

А.Г. Пархомов

О НЕЙТРИНОСФЕРАХ

Нейтриносферами мы будем называть оболочки небесных тел и систем, состоящие из потоков ТМ, движущихся вокруг них по различным орбитам. Понятно, что термин «нейтриносфера» (уже применявшийся в работах [54–57]) небызупречен, хотя бы потому, что в её состав, помимо нейтрино, могут входить и другие слабовзаимодействующие частицы, имеющие массу покоя. Но его применение оправдывается лаконичностью и аналогичностью таким устоявшимся терминам, как «атмосфера», «магнитосфера» и т.п., несущим в себе смысл соотношения с каким-либо космическим объектом.

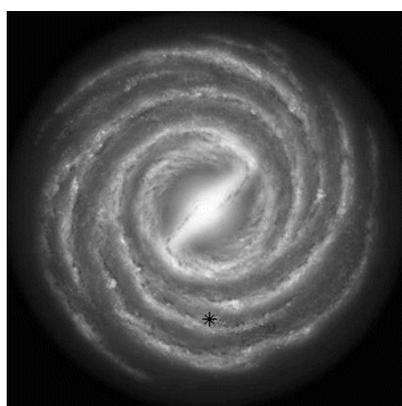
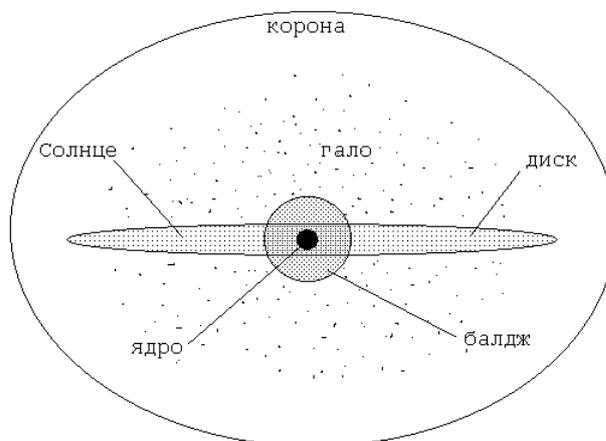


Рис. 2.8. Приблизительно так выглядит наша галактика «Млечный Путь» со стороны (компьютерная графика). Положение Солнца отмечено звездочкой. Источник – <http://gizmod.ru>

Наша Галактика [58, с. 62–75] состоит приблизительно из $2 \cdot 10^{11}$ звезд; в ней также содержится значительное количество газа и пыли. Звезды Галактики образуют в пространстве сложную, но достаточно правильную фигуру, которая выглядит как правильный диск с шарообразным утолщением в центре, получившем название «балдж» (см. рис. 2.8 и 2.9). Радиус диска составляет около 15 *кпк*, балджа – около 4 *кпк*. Диск с балджем окружен звездным гало (сферической подсистемой), имеющей радиус около 20 *кпк*. В центральной области Галактики находится ядро с высокой плотностью звезд, имеющее радиус несколько парсек. В самом центре Галактики, по-видимому, находится черная дыра с массой 2,4 миллиона масс Солнца [59].

Рис. 2.9. Схема строения Галактики



От центральной области к периферии диска отходят спиральные рукава, в которых преимущественно концентрируются наиболее яркие звезды Галактики. Солнечная система находится на расстоянии около 8,5 *кпк* (по данным [119, 120], на расстоянии 7–7,5 *кпк*) от центра Галактики почти в плоскости симметрии диска и движется по орбите, близкой к круговой, со скоростью около 230 *км/с*.

Масса звезд в пределах сферического объема радиусом ~ 15 *кпк* приблизительно равна $10^{11} M_c$ (масс Солнца), масса газа и пыли составляет несколько процентов от массы звезд. Масса диска – $9 \cdot 10^{10} M_c$, масса гало – $1,2 \cdot 10^{10} M_c$, масса балджа – $4 \cdot 10^9 M_c$, масса ядра – $10^8 M_c$. Большая часть массы ($\sim 10^{12} M_c$) находится в короне – протяженной сфероидальной области за пределами гало. Корона состоит из вещества, не наблюдаемого современными астрономическими приборами – скрытой (темной) материи (ТМ).

Пространственная концентрация звезд в галактической окрестности Солнца примерно 0,1 *звезд/пк³*. В центре Галактики концентрация звезд около 10^6 *звезд/пк³*.

Диапазон возрастов звезд очень велик. Самый большой возраст $\sim 1,5 \cdot 10^{10}$ *лет*. Старые звезды образуют гало. Среди молодых звезд обнаружены звезды с возрастом $\sim 10^5$ *лет*; звездообразование продолжается и в настоящее время. Молодые звезды встречаются только в диске. Преобладающее большинство звезд диска имеют промежуточный возраст, порядка нескольких миллиардов лет. К числу этих звезд относится и Солнце.

