К образованию Солнечной системы. ЛУЧШАЯ. 18 ноября 2021 г.
И снова Лаплас.

«Проанализировав имеющиеся данные строения Солнечной системы, в 1796 году П.Лаплас предложил следующую схему её образования. На ранней стадии своего развития Солнце представляло собой огромную, медленно вращающуюся раскаленную туманность. Охлаждаясь, под действием тяжести, протосолнце сжималось, скорость вращения его увеличивалась, поэтому оно принимало сплюснутую форму. И как только на экваторе сила тяжести уравновешивалась силой инерции, с экватора облака отделялось газовое кольцо, из которого позднее сформировалась планета. Такой отрыв происходил несколько раз и в местах, занятых теперь орбитами планет.

Предложенная Лапласом картина образования Солнечной системы позволила объяснить самые важные особенности её строения и потому на протяжении ста лет считалась истинной. Однако со временем выявились следующие её недостатки».

----------»»»»»»»»»»»»»----------

Проблема 1. Связана с распределением вращательного момента по Солнечной системе. (*Википедия*)

«Согласно первым гипотезам, более чем столетней давности, считалось, что планеты образовались одновременно с Солнцем. Лаплас предполагал, что вещество планет могло отделиться от Солнца, потому что последнее вращалось очень быстро. Но затем именно этот пункт вызвал сомнения, ибо, если бы планеты упали обратно на Солнце, оно не стало бы вращаться столь быстро, чтобы создалась ротационная неустойчивость. Это явно означало, что в старой теории существовало противоречие. Каковы же были новые факты, коренным образом изменившие ситуацию? Когда химический состав Солнца и планет стал известен лучше, выяснилось, что хотя большую часть всех планет, как и Солнца, составляют водород и гелий, все же избыток водорода и гелия по отношению к другим элементам не так велик, как у Солнца. Водород и гелий составляют 99% вещества Солнца и всего лишь 90% вещества планет. Таким образом, если вещество планет имеет солнечное происхождение, то планеты должны были потерять огромное количество водорода и гелия. Простой расчет показывает, что если это так, то современные планеты могут содержать только 1/10 первоначального количества вещества. Следовательно, довод, выдвигавшийся лет 40 назад об обратном падении планет на Солнце, не был справедлив. Необходимо обязательно учесть потерю водорода и гелия. Когда это было сделано, обнаружилось, что падение всего вещества планет на Солнце действительно вызвало бы ротационную неустойчивость. Таким образом, кажущееся противоречие с основной идеей старой теории было снято уточнением химического состава Солнца и планет ». (*Ф. Хойл*)

----------»»»»»»»»»»»»»----------

«И как только на экваторе сила тяжести уравновешивалась силой инерции, с экватора облака отделялось газовое кольцо, из которого позднее сформировалась планета. Такой отрыв происходил несколько раз и в местах, занятых теперь орбитами планет»

Проблема 2. Отрыв вещества не может происходить скачками и только в экваториальной плоскости. Он может происходить либо квазинепрерывно, либо центрально - симметрично, как сброс оболочки при образовании планетарной туманности. (*Википедия*).

Сейчас мы покажем, что предположение Лапласа относительно отделения газовых колец именно скачками имеет хотя и косвенные, но довольно убедительные подтверждения.

Планета	n (Боде)	n Ф-ла (4)	R_n	$R_{факт}$ а.е.		n Шумеры
Плутон	8	нет	-	39,5		?
Нептун	7	1	38,8	30,1		?
Уран	6	2	19,6	19,2		?
Сатурн	5	3	10,0	9,5		?
Юпитер	4	4	5,2	5,2		?
Мал. пл.	3	**5**	2,8	2,8		**5**
Марс	2	**6**	1,6	1,5		**6**
Земля	1	**7**	1,0	1,0		**7**
Венера	0	8	0,7	0,7		?
Меркурий	$-\infty$	9	0,5	0,4		?

Рассуждаем. Если в настоящее время Солнечная система имеет девять планет, значит, согласно представлению Лапласа, и отделившихся газовых колец было девять. Причем отделение колец (а значит, и формирование планет) шло по мере уменьшения радиуса облака. То есть, если сейчас самой удаленной от Солнца планетой является Нептун, значит, **Нептун** и появился на свет **первым**. А самой близкой к Солнцу планетой является Меркурий, значит, **Меркурий** и стал **девятой** планетой С.с., когда радиус протосолнечного облака уменьшился до его орбиты. Таким образом, было бы логично вести счет планет в порядке их становления: от первой (Нептун) - до самой далекой, последней – самой близкой к Солнцу планеты (Меркурий). И тогда, изменив счет планет на обратный, т.е. в направлении к Солнцу, а не от него, как это принято у Боде, новая запись расположения планетных орбит, становится реально осмысленной

$$R_n = (0,4 + 0,3 \cdot 2^{8-n}) = 0,4 + \frac{0,3 \cdot 2^8}{2^n} = 0,4 + \frac{76,8}{2^n} \text{ (а.е.) (4)}$$

Действительно, давая значения *n* от 1 до 9, вычислим по формуле (4) расстояния и сравним их с орбитами планет (см. таблицу). Как видим, Плутону нет места в данной последовательности, значит, на этом расстоянии от центра протосолнечного облака, не было отделения кольца, а потому - Плутон не является «рожденной» в планетой.

А вот еще один очень любопытный довод в пользу представлений Лапласа. Оказывается, предлагаемый порядок нумерации планет солнечной системы, исходящий из логики их образования по гипотезе Лапласа, полностью отвечает нумерации планет, принятых шумерами. То есть, счет планет у них (как и у нас теперь) возрастает по мере приближения к Солнцу. Вот что говорит интернет по этому поводу:

«Древнешумерские тексты подтверждают: много тысячелетий назад люди владели удивительно точными данными об устройстве нашей солнечной системы. Если мы посмотрим древнешумерские сказания, то к большому удивлению, обнаружим, что **Земля** имеет порядковый номер **семь** (у нас – тоже 7). **Марс**, находящийся дальше от Солнца, имеет порядковый номер **шесть** и обозначен в виде земли Давида (и у нас – номер шесть). Планета **Фаэтон,** которая в настоящее время не сохранилась, имеет порядковый номер **пять** (и у нас – номер 5). Земля Давида считается символом еврейского народа, и сегодня она размещена на флаге государства Израиль» (Жиглов В. И. Ошибка Богов. http://samlib.ru › zhiglow_w_i › vizhiglov).

По-видимому, шумеры действительно знали как произошла солнечная система. Как же приятно получать весточку от тех Богов, кто удалился от нас на 10 тысяч лет в прошлое!

Все вышесказанное настоятельно требует объяснения: что это за дискретные кольца, какая причина приводит к их образованию? Почему отрыв газовых колец происходит не плавно и монотонно, а прерывисто, скачкообразно – и именно так, как и предписывает диалектика?

«Охлаждаясь, под действием тяжести, протосолнце сжималось, скорость вращения его увеличивалась, поэтому оно принимало сплюснутую форму».

Проблема 3 . Плотность первичной туманности должна быть так мала, что она (туманность) в процессе сжатия не могла бы вращаться как твердое тело. (*Википедия*).

Отсюда следует, что необходимо искать другой вариант сжатия вращающегося протосолнечного облака. Но что это за вариант, каковы должны быть его свойства. Чтобы прояснить этот вопрос, попробуем понять ход рассуждений Лапласа при создании своей космогонической гипотезы.

Почему у Лапласа облако, уплотняясь, всегда вращалось как твердое тело? Потому что он прекрасно понимал, что только при твердотельном вращении наибольшие центробежные силы проявляются на экваторе, а с увеличением глубины облака – они уменьшаются до нуля в его центре. Поэтому вполне логично, вполне оправданно он считал, что именно здесь, на экваторе в первую очередь, и наступит равновесие сил тяжести и сил инерции. Именно здесь с экваториальной поверхности при быстром вращении и будет отделяться вещество, необходимое для образования планет. То есть главным условием, которому должен отвечать искомый вариант сжатия – это условие нарастания центробежных сил от центра вращения объекта к его поверхности. И в то же время сжимающийся объект не должен вращаться как твердое тело. Вот такую «задачку» предстояло решить астрономам.

Прошли десятилетия поисков. И учеными был предложен чрезвычайно любопытный, чрезвычайно своеобразный вариант сжатия разреженных небесных тел. Вот его суть.

«Сжатие разреженного небесного тела всегда начинается с того, что не выдержав тяжести, центральное вещество сгущается, образуя скачком уплотненное ядро. Лишившись опоры, все остальное вещество (оболочка) коллапсирует к центру со скоростью свободно падающего тела».

