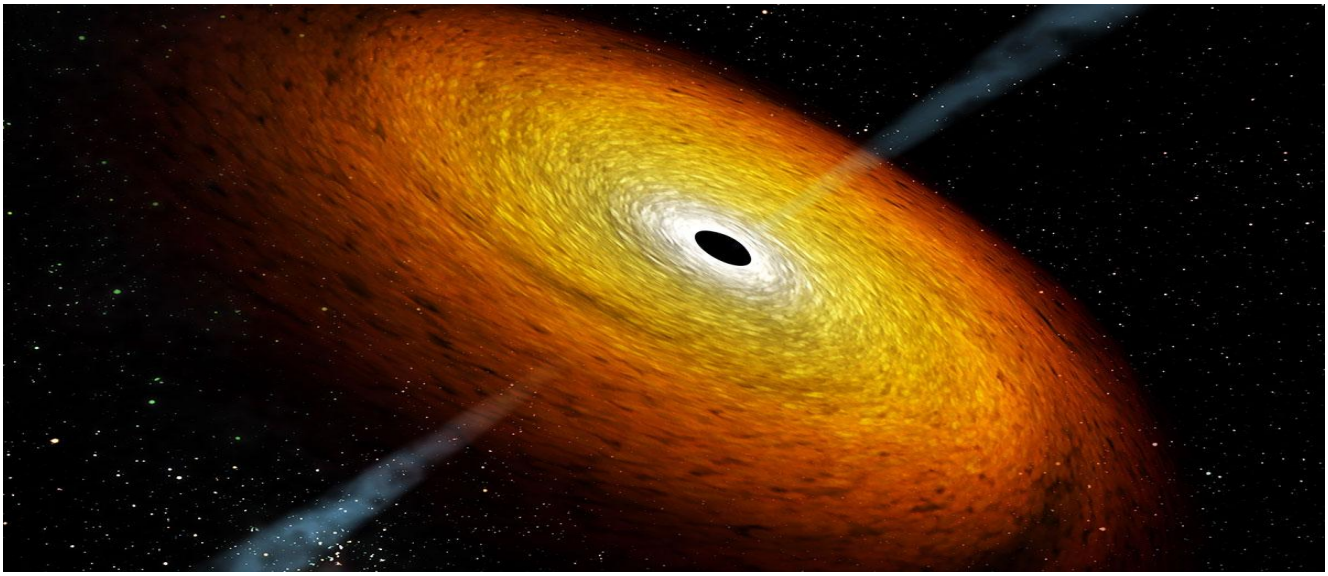

Рис.4. Вид джетов ЧД с точки зрения художника

Пока никому не удалось теоретически построить конфигурацию магнитного поля, способного сформировать джеты. К тому же, выяснилось, что джеты могут формировать молодые звёзды и нейтронные звезды (НЗ). Следовательно, должен существовать единый механизм формирования джетов, одинаково присущий и чёрным дырам и нейтронным звёздам и молодым звёздам. Считается, что существует некая критическая масса компактного космического объекта, выше которой объект является ЧД, а ниже которой объект является нейтронной звездой. Плотность НЗ физически ограничена объёмом нейтрона. Максимальная плотность – это несжимаемая нейтронная жидкость, в которой все нейтроны тесно прижаты друг к другу. В общепринятой модели ЧД предполагается, что максимальная плотность ЧД больше максимальной плотности НЗ. Это необоснованное предположение. Не существует никаких экспериментальных данных о сжимаемости нейтрона. Более правдоподобно предположение об одинаковой максимальной плотности ЧД и НЗ.