Орбиты старых и молодых звезд имеют различный характер. Старые звезды движутся в Галактике по сильно вытянутым орбитам (эксцентриситет $e > 0,5$), молодые же вращаются вокруг центра по орбитам, близким к круговым ($e < 0,3$). Так же движутся газ и пыль. В совокупности молодые звезды, газ и пыль образуют вращающийся с большой скоростью диск Галактики, тогда как гало старых звезд почти не вращается. При этом диск как бы вложен в подсистему старых звезд.

Первые результаты, свидетельствующие о наличии во Вселенной огромных масс вещества, не наблюдаемого астрономическими инструментами, были получены в 1933 г. [46]. Ф.Цвикки обнаружил, что галактики в скоплениях движутся так, как будто масса, формирующая гравитационное поле, значительно превышает сумму масс всех входящих в скопление отдельных галактик.

Этот результат был малоизвестным парадоксом до тех пор, пока не были накоплены наблюдательные данные о скоростях движения карликовых галактик-спутников и облаков газа, вращающихся далеко за пределами звездных дисков галактик [47, 48]. Оказалось, что скорость вращения V не падает с расстоянием от центров галактик R_0 , а остается примерно постоянной до расстояния несколько десятков *кпк*, в то время как практически все звезды в галактиках расположены на удалении до 10 *кпк*.

Из закона всемирного тяготения следует, что скорость вращения тел в гравитационном поле

$$V = \sqrt{\frac{M(r)G}{r}}, \quad (2.8)$$

где $M(r)$ – масса вещества в сфероидальном объеме радиуса r ;

G – гравитационная постоянная.

Сферически симметричный слой вещества, расположенный *вне* сферы радиуса r , как известно, дает результирующую сумму гравитационного притяжения, равную нулю [53].

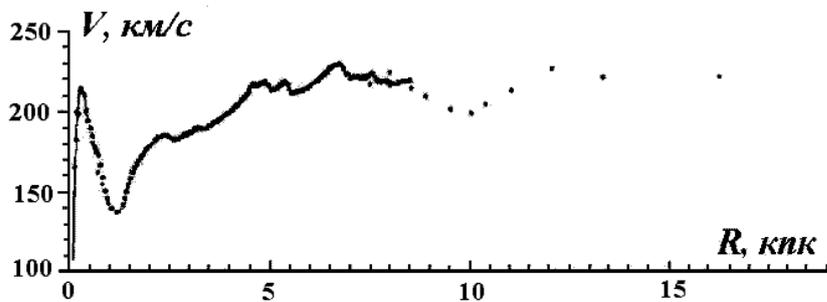


Рис 2.10. Зависимость скорости вращения V_0 от расстояния до центра галактики Млечный Путь [60]

Слабая зависимость V от r свидетельствует о том, что масса галактики не сосредоточена в области расположения звезд, а возрастает пропорционально расстоянию от центра до нескольких «звездных» радиусов. Полная масса галактик не менее чем в несколько раз превышает суммарную массу звезд и газопылевых образований.

Присутствующее в галактиках и скоплениях галактик вещество, не наблюдаемое астрономическими инструментами – это и есть уже упоминавшаяся «темная материя». Исследования ТМ находятся на начальном этапе, и в знаниях о ней есть немало пробелов. Но ряд свойств ТМ установлен уже достаточно уверенно:

- ТМ в несколько раз (или даже на порядок) превосходит массу звезд в галактиках и массу галактик в скоплениях галактик;
- ТМ галактик распределена в сфероидальной области радиусом в несколько десятков кпк;
- в пределах этой области величина массы, заключенной в сфере радиуса r , примерно пропорциональна r .

Этих надежно установленных свойств ТМ вполне достаточно для того, чтобы сделать целый ряд не только качественных оценок, но и численных расчетов пространственных и угловых распределений ТМ, спектров скоростей частиц, составляющих ТМ.

Рассмотрим тело, движущееся вокруг центра Галактики по круговой орбите радиуса r . Как было отмечено, астрономические наблюдения показывают слабую зависимость скорости движения V от r . При изменении r от 1 кпк до 16 кпк V меняется в пределах 210...270 км/с; при изменении r от 6 до 12 кпк (в этой области расположено Солнце) V меняется от 240 до 260 км/с [58, с. 70] или, по другим данным, в диапазоне от 5 до 16 кпк V меняется в пределах от 210 до 230 км/с [60]. В дальнейшем при оценочных расчетах мы будем считать, что при изменении r от нескольких кпк до нескольких десятков кпк скорость движения объектов по круговым орбитам в Галактике постоянна и равна 230 км/с. Как показано в работе [61], такой упрощенный подход дает результаты, мало отличающиеся от более сложных расчетов. Величину $V_0 = 230$ км/с будем считать константой, характеризующей многие свойства Галактики.