Такой вариант сжатия небесных тел (как вращающихся, так и не имеющих вращения) зарубежные ученые называют «Гравитационным коллапсом» или просто - «Коллапсом». Это название непривычно для русского человека. Больше того, по некоторым соображениям автора настоящего исследования, оно не совсем соответствует истине. Как выясняется, сжатие идет не хаотически и обвально, а чрезвычайно медленно, гравитирующая система всегда находится в квазиравновесном состоянии. Но об этом будем говорить немножко позже. А пока, до поры до времени, мы вынуждены придерживаться определений, принятых в научной литературе.

Все было бы хорошо, все было бы прекрасно. Протяженное разреженное облако первоначально имеющее твердое вращение, уплотняясь, перестает быть таковым и в дальнейшем, подчиняясь законам сохранения, имеет дифференциальное вращение. Следовательно, одной самой, пожалуй, трудной для гипотезы Лапласа проблемой стало меньше.

Но тут специалисты обнаружили, что в этом случае, то есть в случае коллапса, когда оболочка движется к центру со скоростью свободно падающего тела центробежные силы внутри облака, имеющего дифференциальное вращение, с ростом глубины стремительно увеличиваются, что приводит к распаду тела. То есть, при варианте «Коллапс» никаких колец с экваториальной поверхности облака не происходит, потому что, повторим, центробежные силы растут с приближением к центру вращения, а не уменьшаются, как было при твердом вращении. С принятием варианта «коллапс» появились новые проблемы, непреодолимые трудности. Выходило, что и этим вариантом сжатия нельзя объяснить образование Солнечной системы.

Все, круг замкнулся. Других вариантов сжатия разреженного тел больше предложено не было. Проблема зашла в тупик на многие многие десятилетия. Не зря известный астроном И.С. Шкловский горько признавался в конце жизни «Проблема происхождения Солнечной системы остается всё в том же младенческом состоянии, в котором оставил её после себя Лаплас»

Однако будучи чрезвычайно въедливым, упрямым, настойчиво настырным (моя характеристика преподов вуза), следуя своему правилу «все подвергай сомнению», автор задался вопросом: где в наших рассуждениях может скрываться самое слабое звено? Вспоминаем: выводы ученых о росте центробежных сил с глубиной, выводы о распаде коллапсирующих тел сделаны на основе «Численных расчетов протозвездного гидродинамического коллапса». А это чрезвычайно грубый подход к решению задач космогонии. Неплохо бы еще раз проверить выводы астрономов и, конечно же, лучший для этого способ: попытаться поискать аналитическое решение задачи «Коллапс». И тут, благодаря подсказке то ли Всевышнего, то ли шумеры снова пришли на помощь (других объяснений дать не могу!) автор нашел аналитическое решение проблемы «Коллапс». И действительно, оказалось, что именно здесь была «собака зарыта»: выводы ученых относительно распада тел в конце их сжатия являются ошибкой и причем настолько очевидной, что прочитав написанное ниже, любой студент второго курса технического вуза даст достойную оценку всей проделанной работе относительно «Численных расчетов». Все это мы увидим и проанализируем немного позже.
А сейчас нам предстоит пройти хотя и нетрудный, но довольно нудный длинный путь всяческих вспомогательных построений (опять же подсказанных Свыше).

Ну для начала надо, хотя бы в самых общих чертах, ознакомиться с тем, как астрономы решали проблему коллапса, на каком основании они делали свои заключения. А потом сопоставим их выводы с теми, что мы получим в результате аналитического решения задачи «Коллапс».

Вариант образования звезд - "Коллапс".

Вариант коллапса. *(Р.Б. Ларсон)*

В большинстве теорий происхождения Солнечной системы принималось, что Солнце и планетная система образовались вместе, по-видимому, в результате коллапса вращающегося облака межзвездного вещества. В последние годы начаты гидродинамические расчеты коллапса с целью получить некоторые представления об образовании звезд, но мы ещё недостаточно понимаем этот процесс, чтобы объяснить, как или при каких условиях вокруг звезды может образоваться планетная система. Образование Солнечной системы, по-видимому, является сложной трехмерной гидродинамической задачей, и моделирование подобной задачи на вычислительной машине не осуществимо. Между тем, хотя проблема ещё не решена, представляется интересным обсудить результаты некоторых простых, более идеализированных расчетов коллапса и выявить, что они могут дать для объяснения образования Солнечной системы. В этом сообщении приводятся результаты двух основных типов расчетов коллапса: 1) коллапс сферического невращающегося межзвездного облака, закончившийся образованием звезды, и 2) коллапс осесимметричного вращающегося облака.

Проблема сферического коллапса сейчас изучена более или менее детально. Коллапс вращающегося облака пока изучен лишь предварительно, но уже из этих расчетов видно, что в результате коллапса вращающего облака непосредственно образуется не планетная система, а двойная или кратная система звезд.

Коллапс сферической протозвезды

На ранних стадиях коллапса протозвезда с одной солнечной массой остается приближенно изотермической с температурой порядка 10 К. Эволюция любой звезды проходит через стадию коллапса (т.е. через стадию «свободного падения » - Б.Г.). Особо важным свойством коллапса является его негомологичность: облако всегда сильнее конденсируется в центре и распределение плотности имеет острый центральный пик, даже если начальное распределение плотности было однородным. Центральная конденсация продолжает быстро развиваться, и вскоре в центре малая доля массы облака **достигает плотностей, которые на много порядков выше средней плотности**.

Характерное время коллапса для центральной части на несколько порядков величины короче, чем для остальной массы облака.

Расчеты поздней неизотермической фазы коллапса, поведенные Ларсоном и Аппенцеллером показывают, что, когда плотность в центре становится близкой к звездной, в центре облака образуется маленькое гидростатическое ядро с массой 10^{-3} массы Солнца и радиусом, равным одному солнечному. В это время большая часть массы протозвезды ещё не вполне сколлапсировала и образует протяженное облако падающего вещества вокруг центрального ядра или «зародыша» звезды. **На поверхности ядра, где падающее вещество внезапно останавливается, образуется сильная ударная волна.** В ходе последующей эволюции протозвезды аккреция вещества из окружающего облака постепенно увеличивает массу ядра. После того как все протозвездное вещество упало на ядро, звездное ядро появляется из своего «кокона» как новообразованная звезда. Общая продолжительность процесса коллапса и аккреции порядка 10^6 лет. Таким образом, важным качественным результатом расчетов сферического коллапса, который, по-видимому, справедлив и при более общих условиях, является то, что звезда начинает свое существование как очень малое ядро или зародыш и приобретает почти всю свою массу в процессе аккреции.

Коллапс вращающегося облака.

Для изучения образования Солнечной системы расчет коллапса вращающегося облака представляет значительный интерес. Из-за сложности задачи единственные существующие расчеты не очень точны и проведены только для наиболее простого случая первоначально однородного и однородно вращающегося облака, которое коллапсирует с сохранением осевой симметрии и сохранения момента количества движения для каждого элемента жидкости. Важной особенностью коллапса осесимметричного облака является то, что он, как и в предыдущем случае, более негомологичен, чем ожидалось: во всех случаях внутренняя часть облака сильно сжимается и образует вращающееся кольцо.

Учитывая изложенные выше расчеты, кажется маловероятным, чтобы Солнечная система могла образоваться в результате прямого коллапса вращающегося облака. Проблема просто состоит в том, что если облаку дан достаточный момент количества движения для образования внешних планет, то кажется неизбежным распад облака на двойную или кратную систему звезд вместо возникновения планетной системы. Из анализа устойчивости вращающихся дисков вытекает, что устойчивый по отношению к крупномасштабной фрагментации диск может образоваться только в том случае, если имеется сильная концентрация массы в центре. Например, можно получить устойчивый диск, если большая часть его массы находится в центре. Это наводит на мысль, что допланетный диск образовался только после формирования Солнца или покрайней мере после того, как зародыш Солнца приобрел большую часть своей массы. Однако образование планетного диска нельзя полностью отделять от образования Солнца, так как иначе трудно объяснить, почему Солнце и планеты вращаются в одном направлении. Таким образом, мы приходим к заключению, что формирование планетного диска происходило на поздней стадии аккреции, которая образовала Солнце.

Заслуживает внимания сходство между планетой и спутниковыми системами. Оно говорит о сходстве механизмов образования. Относительно систем планета – спутники общепринято, что они образуются не в результате коллапса вращающихся протопланетных облаков. Скорее всего, большинство планет образовались посредством аккреции. Поэтому представляется наиболее вероятным, что и спутники образовались путем захвата или аккреции вещества в диск вокруг планет.

