

**III международная
научно-практическая конференция
учащихся и студентов**

Секция №5.

**Тема:
О ФОРМЕ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ИДЕАЛЬНОЙ
ЖИДКОСТИ.**

Автор:

Конышев Сергей, 11 Б класс.

Руководитель:

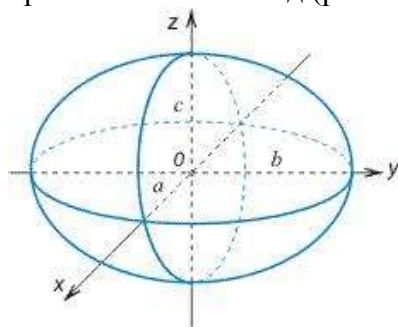
**Олейник Сергей Михайлович
учитель физики.**

Образовательное учреждение:

**МОУ «Средняя общеобразовательная школа №1»,
г. Серпухов**

Серпухов, 2010 г.

Идеальной несжимаемой жидкостью называют сплошную среду фиксированной плотности, не обладающую вязкостью и внутренним трением. Такое вещество, покоящееся в вакууме, принимает форму шара, обеспечивающую системе состояние минимума потенциальной энергии. А что случится с шаром, если он начнет вращаться? Поверхность, отвечающая минимальной энергии системы, перестанет быть сферической. Шар превратится в эллипсоид (рис. 1.)



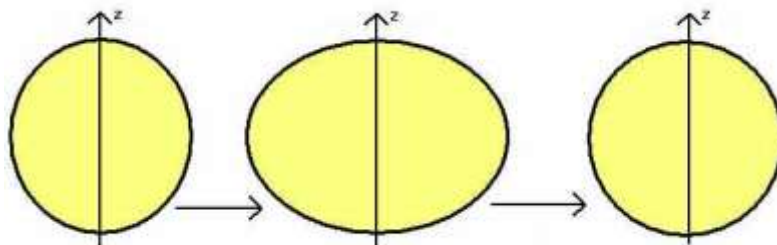
«Рис.1. Эллипсоид вращения».

Задача определения формы, которую занимает вращающаяся идеальная несжимаемая жидкость, может иметь важное значение для теоретической астрофизики, так как данная модель применяется для описания свойств звезд и планет.

Существуют звезды, изменяющие свой блеск - переменные звезды. По причинам изменения блеска переменные звезды классифицируются на:

- затменно-переменные (периодические затмения в тесной системе двух звезд, обращающихся вокруг общего центра масс);
- пульсирующие (периодические изменения размеров и поверхностной температуры);
- эруптивные (взрывающиеся) и другие.

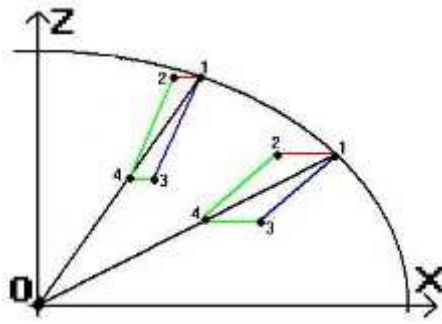
Известны звезды, переменность которых до сих пор не объяснена. Возможно, периодические изменения блеска одиночных звезд регистрируются из-за изменений площади поверхности звезды, обращенной к наблюдателю. Ведь именно такое явление возникает, если объект имеет форму эллипсоида! (рис.2.)



«Рис.2. Смена фаз и периодические изменения блеска звезды, имеющей форму эллипсоида».

Образование и устойчивость эллипсоидальных фигур идеальной жидкости, вращающейся с одинаковой для каждой ее точки угловой скоростью, сто лет назад рассчитаны аналитическим способом А.М. Ляпуновым. Форма Солнца и планет действительно отличается от идеально шарообразной, имеется сплюснутость у полюсов, тем большая, чем выше угловая скорость вращения объекта. Однако, характер вращения Солнца неравномерный. Полярные области Солнца вращаются с периодом, меньшим периода вращения его экваториальных областей. Данный факт, по-видимому, может быть обобщен на все звезды. Но каковы законы вращения других звезд? И насколько форма звезд в результате этого отличается от эллипсоида? Вполне возможно, что сильное сжатие полярных областей приведет к неустойчивости на экваторе и от основного тела отделится кольцо, унося момент количества движения на периферию рассматриваемой системы. Не так ли образуется и эволюционирует планетная система у звезд?!