Из соотношения 2.8 следует, что независимость скорости движения по круговой орбите от радиуса обеспечивается при условии прямой пропорциональности $M(r)$ – массы вещества в сфероидальном объеме радиуса r величине этого радиуса. Обозначив M_2 – массу всей Галактики, а R_2 – расстояние от центра Галактики до ее «эффективной» границы, получим

$$\frac{M(r)}{r} = \frac{M_2}{R_2}. \quad (2.9)$$

Подставив 2.9 в 2.8, получим

$$V_0 = \sqrt{\frac{M_2 G}{R_2}}, \quad (2.10)$$

откуда следует, что

$$M_c = \frac{V_0^2 R_c}{G}. \quad (2.11)$$

Таким образом, между массой Галактики и ее размерами, включая корону темной материи, существует однозначная зависимость. Если Галактика имеет радиус 20 *кпк*, она имеет массу $2,9 \cdot 10^{11} M_c$. Если она простирается до 100 *кпк*, ее масса $1,4 \cdot 10^{12} M_c$. Точными данными о размерах и массе нашей Галактики наука пока не располагает. Но, даже не обладая этими данными, можно сделать оценочные расчеты распределения и движения галактического вещества.

Начнем с расчета зависимости средней плотности вещества Галактики ρ от расстояния до центра. По определению, $\rho = dM/dW$, где $W = 4\pi r^3/3$ – объем, занимаемый массой $M = M_c r/R_c = V_0^2 r/G$. Произведя дифференцирование, получим

$$\rho = \frac{V_0^2}{4\pi G r^2}. \quad (2.12)$$

Примечательно, что средняя плотность вещества Галактики зависит только от расстояния до центра, но не зависит от полной массы Галактики и её размеров.

Подставив в эту формулу $V_0 = 2,3 \cdot 10^5$ м/с и $r = 8,5$ *кпк* ($2,6 \cdot 10^{20}$ м) получим, что в районе расположения Солнца $\rho = 9,3 \cdot 10^{-22}$ кг/м³. Сопоставим эту цифру с плотностью барионного вещества. В районе Солнца плотность звездного вещества (на долю которого приходится почти вся барионная материя) по данным [58, с. 70] составляет $\sim 0,1 M_c/\text{пк}^3 = 6,8 \cdot 10^{-21}$ кг/м³. Большинство звезд сжато в диск толщиной $h \sim 1$ *кпк*. Если бы звезды были равномерно распределены по сфере радиуса $R_c = 8,5$ *кпк*, их плотность снизилась бы в $2R_c/h$ раз и составила бы $4 \cdot 10^{-22}$ кг/м³. Сопоставление этой величины с ранее найденной суммарной плотностью звезд и ТМ ($9,3 \cdot 10^{-22}$ кг/м³) приводит к выводу о том, что ТМ и звездное вещество на расстоянии 8,5 *кпк* от центра Галактики, в среднем, представлены примерно в равной пропорции (на долю ТМ приходится примерно $5,3 \cdot 10^{-22}$ кг/м³). Если Солнце расположено на расстоянии 7 *кпк* от центра Галактики [120], аналогичные расчеты дают примерно двукратное превышение плотности ТМ над плотностью звездного вещества (на долю ТМ приходится примерно $9,1 \cdot 10^{-22}$ кг/м³).

Но поскольку звезды сжаты в диск, а ТМ распределена сфероидально, плотность ТМ в районе Солнечной системы на порядок меньше плотности звездного вещества. Если же сопоставить плотность ТМ со средней плотностью вещества в Солнечной системе, считая ее границей орбиту Плутона, получится разница в 11 порядков.

Согласно нынешним представлениям, частицы темной материи являются «реликтовыми» частицами, образовавшимися на ранних этапах формирования Вселенной. Теория эволюции этих частиц изложена в работе [44]. Согласно этой теории, в современную эпоху реликтовые частицы типа нейтрино, имеющие массу m [эВ], должны (при отсутствии гравитационного поля) обладать хаотическим движением, характеризуемым среднеквадратичной скоростью $2,0 \cdot 10^5/m$ [м/с]. Частицы с массой 1 эВ имеют среднеквадратичную скорость 200 км/с.

При наличии гравитационного поля движение приобретает упорядоченность: частицы движутся по орбитам, параметры которых определяются гравитационным полем, импульсами и координатами частиц.

Поскольку галактическое гравитационное поле меняется не по закону $1/r^2$, движение в нем не соответствует законам Кеплера. Траектории движения не являются эллипсами, более того – они не замкнуты. Орбиты частиц с каждым витком изменяют свою ориентацию в пространстве, хотя минимальные R_{min} и максимальные R_{max} расстояния до центра сохраняются [53, с. 43–47].