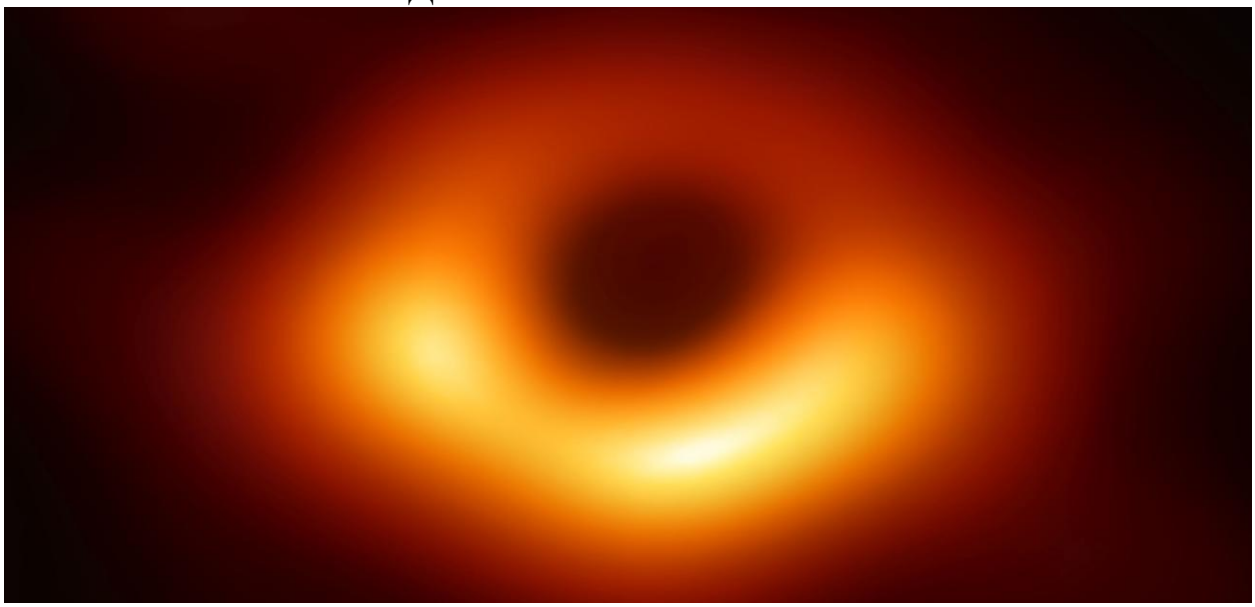

Рис.5. Первое реальное изображение чёрной дыры

Если объект чуть-чуть легче, то это НЗ. Если объект чуть-чуть тяжелее, то это ЧД, которая не выпускает свет наружу. То есть, при примерно одинаковой массе не существует никакой особой разницы в физической структуре этих объектов. Разница лишь в том, что один объект видимый, а другой объект невидимый. Для невращающихся ЧД радиус горизонта событий вычисляется по формуле Шварцшильда. Если предположить, что ядра атомов имеют рыхлую структуру из-за кулоновского отталкивания протонов, то максимально возможная плотность нейтронов должна быть в 2-3 раза выше ядерной плотности. Тогда при массе звезды около 5,5 масс Солнца радиус звезды и радиус горизонта событий будут одинаковыми и равны примерно 16 км. При меньшей массе радиус горизонта событий меньше радиуса звезды, поэтому поверхность звезды видна. При большей массе радиус горизонта событий становится больше радиуса звезды, поэтому звезда становится невидимой и переходит в разряд ЧД. Для сверхмассивной ЧД в центре нашей галактики массой 4 млн. солнечных масс радиус тела ЧД с плотностью нейтронной жидкости - около 1,5 тыс. км., а радиус горизонта событий этой ЧД почти в 10 тыс. раз больше – около 12 млн. км. Если эти логические выводы верны, то у всех реальных ЧД непосредственно сразу за поверхностью горизонта событий нет ничего. Это просто воображаемая поверхность, которую не может пересечь свет. Аналогично существует воображаемая поверхность, которую не может пересечь тело, вертикально брошенное с Земли, если его скорость меньше первой космической скорости. Если физическая структура объектов одинаковая, то достаточно изучить свойства видимого объекта, чтобы узнать свойства невидимого.