Некоторые гидродинамические проблемы в космогонии. (Е.А Спигел)

Широко распространено мнение, что исходной конфигурацией, из которой образовалась Солнечная система, был вращающийся диск. Обычно расчет начинается с однородного диска, вращающегося недостаточно быстро для поддержания собственного тяготения. Диск коллапсирует, превращается в кольцо, затем распадается на части. Последние выбрасывают расширяющиеся струи газа. Хотя мы не в состоянии сказать, что же в действительности произойдет с коллапсируюшей газовой массой, по-видимому, нет никаких убедительных доводов против возможности образования дисков в некотором количестве систем. Полезно было бы видеть подтверждение того, что в действительности диски все-таки образуются. Таким подтверждением, возможно, является существование дискообразных галактик.

Численные расчеты протозвездного гидродинамического коллапса. (П. Боденхаймер, Д.К. Блэк)

Начиная с 60-х годов значительно повысился уровень понимания в наблюдательном и теоретическом плане гидродинамики коллапсирующих объектов. Прогресс в теории в основном был обусловлен численными экспериментами. Осесимметричные эксперименты вращения показывают, что в широком диапазоне начальных условий образуется кольцеобразная структура, а не центральное сгущение вещества.

Первое численное исследование коллапса вращающегося изотермического облака принадлежит Ларсону. Он нашел, что, как и в одномерных экспериментах, коллапс негомологичен, с быстрым возрастанием отношения плотности в центре к среднему значению. По истечении характерного времени свободного падения расчет приводил к образованию внутри облака кольцеобразной структуры с максимумом плотности в кольце, а не в центре облака. Кольцо было достаточно массивно, *и минимум гравитационного потенциала* также находился в кольце, вызывая перемещение вещества наружу из центра облака к кольцу. Однако эксперименты Ларсона были подвергнуты критике, поскольку они были выполнены на грубой численной сетке (72 зоны) и в них не сохранялся момент количества движения. Положение стало еще более неясным, когда Чарнутер опубликовал результаты своих экспериментов, которые по начальным условиям были сходны с экспериментами Ларсона, но не дали никаких признаков образования кольца. Первые детальные эксперименты, показавшие, что во время коллапса вращающегося изотермического облака образуется кольцо, были выполнены Блэкком и Бонденхаймером. В них использовалась мелкая (1600 зон) подвижная сетка и точно сохранялся момент количества движения. Более поздние исследования Наказавы и др. подтвердили выводы Блэка и Боденхаймера...

*Итак, можно с определенной уверенностью сказать, что коллапс быстро вращающегося изотермического облака приводит к образованию кольца внутри звезды***.**

Литература:
1) Происхождение Солнечной системы. Доклады на Международном симпозиуме в Ницце в 1972 г. и посвященные образованию Земли, Луны и других планет. Под редакцией Г. Ривса, М.: Мир, 1976.
2) Протозвезды и планеты. Монография видных европейских и американских ученых. Под. ред.Т. Герелса. Часать1 М.: Мир,1982 с. 320,332

Примечания

1) В дальнейшем, приводя отдельные выдержки из вышеупомянутой книги, мы не будем указывать их авторов, а просто помечать их как *«Коллапс»*

2) Заявление разработчиков о наличии пустотелой центральной области внутри коллапсирующих объектов повергло в шок большинство астрономов, посчитавших результаты их исследования - вздорными.

А сейчас я представляю результаты своего собственного исследования коллапса вращающегося гидродинамического плоского облака, полученные посредством аналитического решения этой проблемы. Правда, для этого сначала надо освоить азы построения математических эволюционных моделей, которые предлагает автор. Должен предупредить: будет много повторений из ранее мной уже написанного, но это сделано исключительно в интересах читателей: так будет проще и удобней знакомиться с материалом, не заглядывая в другие разделы работы. Поэтому, уж великодушно простите автора за имеющиеся повторы.

Условные обозначения и системы измерения

Приступая к последовательному изложению материала собственного исследования, еще только находясь на начальном пути решения поставленной проблемы, мы сразу же будем рассматривать поведение различных функций изменяющейся системы, строить графики. Чтобы смогли это сделать, надо определиться как с обозначениями, принятыми в работе, так и с системами измерения различных величин. Вот как будет выглядеть процесс исследования, и как надо понимать те или иные принятые в работе условные названия и обозначения.

Тело в ОС$_o$. В исходном положении, обозначаемом далее как ОС$_o$ (Однородное Состояние), имеем однородное тело массы m_o, радиуса R_o, плотности ρ_o, которое вращается с постоянной скоростью ω_o. Любая фиксированная частица r_o внутри тела находится *в этот период* на расстоянии r_o от его центра (впредь так, по ее исходной в ОС$_o$ координате, и будем называть фиксированную частицу). Занесем исходные данные в таблицу

m_o	R_o	ρ_o	ω_o	r_o

Индекс «о» показывает, что данный параметр относится к моменту ОС$_o$. Находясь в ОС$_o$, тело представляет собой уравновешенную систему - "голое" ядро.

Ядро – Центральное уплотнение, физическая сущность которого здесь не рассматривается, ибо в каждом отдельном случае имеет свое конкретное содержание. Главными признаками ядра, его качеством являются:
Ядро - это центральная часть сложной системы, скачком повышенной плотности относительно своего окружения. А если система односложна и нет оболочки (находясь в ОС$_o$, например), - это и есть ядро. Имеет постоянную плотность и однородное (твердотельное) вращение.

Тело покинуло ОС$_o$. В какой-то момент в центральной части появилось новое ядро радиуса $R_я$, постоянной плотности $\rho_я$. Теперь тело состоит из двух структурных областей – центрального ядра и окружающей его оболочки. Имеет переменный радиус R, радиус ядра $R_я$, плотность ядра $\rho_я$, смещение Δr и переменную координату r фиксированной частицы. Индекс «я» указывает на принадлежность к ядру.

R	$R_я$	$\rho_я$	Δr	r

С появлением нового ядра, старое, теряя все свои прежние характеристики, прекращает свое существование и моментально превращается в оболочку.

Оболочка - часть сложной системы; все что окружает ядро. *Область чисто количественных изменений*. Область текущих изменений самых разных функций системы. Система может не иметь оболочки (состояние OC_o), но не бывает оболочки без ядра.

Системы измерения линейных величин.

Для анализа поведения тела будем пользоваться двумя системами измерения линейных величин. "*СИ-R*" – обычная метрическая система. "*СИ-X*"- за единицу измерения принят постоянный радиус R_o тела в OC_o.

Условные обозначения и системы измерения						
	Радиус тела в OC_o	Текущий радиус тела	Радиус ядра тела	Смещение	Координата частицы в OC_o	Текущая координата.
СИ-R	R_o	R	$R_я$	Δr	r_o	r
СИ-X	1	$X=\dfrac{R}{R_o}$	$X_я=\dfrac{R_я}{R_o}$	$\Delta x=\dfrac{\Delta r}{R_o}$	$x_o=\dfrac{r_o}{R_o}$	$x=\dfrac{r}{R_o}$

Примечания.

1) Хотя в формулы будут входить одновременно несколько переменных величин, однако, мы не будем придерживаться принятой записи частных производных, ибо из контекста всякий раз будет видно, какую величину в данном случае следует считать переменной, а какие фиксированными постоянными. Иногда для уточнения будет делаться специальная оговорка, например: $X = const$

2) Далее в условии задач мы не всегда будем указывать параметры тела, если они соответствуют общим принятым здесь условным обозначениям.

§1. Уравнение массы плоского гидродинамического облака.

Задача. Дано плоское (диск) однородное небесное тело массы m_o, радиуса R_o, постоянной плотности ρ_o. В какой-то момент, не выдержав тяжести, центральное вещество сгустилось, образовав ядро. Получив возможность, жидкость устремилась к центру. Составить уравнение массы тела при любом, но фиксированном значении его внешнего радиуса R, если плотность ρ_o оболочки не меняется, а размер и плотность ядра неизвестны.

Дано: Однородный диск массы, радиуса, поверхностной плотности – соответственно

m_o	R_o	ρ_o	$m_o=\pi R_o^2\rho_o$

Требуется: найти уравнение массы облака в период стока жидкости при любом, но фиксированном значении его внешнего радиуса R. Все события происходят в одной плоскости, т.е. измерение двухмерное.

OC_o. Рис.1. Внутри диска радиуса R_o и постоянной плотности ρ_o выделим "массу А", которая находится внутри двух окружностей: радиусом одной из них является исходный радиус R_o диска, радиус же другой окружности произволен, но зафиксирован координатой – полярным радиусом r_o. Тогда "масса А" равна

$$m_A=\rho_o\left(\pi R_o^2-\pi r_o^2\right) \qquad (A)$$

Рис1.