В работе [61] показано, что радиальная составляющая скорости частиц, приходящих в районы Галактики, не слишком близкие к центру или границе, довольно слабо зависит от

R_{max} . Характерная радиальная скорость – несколько сотен км/с – значительно превышает тангенциальные скорости частиц с массой больше нескольких эВ. Следовательно, направление движения этих частиц мало отличается от радиального. Период обращения частиц с $R_{max} = 10...50$ кпк от 100 до 500 миллионов лет. За время существования Галактики ($\sim 10^{10}$ лет) частицы совершили всего несколько десятков оборотов.

Рассмотрим вероятность искажения траектории частицы при прохождении ее достаточно близко к некоторой звезде. Можно подсчитать, что при типичной скорости движения частиц несколько сотен км/с заметное изменение направления движения ($\sim 1^\circ$) происходит, когда частица проходит мимо типичной звезды на расстоянии $R \sim < 3 \cdot 10^{12}$ м [61], то есть «сечение рассеяния» частицы звездой $\sigma = \pi R^2 \sim 3 \cdot 10^{25}$ м². Средняя концентрация звезд в Галактике $n \sim 10^{-50}$ м⁻³, а протяженность ее $L \sim 3 \cdot 10^{20}$ м. Исходя из этих величин, нетрудно оценить вероятность того, что траектория частицы при прохождении Галактики будет существенно искажена одной из звезд: $w = \sigma n L \sim 10^{-4}$. Так как частицы успели совершить не более 100 прохождений через Галактику, менее чем у 1% из них траектория заметно искажена действием отдельных звезд. Эффект рассеяния ТМ звездами приводит к появлению компоненты потока ТМ с направлением движения, существенно отличным от радиального, с сильно размытым угловым распределением.

Отметим, что частным случаем влияния гравитации отдельных небесных тел на потоки ТМ является гравитационная фокусировка, приводящая к весьма значительному возрастанию концентрации ТМ в определенных областях пространства (см. главу 2.6).

Как было отмечено выше, движение основной доли достаточно массивных частиц в Галактике (за исключением областей, близких к границе и центру) мало отличается от радиального. Поток таких частиц, пересекающий сферу радиуса r , состоит из двух компонент:

- частиц, движущихся к центру из области между r и R_2 ;
- частиц, движущихся от центра и имеющих точку поворота между r и R_2 .

Эти две компоненты отличаются только направлением движения частиц.

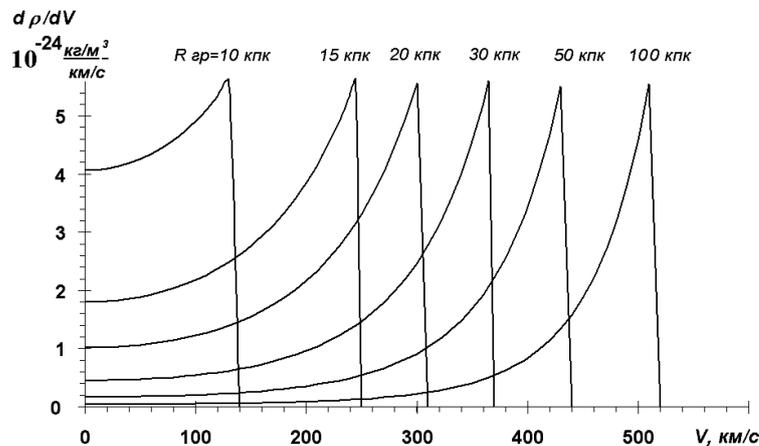


Рис. 2.11. Распределение темной материи Галактики по скоростям частиц в районе Солнечной системы

Распределение массы частиц в единице объема по радиальным скоростям (которое в дальнейшем будем называть спектром скоростей ТМ) в районе Солнечной системы ($r = 8,5$ кпк) согласно [61], имеет вид, показанный на рис. 2.11. Поскольку сведения о массе и размерах Галактики, полученные из астрономических наблюдений, весьма неопределенные, расчет сделан для нескольких эффективных радиусов Галактики от 10 до 100 кпк. В дальнейшем, сопоставив эти расчетные спектры со спектрами определенными экспериментально, можно будет, наконец, решить проблему размеров и массы Галактики.

Характерны острые пики в области высоких скоростей. Это является следствием принятой в модели резкой границы короны ТМ. Реальная граница, вероятно, имеет

некоторую «размытость». Протяженность границы в 10 *кпк* приводит к «размытости» границы спектра порядка 50 *км/с*.