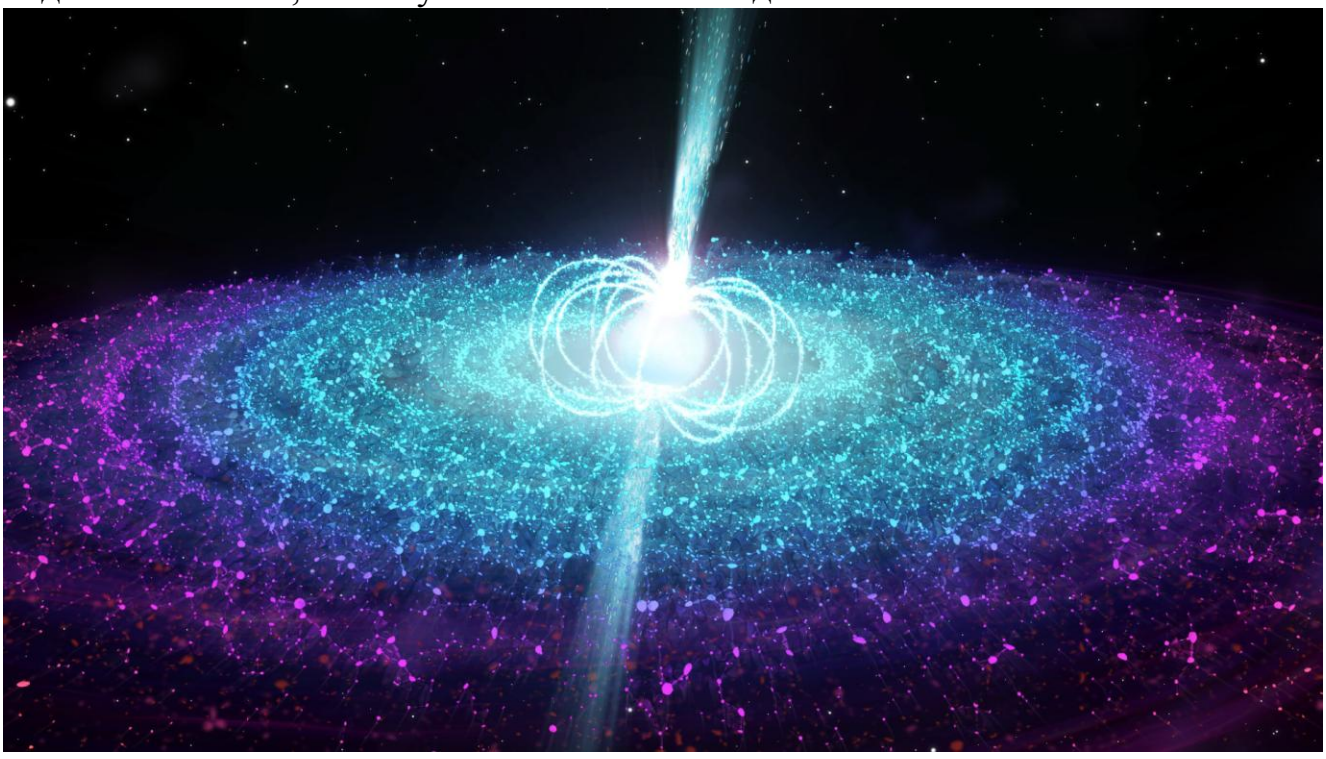

Рис.6. Нейтронная звезда с джетами глазами художника

После многолетних наблюдений за нейтронными звёздами выяснилось, что они все разные. Непонятно, как их классифицировать. Они по-разному излучают.

Есть радио-пульсары, аномальные рентгеновские пульсары, источники мягких повторяющихся гамма-всплесков, центральные источники в остатках сверхновых, радиотихие НЗ. Они по-разному вращаются. Последовательно скорость вращения уменьшается у эжектора, пропеллера, аккретора, георотатора. Они имеют разное магнитное поле, отличающееся на несколько порядков по величине. Астрофизикам непонятны физические причины такого разнообразия свойств.

Попытаемся потянуть за ниточку самого общего свойства – все НЗ вращаются. При гравитационном сжатии старых остывающих звезд уменьшаются размеры звезды при неизменной массе. По закону сохранения момента вращения, при уменьшении в миллионы раз радиуса в миллионы раз увеличивается скорость вращения. Внутри НЗ находится несжимаемая нейтронная жидкость, поверхность НЗ покрыта жидким веществом, снаружи НЗ окружает атмосфера газообразной плазмы. По этим причинам этот объект должен подчиняться гидродинамическим законам и иметь определенную форму. Холшевников К.В., д.ф-м.н., к 150-летию русского математика Александра Михайловича Ляпунова рассказал о математических расчётах в области описания форм вращающихся небесных тел (“О фигурах равновесия небесных тел”, 2008).