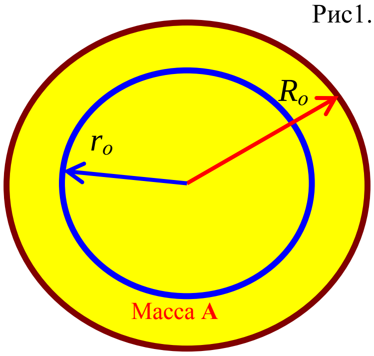


Рис.2.

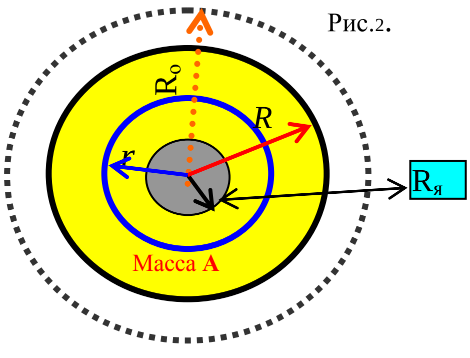


Рис.2. Часть центральной жидкости сгустилась, образовав ядро неизвестных свойств (точечный сток, допустим). Получив возможность, вся остальная жидкость (оболочка) под действием собственной тяжести, стала перемещаться к центру без изменения своей плотности. В какой-то момент внешний радиус диска оказался равным R. Выделенная "масса A" находится теперь между окружностями R и r. Она равна:

$$m_A = \rho_o \left(\pi R^2 - \pi r^2\right) \qquad \text{(B)}$$

Но речь идет об одной и той же "массе A", поэтому, приравнивая (A) и (B), составим уравнение массы тела в момент, когда его внешний радиус равен R.

$R_o^2 - R^2 = r_o^2 - r^2 = \Delta r^2$	$1 - X^2 = x_o^2 - x^2 = \Delta x^2$	(1-1)

Значок «дельта эр» Δr («дельта икс» Δx) будем называть далее **смещением,** и он имеет здесь только тот физический смысл, который усматривается из уравнения (1-1).

Смещение - одно из центральных понятий, вводимых мной в этой работе. С ним мы будем постоянно сталкиваться. Его не надо путать с таким же символом, употребляемым в математике для обозначения малых приращений. В нашей работе смещение может иметь любое конкретное число.

Уравнение (1-1) является *главным уравнением эволюции* плоских систем. Оно получено без учета каких-либо ограничений, накладываемых ядром и никак с ним не связано. Главное уравнение выведено из условия перемещения оболочки к ядру неизвестных свойств (плотности и размера). И оно (ядро) может быть любым, в том числе и точечным образованием.

Внимание! Исследуя силовые и энергетические функции, развивающиеся внутри вращающейся жидкости в период ее вихревого стока, мы убедимся в том, что жидкость стекает не в мифическую точку вихревого стока (как сейчас полагаем), а образует твердотельно вращающееся ядро скачком повышенной постоянной плотности. И вот для того, чтобы потом еще раз не возвращаться к выводу уравнения массы, мы уже сейчас введем ядро указанных выше свойств. Но эти дополнительные уравнения, имеющие отношение к ядру и помеченные синим цветом, мы не будем использовать, до тех пор, пока теоретически не докажем необходимость существования самого ядра.

Итак, дополним условие задачи. Пусть жидкость стекает не в особую точку вихревого стока, а образует центральное ядро радиуса $R_я$ скачком повышенной постоянной плотности, равной $\rho_я = \left(1 + a^2\right)\rho_o$, где "a" – постоянное безразмерное число порядка единицы. Теперь с учетом известной плотности ядра, найдем связь между смещением и радиусом ядра. Для этого снова вернемся к рис.2, который использовали выше.

Масса оболочки равна массе всего диска за вычетом массы ядра (это очевидно и без рисунка),

$$m_{об} = m_o - m_я = \pi R_o^2 \rho_o - \pi R_я^2 \left(1 + a^2\right)\rho_o \qquad \text{(2-1)}$$

А с другой стороны, масса оболочки равна той массе, которая находится вне ядра (это тоже ясно и без рисунка),

$$m_{об} = \left(\pi R^2 - \pi R_я^2\right)\rho_o$$

Приравнивая правые части полученных уравнений и с учетом (1-1), будем иметь

$$\boxed{\Delta r = a R_я} \qquad \text{(3-1)}$$

***Запомним*:** во всех последующих эволюционных моделях без исключения смещение всегда прямо пропорционально радиусу ядра и обозначается как указано выше.

Формулы (1-1) и (3-1) являются уравнениями массы плоского поля в эволюционной модели "однородное ядро плюс однородная оболочка" - (0+0).

Уравнение массы диска с ядром
$\Delta r^2 = r_o^2 - r^2 = R_o^2 - R^2 = a^2 R_я^2$

Однако пользоваться уравнением массы гораздо удобнее, если оно записано в форме, которая представлена ниже. Поэтому в отличие от первой, вторую запись назовем "уравнениями эволюции плоского поля" модели 0+0

.

ТБ.1-1. Уравнения эволюции плоского поля модели 0+0					Формулы перехода
	$\rho_я = \left(1 + a^2\right)\rho_o$	$\rho_{об} = \rho_o$			
СИ-R	$r^2 + \Delta r^2 = r_o^2$	$R^2 + \Delta r^2 = R_o^2$	$\Delta r = a R_я$		$r_o^2 = r^2 + \Delta r^2 = r^2 + R_o^2 - R^2 = \left(r^2 + a^2 R_я^2\right)$

СИ-Х	$x^2+\Delta x^2=x_o^2$	$X^2+\Delta x^2=1$	$\Delta x=aX_я$		$x_o^2=x^2+\Delta x^2=x^2+1-X^2=\left(x^2+a^2X_я^2\right)$

В правой колонке таблицы приведены формулы перехода от любой f функции одной фиксированной частицы r_o к той же f функции сразу для всех частиц *оболочки*. "Формулы перехода" получены из уравнений, представленных в левом столбце таблицы. Они свои для каждой из рассматриваемых в работе эволюционных моделей, но отличаются друг от друга только показателями степени.

О выражении "в каждый момент изменения системы"

Задача. Дано вращающееся небесное тело. В какой-то момент в его центре произошло возмущение плотности, и жидкость вихревым потоком устремилось к точке стока. Найти кривую распределения скоростей по разрезу тела в любой момент его изменения.

Как видим, перед нами стоит задача: *найти кривую распределения скоростей по разрезу тела в любой момент его изменения.* Но как это сделать? Как описать поведение функции, которая давала бы полную картину ее изменения сразу для всех частиц жидкости (по всему полю), да еще и "в любой момент его изменения"? На первый взгляд, задача кажется невероятно сложной и математически неразрешимой. Однако все намного проще, если мы несколько изменим ее формулировку, сохранив общий смысл.

В настоящей работе часто встречаются выражения типа "в каждый момент текущих изменений", "в один и тот же момент времени", "в любой момент изменения системы". Употребляя их для краткости, на самом-то деле все они означают, что процесс развития как бы остановлен, и мы рассматриваем поведение функции по разрезу тела при любом, но фиксированном значении его внешнего радиуса R. То есть, рассматриваем моментальный снимок, подобно тому, как, производя астрономические наблюдения в настоящее время, мы видим Вселенную как бы в стационарном, в застывшем ее состоянии. Затем, допустим, через миллион лет, снова делаем снимок и, сравнивая эти снимки, смотрим, какие произошли изменения в строении тел, в их относительном расположении и т.д.. Только в нашем случае за момент "съемки" берутся не временные интервалы, а внешний радиус R тела. Поэтому, поставленную выше задачу, надо понимать так: "Найти кривую скоростей по всему полю при любом, но фиксированном значении R внешнего радиуса тела".

Как записать любую функцию сразу для всех частиц оболочки.

Мысленно представим себе такую картину. Момент ОС$_o$. Имеется плоское небесное тело (диск), которое вращается с постоянной скоростью ω_o. В это время внутри диска на расстоянии r_o от его центра зафиксируем частицу r_o. Момент количества движения (далее - МКД) этой частицы впоследствии не меняется

$$m\,r_o^2\omega_o=m\,r^2\omega\,. \qquad (А)$$

Теперь в центральной части диска вещество сгустилось и все частицы, сохраняя свой МКД, вихревым потоком устремились в точку стока. Надо узнать:

1) как будет вращаться фиксированная частица r_o по мере её перемещении к центру. Из (А) , находим:

$$\omega=\frac{r_o^2}{r^2}\omega_o=\frac{x_o^2}{x^2}\omega_o\ ; \qquad (В)$$

В этих формулах в числителе стоят постоянные фиксированные значения радиусов r_o или x_o, выбранных нами частиц r_o или x_o (как уже говорили, впредь так по их координате и будем называть эти фиксированные частицы).

2) Теперь надо найти распределение скоростей по всему полю в момент, когда радиус диска равен R *или* X.