Построим физическую модель расчета формы идеальной несжимаемой жидкости, вращающейся вокруг оси OZ. (рис. 3.)



«Рис. 3. Построение профиля поверхности, ограничивающей фигуру вращения идеальной жидкости».

На любую точку системы (1) действует сила, направленная к центру тяжести системы (0). Полное ускорение, сообщаемое этой силой точке (направлено от точки 1 к точке 4), геометрически складывается из центростремительного ускорения (направлено от точки 1 к точке 2) и гравитационного ускорения (направлено от точки 1 к точке 3). Задавая величину центростремительного ускорения и, считая, центром тяжести геометрический центр системы (0), можно определить направление гравитационного ускорения. Вычерчивая линии, перпендикулярные к вектору (направленному от точки 1 к точке 3) гравитационного ускорения, получим профиль поверхности, ограничивающей фигуру.

Математическая модель решаемой задачи может содержать следующие начальные условия:

- по координатам: $X_0=X$ (произвольное число, например 100) и $Z_0=0$;
- по центростремительному ускорению $C_0=C$ (выбирается согласно характеру вращения и от точки к точке может быть неизменным, задаваться формулой или таблицей);
- по полному ускорению $P_0=P = \text{const}$ (задается исходя из оценки массы и размеров объекта, может быть соотнесено (нормировано) с центростремительным ускорением, в ходе построения профиля поверхности не изменяется).

Для нахождения следующей точки поверхности может быть задан малый шаг по оси Z и использованы средства векторного исчисления. Задача может считаться решенной при получении у какой-либо из следующих точек нулевой координаты по оси X.

Информационная модель задачи может быть реализована в Microsoft Excel или на языках высокого уровня и подкреплена средствами векторной графики или flash-анимации.

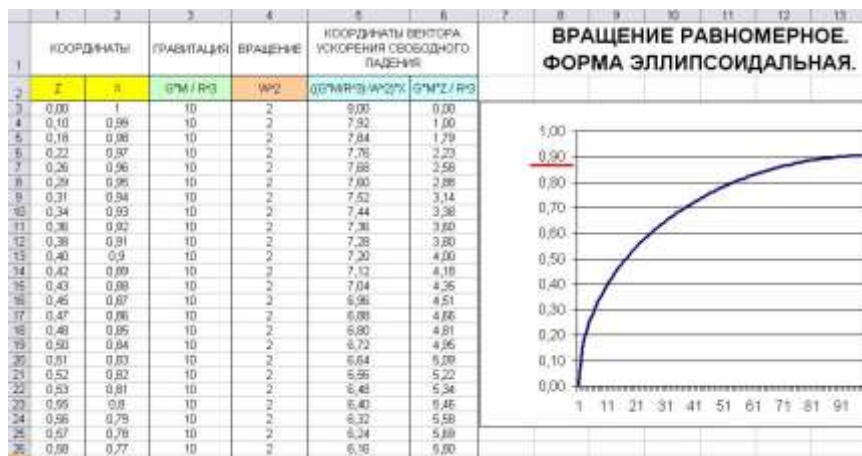
А теперь разрешите представить результаты нашего исследования, реализованные средствами Microsoft Excel.

Напоминаю, что идеальная жидкость, покоящаяся в вакууме, принимает шарообразную форму. На слайде представлена расчётная таблица и диаграмма представляющая четверть профиля сечения объекта.



В первом и втором столбиках таблицы указываются горизонтальная и вертикальная координаты профиля поверхности. В третий заносятся значения гравитационной силы, причём нормированные на величину равную GM/R^3 где G – гравитационная постоянная ($6,672 \cdot 10^{-11} \text{Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$), M – масса объекта, R – расстояние от геометрического центра до исследуемой точки. В четвёртый столбик заносятся значения квадрата угловой скорости, нормированные на $(2\pi/T)^2$, где T – период вращения вокруг вертикальной оси. В пятом столбике вычисляется, горизонтальная координата вектора ускорения свободного падения. В шестом столбике, вычисляется вертикальная координата вектора ускорения свободного падения. Пересчёт вертикальной координаты Z ведётся по формуле $Z=Z_0+(x-x_0)g_x/g_z$ где $(x-x_0)=0,01$. Диаграмма зависимости координаты Z от координаты X (профиль поверхности) показывает, что в случае отсутствия вращения (0 в четвёртом столбике) форма объекта шарообразная.