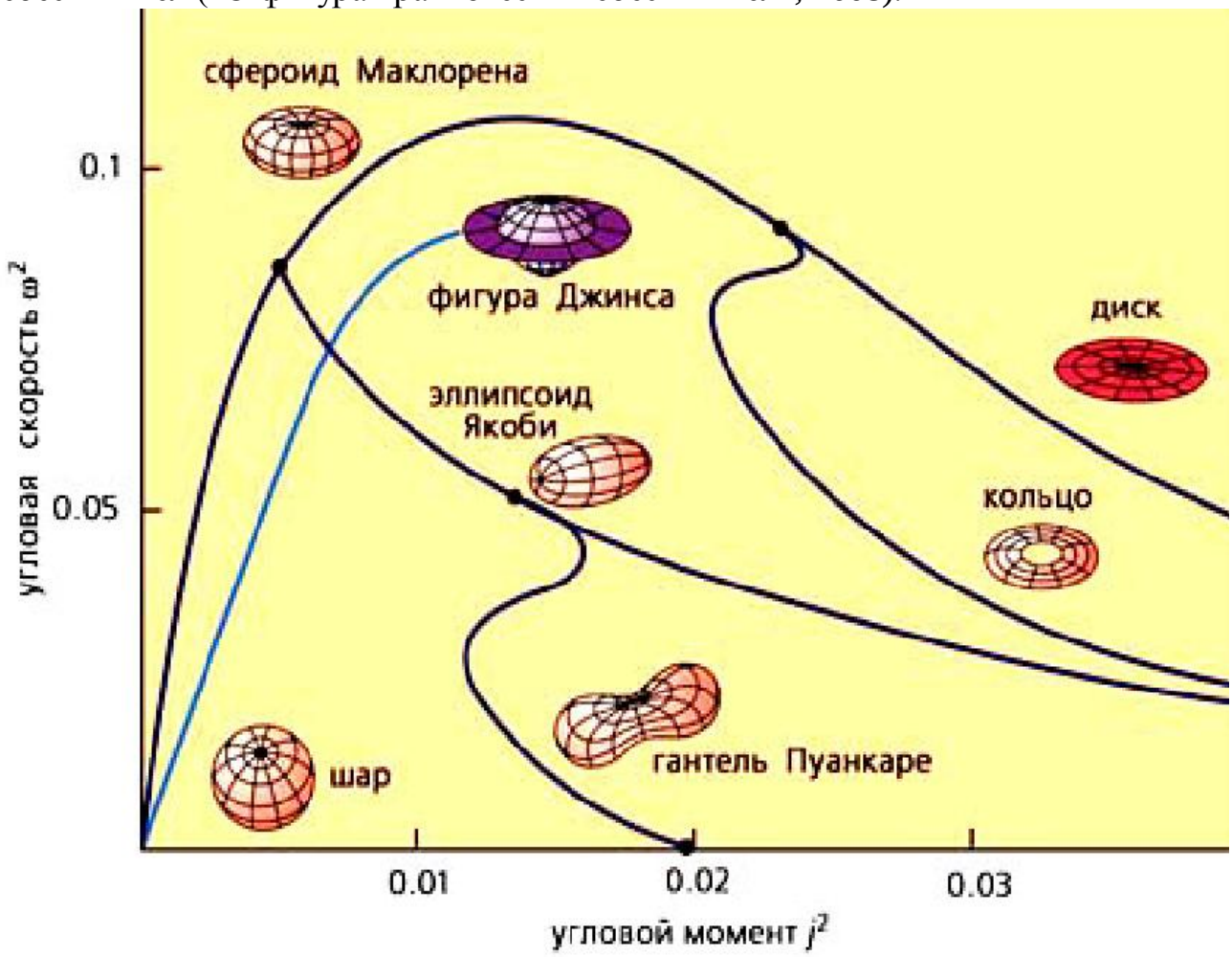

Рис.7 Фигуры равновесия небесных тел по А.М.Ляпунову

По расчётам Ляпунова, небесное тело может принимать самые разнообразные формы в зависимости от скорости вращения.

Ф1. Шар или сфера (одноосный эллипсоид). Такую устойчивую форму в условиях невесомости принимает невращающееся жидкое тело.
Ф2. Двухосные сжатые (сплюснутые) эллипсоиды вращения, называемые сфероидами Маклорена, в которых диаметр больше оси вращения. Их можно представить как непрерывное семейство, каждая фигура которого может быть описана эксцентриситетом эллипса, образованного меридиональным сечением. Устойчивые формы только при эксцентриситете от e=0 до e=0,8126. С ростом эксцентриситета от e=0 до e=0,93 угловая скорость вращения растёт от нуля до наибольшего значения (зависящего от массы и размеров тела), а затем уменьшается до нуля с ростом эксцентриситета до единицы. Между тем вращательный момент продолжает расти до бесконечности, фигура превращается в бесконечно увеличивающийся истончающийся блин (диск).
Ф3. Трёхосные эллипсоиды Якоби. Внешнее возмущение может деформировать сфероид Маклорена, в результате чего окружность экватора превращается в эллипс. Ось вращения по-прежнему остаётся самой короткой. Семейство эллипсоидов Якоби может быть параметризовано эксцентриситетом эллипса, образованного сечением плоскостью, проходящей через наименьшую и наибольшую ось. Семейство начинается с эллипсоида Маклорена эксцентриситета e=0,8126, а далее эллипсоиды имеют различные полуоси. С ростом эксцентриситета угловая скорость уменьшается, а сам эллипсоид становится бесконечно длинным и бесконечно тонким веретеном. Устойчивые формы только при эксцентриситете от e=0,8126 до e=0,94.
Ф4. Грушевидное тело или гантель Пуанкаре. Внешнее возмущение может деформировать эллипсоид Якоби, в результате чего вокруг самой длинной оси может сформироваться кольцевое утоньшение различной степени сжатия. Семейство грушевидных фигур ответвляется от эллипсоидов Якоби при эксцентриситете e=0,94. Устойчивых форм нет.
Ф5. Где-то при e>0,93 от семейства фигур Маклорена ответвляется семейство кольцевых фигур. По расчётам Аппеля (“Фигуры равновесия”,1932), ряд заканчивается бесконечно тонкой кольцевой нитью с бесконечным диаметром.