Для этого берем "Формулы перехода" :

$$r_o^2=r^2+\Delta r^2=r^2+R_o^2-R^2=r^2+a^2R_я^2 \quad , \text{ либо } \quad x_o^2=x^2+\Delta x^2=x^2+1-X^2=x^2+a^2X_я^2$$

и заменяем r_o (или x_o) , стоящее в числителе (В) . Таким образом, от функции одной частицы перейдем к той же функции сразу для всех частиц *оболочки.*

Итак, чтобы написать какую-то интересующую нас функцию "f" сразу *для всех частиц оболочки*, надо

1) написать эту функцию для одной фиксированной частицы r_o в период нахождения тела в ОС$_o$, считая, что *ее* исходная координата r_o в числителе формулы, всегда остается постоянным числом.

2) применить формулы перехода, заменив r_o или x_o, тем значением, которое в них указано.

Напишем несколько элементарных функций для одной фиксированной частицы r_o, связанных с ее скоростью при условии, что ее момент вращения не меняется. Используя формулу (B), имеем

ТБ. 2-1. Формулы для одной фиксированной частицы r_o. Плоское поле (диск).			
Угловая скорость	Линейная скорость	Центробежное ускорение	Уд. центробежная. энергия (УЦЭ)
$\omega = \frac{r_o^2}{r^2}\omega_o$	$\upsilon = \omega r = \frac{r_o^2}{r}\omega_o$	$F = \frac{\upsilon^2}{r} = \frac{r_o^4}{r^3}\omega_o^2$	$K_y = \frac{1}{2}\upsilon^2 = \frac{1}{2}\frac{r_o^4}{r^2}\omega_o^2$
$\omega = \frac{x_o^2}{x^2}\omega_o$	$\upsilon = \frac{x_o^2}{x}\upsilon_o$	$F = \frac{x_o^4}{x^3}F_o$; $F_o = \omega_o^2 R_o$	$K_y = \frac{x_o^4}{x^2}K_o^y$; $K_o^y = \frac{1}{2}R_o^2\omega_o^2$
Напоминаем «Формулы перехода»			
$r_o^2 = r^2 + \Delta r^2 = r^2 + R_o^2 - R^2 = r^2 + a^2 R_я^2$		$x_o^2 = x^2 + \Delta x^2 = x^2 + 1 - X^2 = x^2 + a^2 X_я^2$	

Далее будем часто пользоваться этими формулами. Поэтому, чтобы каждый раз не объяснять откуда, что и как, просто сошлемся на эту таблицу, в которой, как правило, будет меняться только последняя строчка - "Формулы перехода".

§ 2. Вращение жидкости в период коллапса.

Задача. 1) Дано плоское (диск) однородное по плотности и вращению небесное тело массы m_o, радиуса R_o, постоянной плотности ρ_o. Вращается с постоянной скоростью ω_o. Это исходное состояние уравновешенной гравитирующей системы - OC_o.

2) В какой-то момент, не выдержав тяжести, центральное вещество сгустилось, образовав скачком уплотненное ядро радиуса $R_я$

3) Получив возможность, вся остальная масса (оболочка) устремилась к ядру. Показать распределение угловых скоростей по разрезу тела при любом, но фиксированном радиусе R тела, если плотность оболочки ρ_o не меняется, локальный момент вращения сохраняется, а постоянная плотность ядра равна. $\rho_я = (1+a^2)\rho_o$, где a-коэффициент уплотнения ядра, постоянное безразмерное число порядка единицы.

Итак, в исходной позиции жидкость вращалась как единое целое с постоянной скоростью ω_o. Зафиксируем свое внимание на конкретной частице, которая находится на расстоянии r_o от центра. Если в дальнейшем эта частица будет иметь скорость и расстояние ω и r, то из сохранения МКД следует

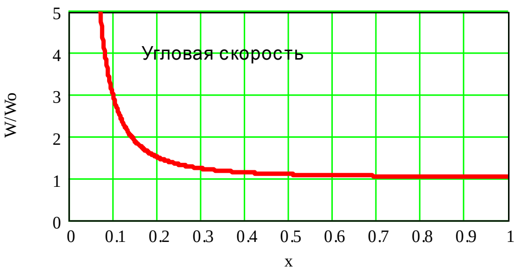
$$m r_o^2 \omega_o = m r^2 \omega. \qquad \omega = \frac{r_o^2}{r^2}\omega_o = \frac{x_o^2}{x^2}\omega_o \qquad (1\text{-}2)$$

Для того, чтобы узнать, как изменяются скорости всех частиц поля в один и тот же момент времени (т.е. при фиксированном радиусе R тела), используем «Формулы перехода». В числителе вместо r_o^2 (или x_o^2) пишем нужное нам значение.

$$\omega = \left(\frac{r^2 + \Delta r^2}{r^2}\right)\omega_o = \left(1 + \frac{R_o^2 - R^2}{r^2}\right)\omega_o = \left(1 + \frac{a^2 R_я^2}{r^2}\right)\omega_o \qquad (2\text{-}2)$$

$$\omega = \left(\frac{x^2 + \Delta x^2}{x^2}\right)\omega_o = \left(1 + \frac{1 - X^2}{x^2}\right)\omega_o = \left(1 + \frac{a^2 X_я^2}{x^2}\right)\omega_o \qquad (3\text{-}2)$$

Так вращается жидкость в период коллапса. Мы получили картину дифференциального вращения частиц жидкости **по всему полю** при любом, но фиксированном значении внешнего радиуса облака.



Первые два выражения каждого уравнения показывают, как изменяется скорость вращения жидкости в том случае, если радиус ядра неизвестен. Он может быть любым, в том числе и точечным вихревым образованием. Третий член показывает ту же кривую, но её изменение ограничено ядром плотности $\rho_я = \left(1+a^2\right)\rho_o$.

Обратите особое внимание на скорость вращения частиц оболочки при подходе к точке вихревого стока, то есть при $x \to 0$ $\omega \to \infty$ скорость вращения стремится к бесконечности! Представляете, как растут центробежные силы вблизи точечного ядра большой плотности! (К чему мы сейчас и перейдем).

На графике показана кривая скорости частиц оболочки по всему облаку в момент, когда X= 0,99 и рассчитанная по формуле (3-2) – средний член.

Как видно, с появлением центрального сгущения (ядра), все частицы оболочки , перемещаясь к центру и сохраняя свой МКД, имеют дифференциальное вращение. Угловые скорости (если смотреть по разрезу тела) монотонно растут, стремясь к бесконечности в точке стока. Если же в центре формируется ядро плотности $\rho_я = \left(1+a^2\right)\rho_o$, то, как это видно из последнего выражения формулы (2-2), при подходе к ядру все частицы начинают вращаться с одной и той же постоянной угловой скоростью – скоростью вращения ядра

$$\boxed{\omega_я = \left(1+a^2\right)\omega_o} \qquad (4\text{-}2).$$

Обратите внимание, вновь образованное ядро представляет собой растущую копию родительского тела: имеет постоянную плотность, вращается с постоянной скоростью независимо от величины своего растущего радиуса.

Если сжатие изначально однородного по плотности и вращению плоского тела начинается с образования центрального ядра постоянной плотности, то, при сохранении локального МКД, оно (ядро) в период своего роста независимо от размера, будет всегда вращаться с постоянной угловой скоростью. И обратно, если ядро небесного тела вращается с постоянной скоростью, значит, оно имеет постоянную плотность.

§ 3. Центробежная сила (ЦС) и удельная центробежная энергия (УЦЭ).

Темы, связаннее с поведением указанных функций - это самые важные темы. Они - главная суть работы. Поэтому следует обратить особое внимание на те места изложения, где о них идет речь. Далее мы будем говорить о центробежной силе и центробежной энергии. Но что это за функции, и как они влияют на сжатие вращающихся тел?

Когда частица, имея угловое перемещение, под действием центральной силы, движется к центру притяжения, то, как известно, линейную скорость можно разложить на радиальную и перпендикулярную к ней – тангенциальную линейную скорость. Первая - дает кинетическую энергию радиального движения; вторая - убыстряет вращение. *Кинетическую энергию углового перемещения физики называют центробежной энергией (ЦЭ).* В случае отсутствия радиальной скорости кинетическая энергия вращающегося тела и центробежная энергия вращающегося тела – это одно и то же.

Выведем формулы этих функций для вращающегося грузика, который под действием центральной притягивающей силы перемещается к центру с сохранением его момента количества движения (МКД).