Практически важным является распределение скоростей ТМ Галактики, достигающих земного наблюдателя. В этом случае описанный выше спектр искажается движением Солнца по галактической орбите, движением Земли вокруг Солнца, вращением Земли вокруг своей оси, а также ускорением частиц в гравитационных полях Солнца и Земли. Наибольший вклад в изменение спектра дает первый из перечисленных факторов. Учет его приводит к распределению, показанному на рис. 2.12 [52, 61].

Сопоставляя их со спектрами, показанными на рис. 2.10, отметим смещение скоростей в область более высоких значений и появление второго пика в области $V_C \sim V_0$. Спектры обрываются не только справа, но и слева. Диапазон возможных скоростей частиц, достигающих земного наблюдателя – от 230 до 500...600 *км/с*.

Вращение Земли по орбите вокруг Солнца приводит к периодическим смещениям спектра в сторону больших и меньших скоростей с амплитудой около 20 *км/с* и периодом, равным году. Аналогично, вращение Земли вокруг своей оси приводит к суточным вариациям спектра с амплитудой около 0,5 *км/с*. Ускорение частиц гравитационным полем Солнца приводит к увеличению скоростей на 1...2 *км/с*. Влияние гравитации Земли на порядок меньше.

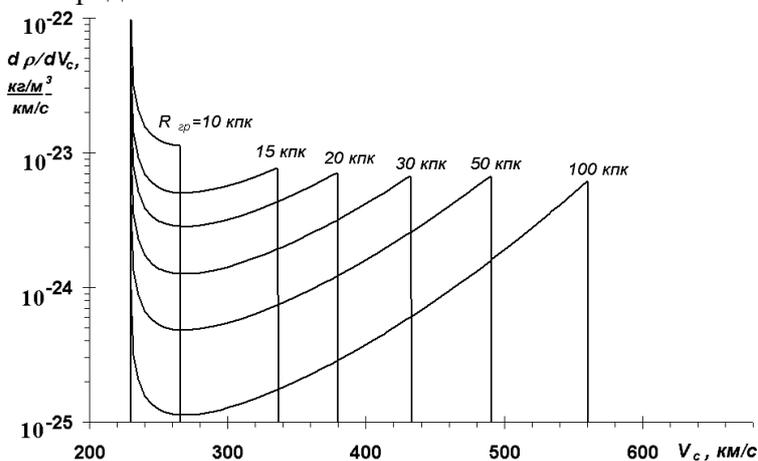


Рис 2.12. Распределение темной материи по скоростям движения частиц в районе Солнца с учетом вращения Солнца по галактической орбите

Рассмотрим теперь *угловое распределение* потока темной материи с учетом движения Солнечной системы.

Солнечная система движется в плоскости галактического экватора по орбите, близкой к круговой, со скоростью $V_0 = 230$ *км/с*, то есть перпендикулярно направлению движения основной части ТМ, имеющей скорость V . Следовательно, угол встречи φ Солнечной системы и потока ТМ определяется по формуле

$$\varphi = \arctg\left(\frac{V_0}{V}\right). \quad (2.13)$$

Угол $\varphi = 0$ соответствует направлению на центр Галактики, то есть φ – это *галактическая долгота* точки на небесной сфере, откуда приходит поток ТМ. Так как движение Солнечной системы происходит в плоскости галактического экватора, *галактическая широта* направления прихода потока ТМ близка к нулю. Результаты расчета угловых распределений в районе Солнечной системы [52, 61] представлены на рис. 2.13. Наблюдатель, находящийся на Земле, при определении направления приходящего потока должен учитывать не только движение Солнца в Галактике, но и движение Земли вокруг Солнца, так как оно приводит к периодическим изменениям (с периодом 1 *год*) направления встречи частиц и наблюдателя с амплитудой несколько градусов.

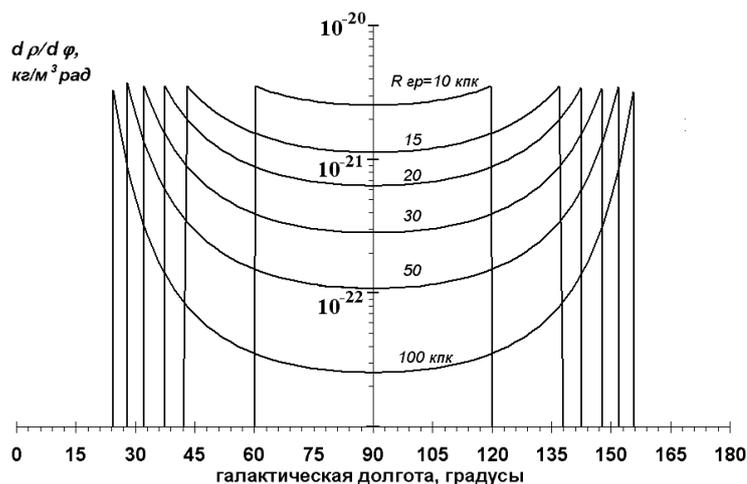


Рис 2.13. Угловые распределения потоков частиц скрытой материи при различных радиусах короны ТМ

Анализ сделанных расчетов спектрально-угловых распределений потоков ТМ Галактики дает основание для следующих выводов. Наблюдатель, находящийся в Солнечной системе, воспринимает поток, который приходит в основном из плоскости галактического экватора (галактическая широта ~ 0). Поток распределен по галактической долготе φ симметрично относительно $\varphi = 90^\circ$ и охватывает диапазон величин φ от 25° до 155° .