Таким образом, можно предположить, что разнообразие свойств НЗ связано с разнообразием возможных форм и разнообразием доставшегося в наследство момента вращения. В расчётах Ляпунова кольцевые фигуры являются неустойчивыми. А по расчётам Аппеля эти фигуры неустойчивы лишь перед самым образованием кольца и в момент его появления, а переход к устойчивым кольцевым формам совершается чрезвычайно быстро. Расчёты Аппеля частично подтверждает опыт Плато. В своем мемуаре “О движении свободной жидкости, не подчиненной влиянию сил притяжения”, Плато излагает результаты опытов с вращением масляной массы в смеси воды и спирта одинаковой с ней плотности. Жидкость приводилась во вращение посредством вертикальной оси, на которую был насажен диск; центр диска совпадал с центром масляной сферы. В расчётах Аппеля скорость вращения достигает максимума еще до образования кольца. Однако в опыте Плато не наблюдалось быстрого сжатия в момент образования кольца, и для получения кольцевой фигуры нужно было непрерывно увеличивать

скорость вращения диска. В результате опыта было выделено несколько фаз изменения формы масляной массы.

1-ая фаза: приведя во вращение масляную сферу замечаем, что она сжимается у полюсов и вздувается у экватора.

2-ая фаза: при большей скорости у массы появляется углубление около полюсов, сверху и снизу; углубление удлиняется в горизонтальном направлении; оба полюса касаются друг друга и при скорости примерно 1 оборот в секунду масса принимает форму кольца.

3-я фаза: при еще большем увеличении скорости диска кольцо расширяется до диаметра в 9—10 см и его меридианное сечение принимает приблизительно форму круга.

4-ая фаза: если остановить вращение, кольцо сожмется, пройдет те же фазы в обратном порядке и образует вновь центральную массу, которая снова примет сферическую форму.

Необходимо заметить, что в опыте Плато раскручивающий диск в центре масляной массы препятствовал трёхмерному движению, вследствие чего каждая молекула масла была вынуждена вращаться только в двумерной плоскости. С этой точки зрения более интересный опыт Окулова описан в диссертации Степановой Е.В. (“Экспериментальное исследование тонкой структуры вихревого течения в жидкости со свободной поверхностью”, 2009), когда раскручивающие жидкость диски являются крышками цилиндра. В этом случае при кольцевом раскручивании появляется винтовое вихревое кольцо с трёхмерным движением, в котором молекулы жидкости двигаются по спиральной траектории, одновременно вращаясь вокруг линейной оси симметрии (кольцевое вращение) и круговой оси симметрии (тороидальное вращение).

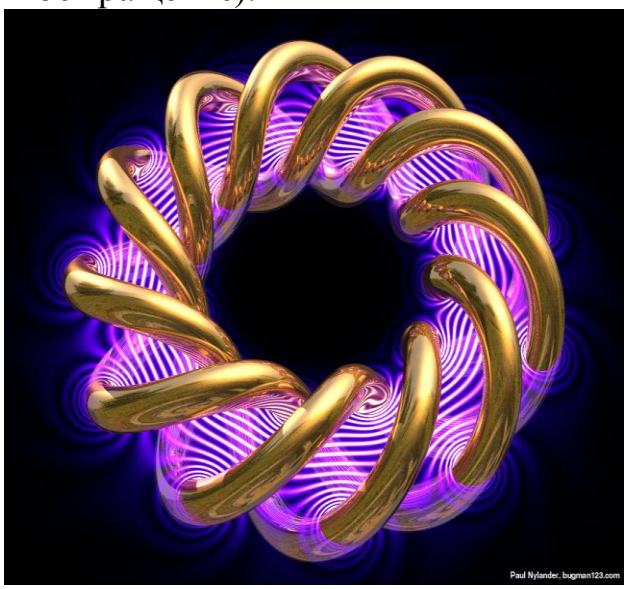

Рис.8. Принцип движения поверхности винтового вихревого кольца

При неком соотношении скоростей тороидального и кольцевого вращения вихревое кольцо превращается в сферический вихрь Хилла, в котором диаметр внутреннего отверстия стремится к нулю. Малюшевский П.П. (“Явление кумуляции при взаимодействии вихревых колец”, 2005) делал опыты с водяными

кольцами, которые создавала специальная установка, испускающая с дозвуковой скоростью жидкие струи вертикально вверх. Он обнаружил удивительное явление, когда вихревое кольцо случайным образом приобретает форму вихря Хилла. Если такой вихрь догоняет обычное вихревое кольцо, то вихрь Хилла всасывает заднее кольцо во внутреннее отверстие и выбрасывает его вперёд на дальнее расстояние сверхзвуковой тонкой струёй. Удивительное явление! На изображениях активных галактических ядер в 40% случаев следов второго джета не видно. Считается, что в таких галактиках второй джет закрыт аккреционным диском. Но наша модель показывает принцип существования объектов и с одним джетом. Если такие ЧД существуют, то они огромной вихревой воронкой всасывают окружающее вещество и с помощью джета выбрасывают его далеко за пределы собственной галактики, создавая в новом пространстве новую галактику. В такой ЧД вместо аккреционного диска должна быть аккреционная воронка.