На тонкой нити длиной r_o находится грузик **единичной** массы, который вращаем вокруг себя как центра притяжения со скоростью ω_o. В это время грузик имеет свой **собственный** МКД, который впоследствии не меняется.

$$r_o^2\omega_o = r^2\omega; \qquad \omega = \frac{r_o^2}{r^2}\omega_o \qquad (1\text{-}2)$$

Напомним, в числителе стоит фиксированная постоянная величина r_o - исходное удаление грузика от центра вращения. Как видно, грузик, приближаясь к центру, вращается все быстрей и быстрей. (по обратно квадратной зависимости) Наша рука испытывает возрастающее сопротивление - центробежную силу грузика, равную

$$F = \omega^2 r = \omega_o^2 \cdot \frac{r_o^4}{r^3}; \qquad \boxed{F = \frac{x_o^4}{x^3} F_o} \quad \text{где} \quad F_o = \omega_o^2 R_o \qquad (2\text{-}2)$$

Притягивая грузик к центру вращения и преодолевая сопротивление, мы совершаем работу. То есть, тратим свою энергию, которая переходит в кинетическую энергию его радиального движения и центробежную энергию вращения грузика. Центробежная энергия K_y грузика *единичной массы* равна

$$K_y = \frac{1}{2} r^2 \omega^2 = \frac{1}{2}\omega_o^2 \cdot \frac{r_o^4}{r^2}; \qquad \boxed{K_y = \frac{x_o^4}{x^2} K_o^y} \quad \text{где} \quad K_o^y = \frac{1}{2} R_o^2 \omega_o^2 \qquad (3\text{-}\ 2)$$

Далее во всей работе силовые и энергетические характеристики будем относить к единице массы. Центробежная сила единичной массы (ускорение) и центробежная энергия единичной массы будут выражаться формулами (2-2) и (3-2).

Внимание! Исключительно р*ади удобства*, центробежное ускорение будем далее называть центробежной силой и обозначать как ЦС, либо символом F, а центробежную энергию единичной массы назовем, как и положено, - удельной центробежной энергией (УЦЭ) и обозначать как K_y. Формулы ЦС и УЦЭ в разных системах измерения приведены в ТБ. 2-1.

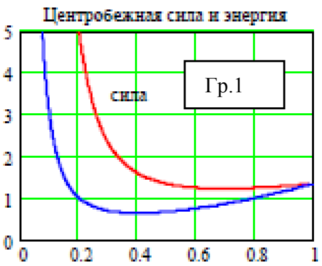
Примечание. Следует уделить особое внимание понятию и физическому содержанию центробежной силе и центробежной энергии. Далее мы увидим, что именно в результате действия центробежной силы зарождается ядро постоянной плотности. В результате действия центробежной силы процесс сжатия разреженной материи превращается в многопериодный процесс эволюции.

Чрезвычайно важно осознавать, что центробежные силы, препятствуют перемещению частиц к центру вращения, противодействуют сжатию разреженного тела. Делают вещество более жестким, более твердым, менее сжимаемым для сил, стремящихся сжать тело. А мерой этой «жесткости», мерой сопротивляемости перемещения частиц к центру является именно центробежная энергия.

Как формируется центральное скачком уплотненное ядро.

Рассмотрим поведение жидкости в период её вихревого стока. Но сначала напомним, к каким результатам пришли ученые, рассматривая коллапс плоского гидродинамического протозвездного облака («Протозвезды и планеты» под редакцией Т.Герелса, Ч.1. М. Мир, 1982 с. 321).

"Широко распространено мнение, что исходной конфигурацией, из которой образовалась Солнечная система, был вращающийся диск. Обычно расчет начинается с однородного диска, вращающегося недостаточно быстро. Диск коллапсирует, превращается в кольцо, затем распадается на части. Хотя мы не в состоянии сказать, что же в действительности произойдет с коллапсируюшей газовой массой, по-видимому, нет никаких убедительных доводов против возможности образования дисков в некотором количестве систем. Полезно было бы видеть подтверждение того, что в действительности диски все-таки образуются. Таким подтверждением, возможно, является существование дискообразных галактик". (Е. А. Спигел)



У нас (как и у астрономов) сжатие первоначально однородного по плотности и вращению облака начинается с того, что, не выдержав тяжести, центральное вещество сгущается, образуя ядро. Далее специалисты полагают, что плотность образовавшегося точечного ядра на несколько порядков больше "средней плотности" облака. Поэтому, лишившись опоры, все остальное вещество со скоростью свободно падающего тела устремляется к центру. Так как локальный момент вращения при свободном падении, (т.е. тот момент вращения каждой частицы жидкости, который она имела в OC_o) сохраняется, то быстро возрастающие с ростом глубины центробежные силы разрывают тело на части.

Таков общий итог расчетов коллапса плоского гидродинамического облака, полученный астрономами. Но какова же в реальности плотность зародившегося центрального сгущения - ядра, с которого и начинается процесс сжатия и чем она определяется? Оказывается, этот вопрос – вопрос плотности ядра- является решающим для всей последующей истории облака. Чрезвычайно завышенная, чисто умозрительная оценка плотности ядра, принимаемая астрономами при коллапсе вращающегося тела, приводит к ложным выводам.

Сейчас, не прибегая к домыслам, попробуем выяснить, какова должна быть плотность зародившегося ядра при эволюции вращающегося плоского тела в нашей гидродинамической эволюционной модели.

Задача. Дано однородное плоское (диск) небесное тело массы m_o, радиуса R_o, плотности ρ_o, которое вращается с постоянной скоростью ω_o. В какой-то момент, не выдержав тяжести, центральное вещество сгустилось, образовав ядро неизвестной плотности и размера. Получив возможность, жидкость, имея теперь дифференциальное вращение, вихревым потоком устремилась к центру диска. *Показать изменение ЦС и УЦЭ по всему диску* при любом, но фиксированном значении его внешнего радиуса R, если плотность ρ_o оболочки не меняется, а локальный момент вращения сохраняется.

Мы уже знаем, чтобы найти уравнения различных функций, которые развиваются внутри оболочки тела при его эволюции, надо найти искомую функцию для одной фиксированной частицы в период нахождения тела в $ОС_о$, а затем применить «формулы перехода». Функции ЦС и УЦЭ и для одной фиксированной частицы x_o мы уже находили раньше, вот они $\quad F = \frac{x_o^4}{x^3}F_o$; и $K_y = \frac{x_o^4}{x^2}K_o^y \qquad$ (4-2)

Используя «формулы перехода» $\quad \boxed{x_o^2 = x^2 + \Delta x^2 = x^2 + 1 - X^2 = x^2 + a^2 X_я^2}$,

$$F = \frac{\left(x^2+1-X^2\right)^2}{x^3}F_o = \frac{\left(x^2+a^2X_я^2\right)^2}{x^3}F_o \qquad (5\text{-}2)$$

$$K_y = \frac{\left(x^2+1-X^2\right)^2}{x^2}K_o^y = \frac{\left(x^2+a^2X_я^2\right)^2}{x^2}K_o^y \qquad (6\text{-}2)$$

(Из «формул перехода» мы взяли только нужные нам в данном случае).
Исследуем одновременно обе функции, сравнивая их поведение в один и тот же момент времени т.е. при одном и том же фиксированном внешнем радиусе R тела. Первая формула каждого уравнения показывает поведение функций от поверхности X тела и вплоть до точки вихревого стока. Вторая формула (синего цвета) показывает поведение тех же функций от поверхности X диска до ядра $X_я$ плотности - $\rho_я = \left(1+a^2\right)\rho_o$, о котором нам пока еще ничего не известно, поэтому его не рассматриваем.
1) Как видно из формул, до начала стока ($X = 1$) обе функции от наибольшего значения на поверхности X с глубиной x монотонно уменьшаются до нуля в центре.

$$F = x \cdot F_o \qquad \text{и} \qquad K_y = x^2 K_o^y \qquad 0 \le x \le X = 1$$

2) В какой-то момент, не выдержав тяжести, центральное вещество сжалось, образовав сгущение (точечный сток, допустим). Жидкость, имея теперь дифференциальное вращение, устремилась к точке вихревого стока. С этого момента поведение рассматриваемых функций резко меняется (см. гр.1). Сначала, считая от поверхности тела, обе кривые монотонно уменьшаются, достигают минимума и затем стремительно растут. Поведение этих функций в период вихревого точечного стока показано на гр.1 в момент, когда относительный радиус диска равен $X = 0{,}917$. Примем это значение внешнего радиуса $X = 0{,}917$ и далее как частный случай.

(Напомню: X - относительный радиус диска, задаваемая нами переменная фиксированная величина. По оси абсцисс отложены значения «x» - расстояние до центра диска).

Кривые центробежной силы ЦС и удельной центробежной энергии - УЦЭ

Посмотрим, как изменяется сопротивление продвижению частиц жидкости к центру в период вихревого стока. Напомним, затраты энергии на перемещение вращающихся частиц жидкости к центру диска определяются количеством энергии, необходимой на работу по преодолению центробежной силы единичной массы. То есть, *показателем сопротивления перемещению частиц жидкости к оси вращения является удельная центробежная энергия – УЦЭ.*

Еще и еще раз повторим этот самый важный момент.