Максимальный поток идет из областей небесной сферы с галактическими долготами около 30° и 150° . Экваториальные координаты этих направлений – склонения около -3° и $+53^\circ$ и прямые восхождения около $18,7 \text{ час}$ и $4,0 \text{ час}$ (созвездия Орла и Персея). Из этих направлений приходят частицы со скоростями $400..500 \text{ км/с}$. Из области небесной сферы вблизи $\varphi = 90^\circ$ (склонение $+48^\circ$, прямое восхождение 21 час – район звезды Денеб) приходят частицы, имеющие скорость около 230 км/с .

Таким образом, основная часть потока ТМ Галактики, наблюдаемого на Земле, приходит из полосы небесной сферы шириной в несколько градусов, простирающейся от созвездия Персея до созвездия Орла. С других направлений могут приходиться частицы, рассеянные в гравитационных полях звезд, а также внегалактические частицы (имеющие скорость $\sim 10^3 \text{ км/с}$) и частицы солнечной и земной нейтриносфер (скорость $30-70$ и $7,8-11,2 \text{ км/с}$).

Напомним, представленные в этой главе результаты получены в предположении, что частицы имеют массу больше нескольких эВ , движение которых в районе Солнечной системы близко к радиальному. Распределение менее массивных частиц по скоростям и углам более равномерное и «размытое».

Нейтриносфера Солнца

На наличие темной материи в околосолнечном пространстве указывает аномальное ускорение космических аппаратов, достигших удаленных областей Солнечной системы (Пионеров 10 и 11, Вояджеров 1 и 2, «Кассини», «Галилео») [63], которое трудно объяснить иначе как гравитацией «размазанной» по солнечной системе невидимой массы порядка суммарной массы всех планет. Из всей совокупности частиц солнечной нейтриносферы на Земле могут быть зарегистрированы лишь те, орбиты которых пересекают орбиту Земли. Эти частицы при пересечении орбиты Земли могут иметь скорости V , лежащие в пределах от $2,9 \text{ км/с}$ до 42 км/с [52]. Минимальными скоростями обладают частицы с перигелиями вблизи Солнца и с афелиями, касающимися орбиты Земли. Скорость встречи таких частиц с Землей близка к скорости орбитального движения Земли ($\sim 30 \text{ км/с}$). А полный интервал возможных скоростей встречи – от $11,2 \text{ км/с}$ (если частицы движутся по орбитам, близким к

земной, вдоль направления движения Земли с учётом ускорения их гравитационным полем Земли) до ~ 72 км/с (если частицы в перигелии движутся навстречу Земле и приходят из отдалённых областей Солнечной системы).

Таким образом, скорость частиц нейтриносферы Солнца относительно Земли должна измеряться десятками км/с. Можно предположить, что преобладают две компоненты. Одна из них образуется частицами, имеющими афелии вблизи орбиты Земли, а перигелии – вблизи Солнца. Из-за низкой скорости движения таких частиц вблизи афелиев их концентрация намного выше концентрации частиц с другими скоростями. При своем орбитальном движении Земля встречается с этими частицами со скоростью около 30 км/с. Ускорение гравитационным полем Земли приводит к возрастанию скорости у поверхности Земли до 31,8 км/с. Наблюдаемое с Земли направление движения частиц этой компоненты лежит в плоскости эклиптики и меняется, опережая Солнце на 90° .

Вторая компонента образуется из частиц, афелии которых находятся на расстояниях, значительно превышающих радиус орбиты Земли. Эти частицы движутся по сильно вытянутым орбитам и по мере приближения к перигелию плотность их потока резко возрастает: через относительно небольшую область пространства пролетают частицы, орбиты которых могут простираться до расстояний, сравнимых с расстоянием до ближайших звезд. Скорость этих частиц вблизи орбиты Земли около 42 км/с, направление их движения близко к радиальному, скорость встречи с поверхностью Земли с учетом ее орбитального движения и ускорения в земном гравитационном поле – 52,7 км/с. В результате того, что Земля движется по орбите со скоростью 29,8 км/с перпендикулярно направлению движения частиц, земной наблюдатель воспринимает поток частиц этой компоненты отклоненными в сторону движения Земли на угол $35,3^\circ$. На небесной сфере поток этих частиц будет наблюдаться в виде двух пятен, расположенных вблизи плоскости эклиптики и отклоненных от направления на Солнце на $35,3^\circ$ (частицы, движущиеся от Солнца) и на $144,7^\circ$ (частицы, движущиеся к Солнцу).