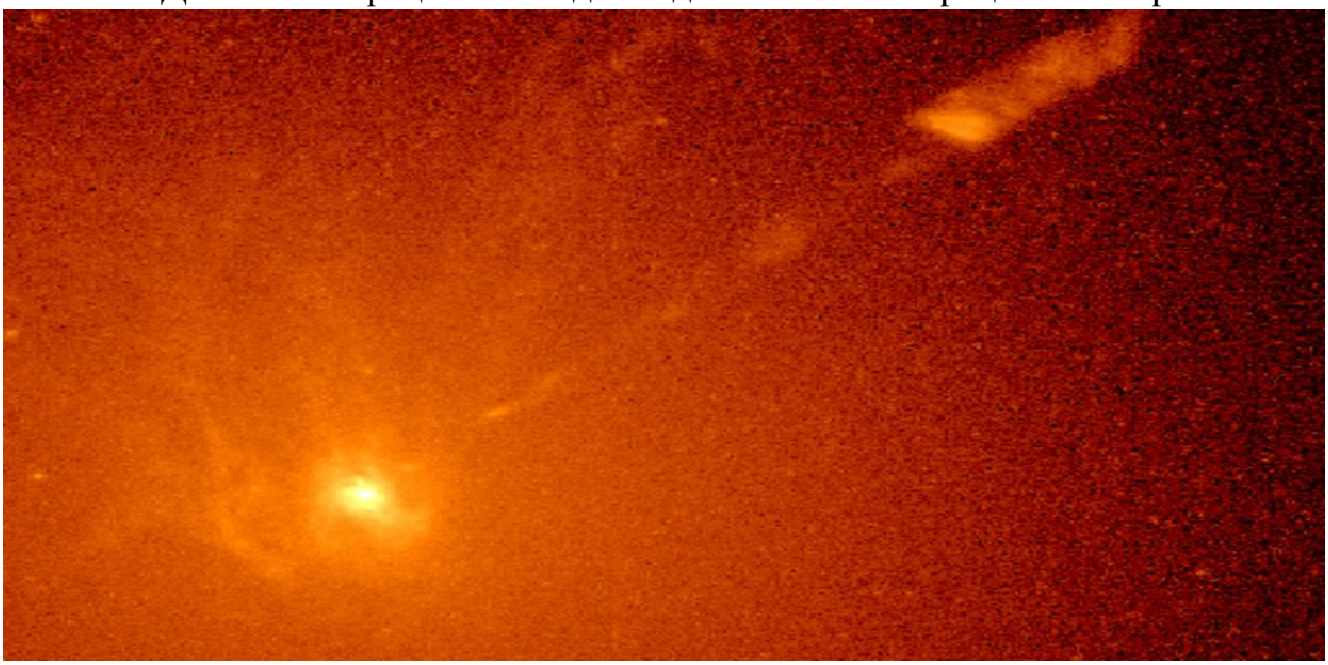

Рис.9. Реальное изображение квазара М87 с одним джетом

У специалиста в области гидродинамических явлений должен возникнуть вопрос о применимости законов гидродинамики к небесным телам. Ведь обычные гидродинамические объекты находятся в гидродинамической среде. Эта среда играет роль внешних сил, под воздействием которых формируется и существует гидродинамический объект. Но небесные тела окружает среда, близкая к абсолютному вакууму, которая не способна создавать внешние силы. Однако, в масштабах небесных тел роль внешних сил успешно играет гравитация, которая в масштабах микромира по сравнению с любыми другими силами столь мала, что её никогда не принимают в расчёт. В макромире, наоборот, в расчётах используют только гравитационные силы, потому что они на порядки превышают любые другие силы. Если надобность в гидродинамической среде отпадает, то тогда возможно существование небесных тел в любой форме, наблюдаемой в ограниченной гидродинамической среде. В большинстве случаев (60%) в небесных объектах джеты симметрично испускаются в противоположных

направлениях. Такое возможно только, если объекты имеют форму спаренных сферических вихрей Хилла. Такие дуэты возникали в опытах Окулова, если высота цилиндра, в котором раскручивалась жидкость, примерно в два раза больше его диаметра. В дуэтах направления кольцевого вращения совпадают, а направления тороидального вращения вихрей противоположно. Возможно, такие фигуры равновесия небесных тел при случайных внешних воздействиях отвлетвляются сразу от главной последовательности семейства сфероидов Маклорена в графике Липунова, подобно тому, как гантели Пуанкаре ответвляются от эллипсоидов Якоби.