Главный посыл астрономов относительно начала коллапса состоит в допущении того, что «центральное вещество сгущается, образуя ядро, плотность которого на много порядков выше средней плотности облака». Но может ли центральное сгущение иметь большую плотность? И если нет, то какова она должна быть и чем ограничена?

Вернемся к формуле (6-2) , которая показывает изменение УЦЭ по оболочке от поверхности диска X вплоть до точки вихревого стока

$$K_y = \frac{\left(x^2 + 1 - X^2\right)^2}{x^2} K_o^y \qquad (7\text{-}2)$$

$0 \prec x \le X \le 1$ Из графика функции УЦЭ видно, что кривая (на графике 1 синего цвета) с глубиной монотонно уменьшается, достигает экстремального минимума и затем стремительно растет. При подходе к точке вихревого стока, сопротивление перемещению частиц жидкости к центру диска становится бесконечно большим. Ясно, что центральное сгущение не может быть плотным точечным образованием, быстро растущие центробежные силы не позволят частицам жидкости даже близко подойти к точке стока. Центробежные силы остановят их перемещение к центру намного раньше. Выходит, в центре объекта – пустота и астрономы правы, утверждая это? Посмотрим.

Любопытно было бы узнать, а насколько это «намного раньше»? То есть, как далеко от центра вращения центробежные силы остановят перемещение частиц жидкости? Снова обратимся к формуле (7-2) и найдем минимум УЦЭ.

$\left(K_y\right)'_x = 0$. Минимум УЦЭ наступает при условии $\boxed{x_{\min} = \sqrt{1 - X^2}}$ (8-2)

Здесь через $x_{\min}$ обозначено расстояние от оси вращения до того места, где функция УЦЭ **имеет** минимум.

На гр. 2, УЦЭ - кривая красного цвета. При $X = 0,917$; $x_{\min} = \sqrt{1 - X^2} = 0,4 = X_я$. (Если бы мы взяли другое значение радиуса X диска, то и получили бы другую координату $x_{\min}$!!!)

Как видим, внутри диска имеется узкая концентрическая полоска ($X_я = 0,4$), где сопротивление перемещению частиц жидкости к центру вращения со стороны центробежной силы будет наименьшим, после чего (и практически тут же) сопротивление перемещению стремительно растет, представляя собой барьер, преграду для дальнейшего перемещения частиц к центру. Ясно, что именно здесь вещество оболочки будет останавливаться и, уплотняясь, скапливаться, образуя кольцо.

Так вот, оказывается, где находится, то самое «массивное кольцо» , о чем говорят и спорят астрономы!

«По истечении характерного времени свободного падения расчет приводил к образованию внутри облака кольцеобразной структуры с максимумом плотности в кольце, а не в центре облака. Кольцо было достаточно массивно, и минимум гравитационного потенциала также находился в кольце, вызывая перемещение вещества наружу из центра облака к кольцу.. Однако эксперименты Ларсона были подвергнуты критике, поскольку они были выполнены на грубой численной сетке (72 зоны) и в них не сохранялся момент количества движения. Положение стало еще более неясным, когда Чарнутер опубликовал результаты своих экспериментов, которые по начальным условиям были сходны с экспериментами Ларсона, но не дали никаких признаков образования кольца. Первые детальные эксперименты, показавшие, что во время коллапса вращающегося изотермического облака образуется кольцо, были выполнены Блэкком и Бонденхаймером. В них использовалась мелкая (1600 зон) подвижная сетка и точно сохранялся момент количества движения. Более поздние исследования Наказавы и др. подтвердили выводы Блэка и Боденхаймера *Итак, можно с определенной уверенностью сказать, что коллапс быстро вращающегося изотермического облака приводит к образованию кольца внутри звезды»* *(П. Боденхаймер, Д.К. Блэк)*

Чувствуете накал страстей! Стремление астрономов найти, выявить, как более ощутимей почувствовать этот рубеж, этот переломный момент перехода кривой центробежной силы от падения вниз к резкому подъему вверх, что, естественно, приводит к резкой остановке вещества оболочки и созданию «массивного кольца». (Кстати, они, видимо, нащупывали ход кривой центробежной силы, вместо УЦЭ – что неверно, хотя это не имеет принципиального значения !)

Теперь зададимся вопросами: а нельзя ли каким либо образом обойти этот барьер, это препятствие? Нельзя ли каким либо образом избежать этой «пустоты» в самом центре протозвезды, которая так подозрительна, и которая так болезненно воспринимается астрономами? И какую толщину имеет это «массивное кольцо», нет ли возможности его «сгладить»?

Еще раз вернемся к условию (8-2) минимума функции УЦЭ: $x_{\min} = \sqrt{1 - X^2}$. Обратите внимание: координата минимума $x_{\min}$, т.е. место скопления частиц жидкости не стоит на одном месте. Оно (место скопления) перемещается, удаляется от центра диска к его поверхности X. Но и сама поверхность X (относительный радиус всего диска) – не стоит на месте. Он (радиус диска) уменьшается, по мере перехода оболочки в ядро.

То есть, если в момент наименьшего сопротивления УЦЭ (после чего стремительно растет) происходит остановка и скопление вещества оболочки, образуя «массивное кольцо», то, как видим, граница кольца не остается постоянной, она расширяется, она удаляется от центра к поверхности диска. Получается, что это уже не массивное кольцо, сосредоточенное в одном месте. А наблюдаем равномерно распределенное утолщение центральной части диска, поскольку, повторим, граница остановки жидкости перемещается к краю облака.

Ошибка астрономов состояла в том, что у них облако было статичным, размер его не менялся. Заранее был выбран какой-то вполне определенный момент эволюции, задан вполне определенный размер диска и именно для этого случая и нащупывали ход кривой центробежной силы (ЦС) . Если же все участники эксперимента взяли одинаковые исходные условия, т.е. если на момент наблюдения радиус диска у всех исследователей был одинаков, то и координата минимума (с переходом на быстрый рост) кривой ЦС должна быть у всех одна и та же. И тогда это «великолепное» совпадение результатов трактовалось бы ими как истина в последней инстанции и что «массивное кольцо» действительно существует, а в центральной части облака действительно имеется дыра.

. Но достаточно было взять другой момент эволюции, задать другие начальные условия и тогда появилась бы другая кривая ЦС, другая координата кольца, как нового места сгущения вещества оболочки.

Однако вернемся к нашим делам. Снова обратимся к функции (6-2) и найдем условие минимума УЦЭ с учетом второго уравнения, связанного, как помним, с ядром постоянной плотности $\rho_я = \left(1+a^2\right)\rho_o$

$$K_y = \frac{\left(x^2+1-X^2\right)^2}{x^2}K_o^y = \frac{\left(x^2+a^2X_я^2\right)^2}{x^2}K_o^y \qquad \left(K_y\right)_x' = 0 \qquad \boxed{x_{\min} = \sqrt{1-X^2} = aX_я} \qquad (9\text{-}2)$$

Из (9-2) видно, что по мере перемещения вещества оболочки к точке вихревого стока, расстояние от центра диска до частиц с наименьшей УЦЭ увеличивается точно с такой же скоростью, с какой скоростью растет радиус ядра постоянной плотности. И если мы положим $a=1$, то будем иметь $\boxed{x_{\min} = X_я}$ (10-2)

Но при $a=1$ плотность ядра равна $\rho_я = \left(1+a^2\right)\rho_o = 2\rho_o$, следовательно

При постоянной плотности ядра ровно в два раза больше исходной плотности диска, имеем:
1) минимум УЦЭ будет всегда приходиться на границу оболочки с ядром, независимо от радиуса последнего.
2) Сжатие оболочки возле ядра будет всегда происходить при наименьшем тому сопротивлении со стороны центробежной силы. А это означает, что затраты энергии на преодоление центробежных сил при переходе оболочки в ядро будут всегда наименьшими.
3) Процесс сжатия начинающийся с зарождения ядра, плотность которого строго постоянна и зависит только от плотности исходного состояния тела, порождает многопериодную эволюцию.
4) Отсюда вытекает следствие: до тех пор, пока центральное сгущение, постепенно уплотняясь, не достигнет критической плотности- ядро расти не будет, а представляет собой пространственно малое центральное уплотнение – керн. И только когда плотность керна достигнет критической плотности, центральное сгущение начнет расширяться, называясь теперь ядром.

Вот именно отсюда автор настоящего исследования выдвинул гипотезу, назвав ее как «Требование наименьших энергетических затрат –ТНЭЗ»

	Требование наименьших энергетических затрат - ТНЭЗ
1	При изменении сплошной системы под действием собственных сил, затраты энергии на работу по реализации этих изменений, должны быть наименьшими
2	Изменение сплошной системы под действием собственных сил всегда идет по пути наименьшего сопротивления.