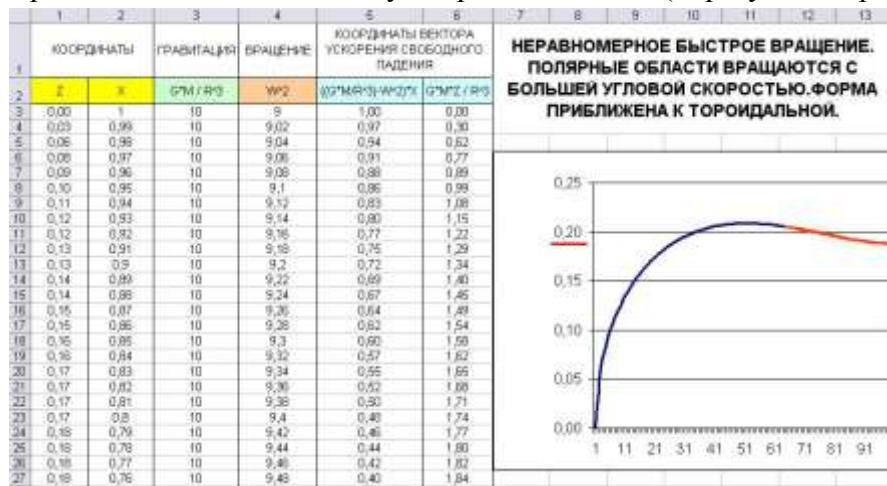
На следующем слайде показано, что в случае равномерного вращения, форма объекта становится эллипсоидальной, так как и рассчитал А.М. Ляпунов.



Данные два слайда подтверждают работоспособность физической, математической и информационной моделей. Попробуем задать неравномерное вращение с законом близким к параметрам вращения Солнца, т.е. угловая скорость вращения полярных областей выше угловой скорости вращения экваториальной части. Наблюдаем ещё большую сплюснутость фигуры у полюсов, тем самым доказывая возможность объяснения переменности одиночных звёзд эллипсоидальностью их формы.

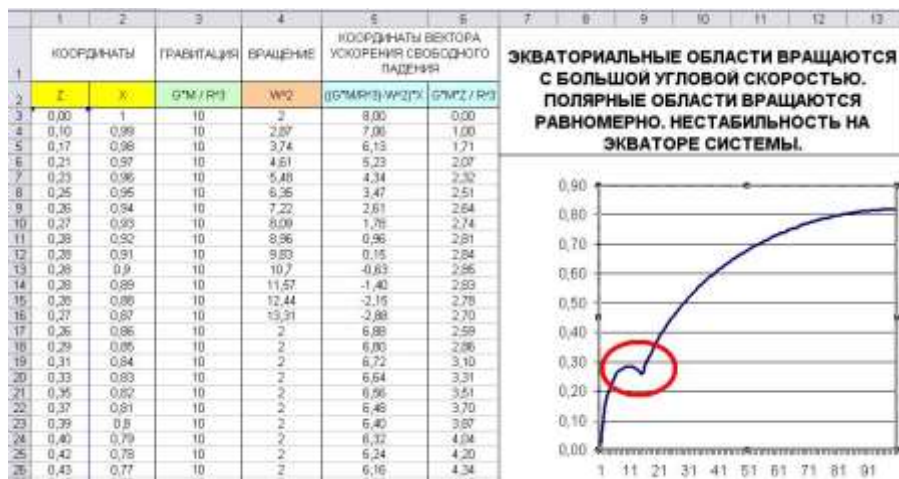


Также были проведены расчёты для случая очень быстрого вращения, которые показывают, что полярные области объекта могут «проваливаться» (образуется тороид).



Данный случай, по-видимому, на практике встретиться не может, так как центральные части тела явно находятся в твёрдом состоянии, а значит вращаются как единое целое.

Зададим такой характер вращения, что экваториальная часть быстро вращается как идеальная жидкость, а центральная с одинаковой угловой скоростью (как твёрдое тело). На слайде видно, что в экваториальной области образуется кольцо, которое будет выброшено на периферию системы.



Таким образом может быть высказана ещё одна гипотеза о происхождении планетарных систем.

Литература:

1. Ляпунов А.М. Лекции по теоретической механике., Киев, «Наук. думка», 1982 г.
2. http://ru.wikipedia.org/wiki/Переменная_звезда
3. <http://www.pm298.ru/reshenie/vektor.php>