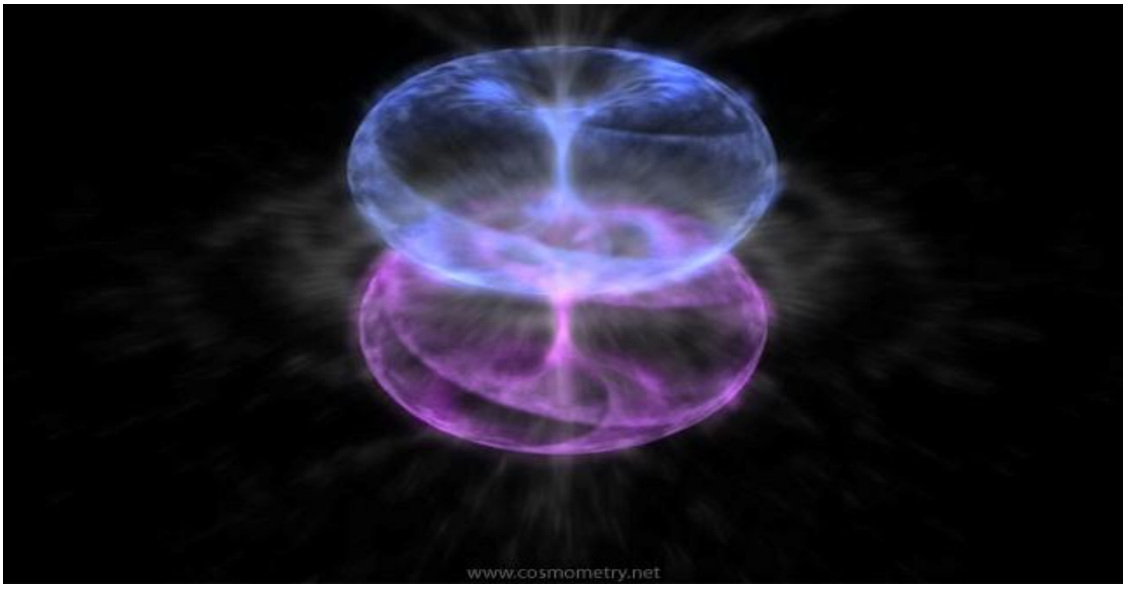

Рис.10. Фигура равновесия небесного тела в виде дуэта вихрей Хилла

Если в дуэте тороидальное вращение каждого вихря Хилла направлено наружу дуэта, то окружающее вещество всасывается в плоскости соприкосновения вихрей Хилла и выбрасывается двумя симметричными джетами в противоположных направлениях. Если ЧД в такой форме существуют, то они всасывают окружающее вещество из аккреционного диска и с помощью двух джетов выбрасывают его далеко за пределы собственной галактики, создавая в новом пространстве две новые галактики. Чем больше аккреционный диск, тем дольше существуют джеты.