Однако затраты энергии будут наименьшими только в том случае, если процесс будет развиваться при наименьшем тому сопротивлении со стороны сил, препятствующих изменению. Следовательно, можно сказать и так «Процесс эволюции автономной системы всегда идет по пути наименьшего сопротивления».

То есть, эти два условия: требование наименьших затрат и движение системы по пути наименьшего сопротивления – тесно взаимосвязаны и вытекают один из другого. Для практического применения при решении задач следует исходить либо из того, либо из другого требования. Из того, который в данном случае более удобен, более понятен, более очевиден.

Смысл дальнейшей работы как раз и состоял в том, чтобы на возможно большем количестве примеров показать справедливость этого Требования, посмотреть, как он реализуется на практике, какие формы, благодаря ему, приобретает изменяющийся объект.

Возможно, математики скажут, что ТНЭЗ – это частный случай более общего принципа известного в механике как принципа наименьшего действия - ПНД. Не берусь судить. Было бы довольно глупо непрофессионалу рассуждать о вещах, над которыми задумывались величайшие гении астрономии, математики, механики, физики. Однако вот что очень и очень любопытно отметить.

Мы полагаем, что сжатие разреженных небесных тел идет варианту наименьших затрат энергии на работу по преодолению сил сопротивления. То есть главенствующим в процессе сжатия выступает принцип экономии энергии, принцип бережливости. И вот что говорил Эйлер **и именно по поводу наименьших затрат.**

«Если бы вопрос состоял в том, кому из философов первому пришло в голову, что природа во всех своих проявлениях идет легчайшим путем, или, что то же самое, пользуется наименьшими затратами, то, разумеется, было бы Смешно, если бы эту честь захотел приписать себе кто-нибудь из философов нашего времени. Ибо уже древнейшие философы знали, что природа ничего не делает напрасно, что вполне соответствует мысли о наименьших затратах. Ведь если природа допускала бы излишние затраты, то она, несомненно, что-то делала бы напрасно. Уже Аристотель часто упоминает об этом догмате, однако, как это кажется, он скорее почерпнул его у своих предшественников, чем придумал сам. В дальнейшем же эта мысль настолько закрепилась в философских школах, что из нее был создан первый канон философии.

Итак, речь идет здесь не о том, кто первый сказал, что в природе существует такой общий закон, а о том, кто первый тщательно описал этот закон и определил тот истинный объект, к крайнему уменьшению которого природа постоянно стремится не только в некоторых, но решительно во всех своих проявлениях. А это, как мы с полным правом утверждаем, никто не сделал ранее, чем знаменитейший президент.

Следовательно, мы согласны с тем, что многие признавали этот закон в общем виде, однако, настолько туманно, что они вовсе не знали, что именно в проявлениях природы является наименьшим. Далее, мы также соглашаемся, что некоторые поняли даже, что именно является наименьшим в отдельных проявлениях природы, но это было настолько тесно связано лишь с некоторыми частными случаями, что или никак не могло быть приспособлено к другим случаям, или способ приложения был совершенно неизвестен. Но хотя эта вторая стадия познания достойна всяческой похвалы, и следует считать, что именно она открыла путь к более полному познанию, ибо наша наука обычно идет вперед по ступеням от частного к общему, однако, поскольку здесь рассматривается всеобъемлющая сила природы, простирающаяся решительно на все проявления, невозможно вообще придавать какое-либо значение той силе, которая заключена лишь в частных случаях.

(Л. Эйлер. Диссертация о принципе наименьшего действия. Вариационные принципы механики. [Сб. ст.], под ред. Л. П. Полака, М., 1959).

Заключение.

Раньше мы привели два самых серьезных возражения противоречащие гипотезе Лапласа.

3	Плотность первичной туманности должна быть так мала, что она (туманность) в процессе сжатия не могла бы вращаться как твердое тело.
4	Отрыв вещества не может происходить скачками и только в экваториальной плоскости. Он может происходить либо квазинепрерывно, либо центрально - симметрично, как сброс оболочки при образовании планетарной туманности**.**

Ознакомившись с новыми выводами относительно сжатия плоского вращающегося гидродинамического облака по варианту «Коллапс» можно смело утверждать , что двух приведенных выше возражений больше не существует. Тем самым открывается новая страница для дальнейшего более углубленного познания образования Солнечной системы.

20 октября 2021 г.

§ 2. Вращение жидкости в период вихревого стока.

Задача. Дано однородное по плотности и вращению плоское тело. В какой-то момент центральное вещество сгустилось, образовав ядро, и вся остальная масса (оболочка) вихревым потоком устремилась к ядру. Показать *распределение угловых скоростей* по разрезу тела при любом, но фиксированном радиусе тела, если плотность оболочки не меняется, а локальный момент вращения сохраняется .

В исходной позиции жидкость вращалась как единое целое с постоянной скоростью ω_o. Зафиксируем свое внимание на конкретной частице, которая находится на расстоянии r_o от центра. Если в дальнейшем эта частица будет иметь скорость и расстояние ω и r , то из сохранения МКД следует

$$mr_o^2\omega_o = mr^2\omega . \qquad \omega = \frac{r_o^2}{r^2}\omega_o = \frac{x_o^2}{x^2}\omega_o \qquad (1\text{-}2)$$

Рассмотрим картину распределения скоростей по всему диску при фиксированном его радиусе R .

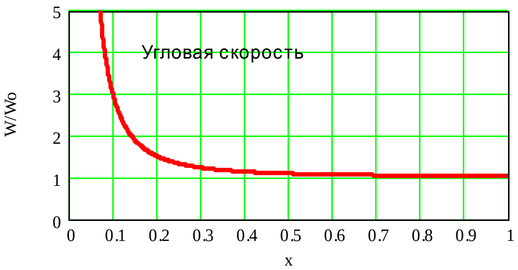
Формулы перехода от функции для одной частицы к функции для всех частиц оболочки	
$r_o^2 = r^2 + \Delta r^2 = r^2 + R_o^2 - R^2 = r^2 + a^2 R_я^2$	$x_o^2 = x^2 + \Delta x^2 = x^2 + 1 - X^2 = x^2 + a^2 X_я^2$

Для того, чтобы узнать, как изменяются скорости всех частиц поля в один и тот же момент времени (т.е. при фиксированном радиусе тела), используем «Формулы перехода». В числителе вместо r_o^2 (или x_o^2) пишем нужное нам значение.

$$\omega = \left(\frac{r^2 + \Delta r^2}{r^2}\right)\omega_o = \left(1 + \frac{R_o^2 - R^2}{r^2}\right)\omega_o = \left(1 + \frac{a^2 R_я^2}{r^2}\right)\omega_o \quad (2\text{-}2)$$

$$\omega = \left(\frac{x^2 + \Delta x^2}{x^2}\right)\omega_o = \left(1 + \frac{1 - X^2}{x^2}\right)\omega_o = \left(1 + \frac{a^2 X_я^2}{x^2}\right)\omega_o \quad (3\text{-}2)$$

Так вращается жидкость в период ее вихревого стока. Мы получили картину дифференциального вращения частиц жидкости **по всему полю** при любом, но фиксированном радиусе облака..



Первые два выражения в (2-2) показывают, как изменяется скорость вращения жидкости в том случае, если радиус ядра неизвестен. Он может быть любым, в том числе и точечным вихревым образованием. Третий член показывает ту же кривую, но её изменение ограничено ядром плотности $\rho_я = \left(1 + a^2\right)\rho_o$.

На графике показана кривая изменения скорости частиц оболочки по всему облаку в момент, когда X = 0,99 и рассчитанная по формуле (3-2) – средний член.

Как видно, с появлением ядра, все частицы жидкости, перемещаясь к центру и сохраняя свой МКД, имеют дифференциальное вращение. Угловые скорости (если смотреть по разрезу тела) монотонно растут, стремясь к бесконечности в точке стока. Если же в центре формируется ядро плотности $\rho_я = \left(1 + a^2\right)\rho_o$, то, как это видно из последнего выражения формулы (2-2), при подходе к ядру все частицы начинают вращаться с одной и той же угловой скоростью – скоростью вращения ядра

$$\boxed{\omega_я = \left(1 + a^2\right)\omega_o} \qquad (4\text{-}2).$$

Если сжатие изначально однородного плоского тела начинается с образования ядра постоянной плотности, то, при сохранении локального МКД, оно (ядро) в период своего роста независимо от последующего размера, будет всегда вращаться с постоянной скоростью. И обратно,
Если ядро небесного тела вращается с постоянной скоростью, значит, оно имеет постоянную плотность.