На нейтриносферу Солнца влияют планеты Солнечной системы, в первую очередь – Юпитер и Сатурн. Можно предположить, что ритмические изменения в солнечной нейтриносфере, связанные с изменением взаимного положения планет, являются фактором, синхронизирующим солнечную активность с ритмом изменения положения центра масс Солнечной системы относительно Солнца. До сих пор отчетливая корреляция между солнечной активностью и положением центра масс Солнечной системы удовлетворительного объяснения не имела.

Нейтриносфера Земли

Расчёт закономерностей изменения потока частиц нейтриносферы вблизи поверхности Земли требует учёта рассеяния частиц в атмосфере и земных недрах, приводящего к резкому изменению параметров орбит, а также влияния гравитационных полей Луны и Солнца для орбит с апогеями, превышающими 200 000 км. Это делает расчёт параметров и динамики нейтриносферы Земли весьма сложной задачей.

У поверхности Земли, как известно, круговая («первая космическая») скорость $V_0 = 7\,905$ м/с, а параболическая («вторая космическая») скорость – $V_{02} = 11\,180$ м/с. Частицы нейтриносферы Земли, движущиеся по различным орбитам, могут иметь у поверхности Земли скорость в пределах от V_{01} до V_{02} .

Так же, как и в нейтриносфере Солнца, должны преобладать потоки со скоростями, близкими к граничным. Большая плотность потока частиц, имеющих скорость около 11 км/с, связана с тем, что они приходят из обширного пространства (10^5 км $\sim r \sim 10^6$ км). Возрастание же числа регистрируемых частиц со скоростью, близкой к круговой, можно объяснить тем, что хотя их полное число может быть относительно небольшим, но они, в отличие от частиц, имеющих вытянутые орбиты, всё

время находятся около самой поверхности Земли, в результате чего вероятность их регистрации существенно возрастает. У частиц с промежуточными скоростями лишь незначительная часть орбит проходит вблизи поверхности Земли. Вместе с тем, область пространства, занимаемая их орбитами, относительно невелика, а потому и невелик вклад таких частиц в суммарный поток.

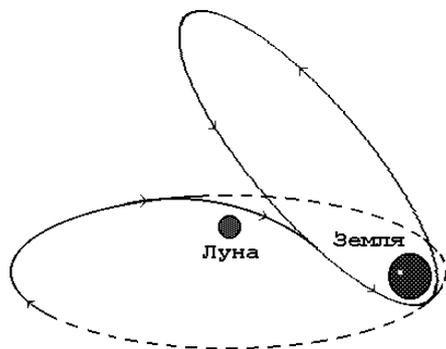


Рис. 2.14. . Возмущение орбит околоземных потоков Луной

Исходя из общих соображений, а также из аналогии с движением комет и астероидов [62], можно сделать заключение о том, что ритмичные изменения взаимного положения Земли, Луны, Солнца и связанные с этим изменения гравитационного поля в околоземном пространстве должны вызывать такие же ритмические изменения параметров нейтриносферы Земли. Помимо ритмов, соответствующих периоду обращения Луны (сидерический лунный месяц – 27,3 суток, а также близкий к сидерическому аномалистический месяц) и периоду изменения взаимного положения Луны, Земли и Солнца (синодический лунный месяц 29,5 суток), должны наблюдаться ритмы, отличающиеся от этих периодов в m/n раз, где m и n – небольшие целые числа (1, 2, 3...).

Наиболее сильному влиянию Луны должны подвергаться орбиты, апогеи которых расположены вблизи лунной орбиты. Из всей совокупности таких орбит нас интересуют орбиты, перигеи которых проходят около поверхности Земли. Большая полуось таких орбит примерно в 2 раза меньше большой полуоси лунной орбиты, поэтому период обращения, согласно третьему закону Кеплера, меньше лунного приблизительно в 3 раза. Отсюда следует, что один из наиболее характерных ритмов земной нейтриносферы должен иметь периодичность 9–10 суток.

Область преобладания земной гравитации над солнечной простирается приблизительно до расстояния 900 тыс. км. Здесь находится граница земной нейтриносферы. Частицы, имеющие апогеи вблизи границы нейтриносферы, ввиду слабости здесь земной гравитации, подвергаются значительному влиянию не только со стороны Луны и Солнца, но и планет. Перемещаясь из удалённых участков орбит к перигеям, такие частицы переносят к поверхности Земли, в биосферу, информацию об изменении положения планет в Солнечной системе.