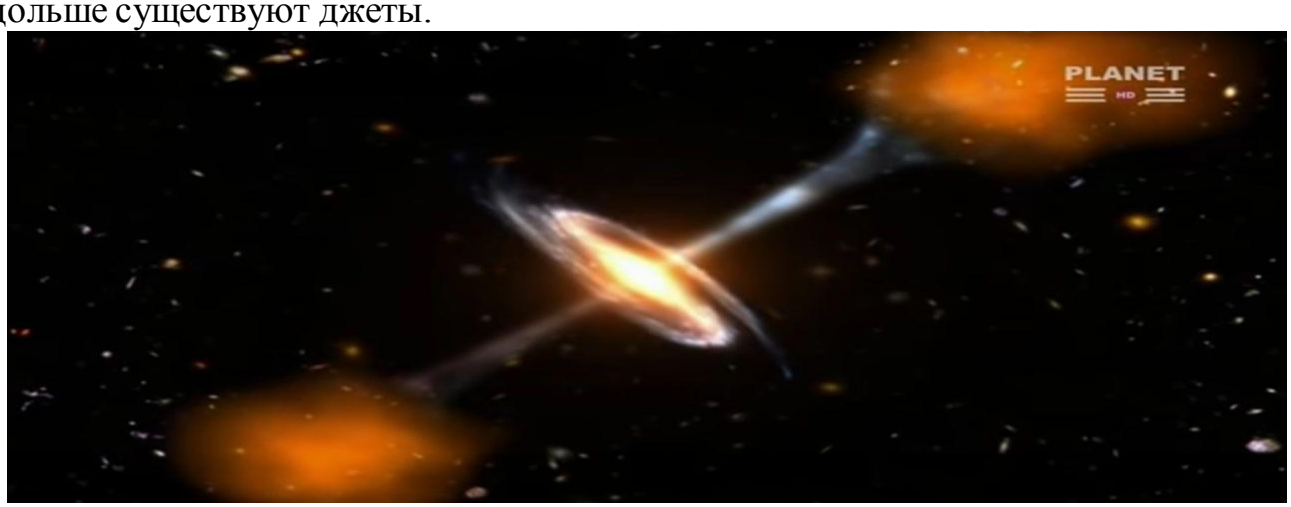

Рис.11. Звёздообразование на концах джетов от сверхмассивной ЧД в квазаре

В нашей модели теоретически возможно существование ещё одной модификации дуэта вихрей Хилла. Сфероиды Маклорена имеют только кольцевое вращение. В начальный момент ответвления от последовательности сфероидов Маклорена в результате внешнего возмущения появляется тороидальное вращение, разделяющее сфероид на два вихря Хилла. Вполне возможно возникновение ситуации, когда тороидальное вращение каждого вихря Хилла направлено внутрь дуэта. Тогда в этом случае окружающее вещество должно всасываться воронкообразными вихрями в полюсах и выбрасываться в плоскости соприкосновения вихрей Хилла. В такой ЧД вместо аккреционного диска должно быть две аккреционных воронки. Если такие ЧД существуют, то они двумя огромными вихревыми воронками всасывают окружающее вещество и в плоскости соприкосновения вихрей Хилла выбрасывают его далеко за пределы собственной галактики, создавая в новом пространстве новую галактику кольцевого типа. Удивительное явление!

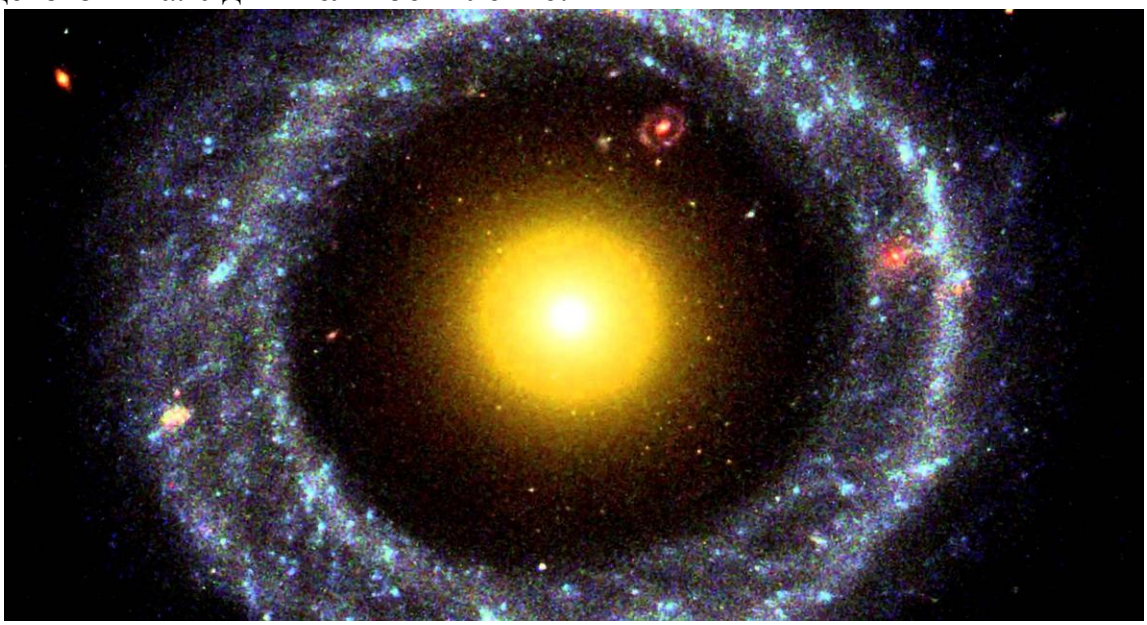

Рис.12. Объект Хога – удивительная кольцевая галактика

Итак, в данной статье были представлены новые модификации фигур равновесия небесных тел. Они не описаны математиками, но реально создаются в лабораториях при исследованиях свойств вращающейся жидкости. Представлен единый механизм образования джетов у молодых звёзд, у нейтронных звёзд и у чёрных дыр. Необходимо заметить важную особенность нашей модели. Если объектом является молодая звезда или нейтронная звезда, то к скорости движения вещества в джетах никаких особых требований нет. А если объектом является ЧД, то скорость движения вещества в джетах должна быть только сверхсветовой. В противном случае джеты не смогут пересечь поверхность горизонта событий, которая находится гораздо дальше от поверхности тела ЧД. Экспериментальные измерения косвенными методами скорости движения вещества в джетах ЧД действительно показывают сверхсветовую скорость, что подтверждает нашу модель. Другой модели формирования джетов пока создать никому не удалось.