Нет ли около Земли и в ее недрах черных дыр?

Весной 1993 г. на VIII Российской гравитационной конференции мне довелось встретиться с минским астрофизиком А.П. Трофименко, который поделился идеями о том, что черные дыры, которые считаются одним из возможных компонентов темной материи, могут быть не только в дальнем Космосе, но и буквально у нас под ногами, в недрах Земли. По началу все это мне показалось забавным абсурдом, но, ознакомившись с работами [160–165] и сделав собственные расчеты [166–168], я пришел к выводу, что это не только возможно, но даже вполне вероятно.

Черная дыра – сгусток вещества настолько плотный, что его гравитация не позволяет свету выйти за пределы сферы, имеющий радиус $r_g = 2GM/c^2$. Широко известны черные дыры, возникающие в результате эволюции звезд, имеющих массу более трех солнечных. Поскольку эти объекты сами по себе практически ничего не излучают, обнаружить их трудно, но, тем не менее, это удается сделать по косвенным признакам, по проявлениям их гравитации. В последние годы астрономам удалось обнаружить десятки объектов, которые можно отождествить с такими черными дырами [59]. Значительно более массивные черные дыры с массой до миллиарда солнечных обнаружены в ядрах галактик и в центрах шаровых звездных скоплений.

Масса черной дыры не обязательно должна быть очень большой. Анализ свойств малых черных дыр (МЧД) приводит к весьма интересным результатам. При массе меньше 10^{17} кг (примерно такую массу имеет вода в Черном море) радиус черной дыры меньше размеров атома, и ее можно рассматривать как своеобразную элементарную частицу, взаимодействующую с окружающей средой практически только гравитационно. Для оценки производимых такими объектами эффектов нет необходимости знать ее «устройство», так как взаимодействие происходит на расстояниях много больше r_g . МЧД можно рассматривать просто как точечный гравитирующий объект. Такое рассмотрение [161, 166] приводит к соотношениям:

1. Потери энергии на единице пути, Дж/м

$$dE/dx = 130 G^2 M^2 \rho / v^2.$$

2. Длина пробега до остановки, м

$$X = 1,9 \cdot 10^{-3} v_0^4 / G^2 M \rho.$$

3. Время движения до остановки, с

$$t = 2,6 \cdot 10^{-3} v_0^3 / G^2 M \rho.$$

4. Доля энергии, теряемой на пути Δx

$$\Delta E/E = 260 G^2 M \rho \Delta x / v^4,$$

где M – масса черной дыры, кг, v – скорость черной дыры, м/с, ρ – плотность среды, кг/м³, $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ м³/кг с².

Наиболее вероятные массы МЧД, движущихся в околоземном пространстве, около 10^{13} кг. Расчет по приведенным формулам показывает, что движущаяся в среде с плотностью 10^3 кг/м³ черная дыра такой массы при начальной скорости 10 км/с остановится через 2 миллиона лет, пройдя расстояние $4 \cdot 10^{17}$ м (13 парсек). Исходя из этих оценок, можно было бы уподобить МЧД слабовзаимодействующей элементарной частице, по проникающей способности превосходящей даже нейтрино. Но МЧД – объект куда более интересный, чем элементарная частица.

...

Особый интерес представляет загадочное событие вблизи г. Сасово Рязанской области 12 апреля 1991 г. Неожиданно произошел странный взрыв и образовалась круглая воронка правильной формы диаметром 28 м глубиной 4 м с большим холмиком посередине. В замечательной книге А.Ф. Черняева [169], лично исследовавшего место происшествия «по свежим следам», представлен обширный материал о Сасовском феномене. Ознакомившись с представленными фактами, нетрудно понять, что наилучшим образом всю их совокупность объясняет предположение о том, что это произошло в результате выхода из Земли малой черной дыры, которую А.Ф. Черняев называет «гравитоблидом». Выдвинута гипотеза о том, что и Тунгусский феномен вызван черной дырой массой порядка 10^{19} кг [170].

Откуда же могут взяться эти вредоносные медленные МЧД? Из МЧД, сидевших до поры в земных недрах. «Сидят» они непрочны, и в результате сейсмического воздействия или постепенных геологических изменений могут покинуть свое гнездо и выйти на поверхность, производя своим гравитационным полем разрушения в радиусе десятков – сотен метров.

Об авторе: *Пархомов Александр Георгиевич*, к.ф.-м. н., проф. Международной славянской академии, руководитель лаборатории-кафедры «Ритмы и флуктуации» Института исследований природы времени <http://www.chronos.msu.ru>

Источник: *Александр Пархомов*. Космос. Земля. Человек. Новые грани науки. М.: Наука, 2009. С. 71–89, 92–93.