

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
АСТРОФИЗИКА

ТОМ 15

ФЕВРАЛЬ, 1979

ВЫПУСК 1

УДК 523.038 + 523.12

О ПРОИСХОЖДЕНИИ ВРАЩЕНИЯ И МАГНЕТИЗМА
ЗВЕЗД И ПЛАНЕТ

И. И. МИНИН

Поступила 14 октября 1977

Происхождение момента вращения и магнитного момента звезд и планет объясняется сохранением спина и магнитного момента сверхтяжелых адронов, в результате распада которых образуются звезды и планеты.

1. В работе Р. М. Мурадяна [1] сделано предположение о том, что наблюдаемые формы вещества во Вселенной возникают при распадах сверхтяжелых адронов со спином. Происхождение момента количества движения галактик и их скоплений объясняется сохранением спина. Для случая l -мерного квазиклассического адрона принята формула

$$J = N^{1 + \frac{1}{n}} \hbar, \quad (1)$$

где \hbar — постоянная Планка, J — максимальный спин, $N = M/m_p$, M — масса адрона, m_p — масса протона. Изучив большой материал, относящийся к определению масс M и угловых моментов J галактик и их скоплений, Р. М. Мурадян пришел к заключению о том, что формула (1) при значении $l = 2$ хорошо представляет результаты наблюдений. Это дает основания для дальнейшего обсуждения гипотезы.

Естественно также поставить вопрос о формировании звезд указанным путем и, соответственно, о моменте вращения. Если пока не вдаваться в детали, то характерные значения для звезд $N \approx 10^{21} - 10^{22}$ и

От редакции. Печатаение настоящей статьи И. И. Минина задержалось в процессе редакционной работы. Поэтому редакция считает своим долгом указать, что разъясняемые в статье представления о магнитных полях возникли независимо от работы Р. М. Мурадяна, опубликованной в «Астрофизике», том 14, вып. 3, 1978 г.

$J/h \approx 10^{49} - 10^{51}$. Такие величины могут быть достаточно хорошо представлены формулой (1) при $n = 3$.

Число $n = 3$ указывает, что в принятой гипотезе формирование звезд обусловлено распадами трехмерных дроннов, тогда как в случае галактик и их скоплений $n = 2$, и мы имеем дело с дискообразными частицами. Этот результат показывает на существенное отличие процесса образования звезд от процесса формирования галактик и их скоплений.

Рассмотрим соотношение

$$\frac{GM^2}{c} = N^{3+\frac{1}{n}} h, \quad (2)$$

использованное Р. М. Мурадяном [1] при значении $n = 2$. Правая часть (2) включает угловой момент, определенный формулой (1). В левой части G — гравитационная постоянная, c — скорость света, M — масса объекта. Разрешая (2) относительно N и вводя безразмерную величину

$$\beta = \sqrt{\frac{Gm_p^2}{hc}}, \quad (3)$$

находим

$$N = \frac{M}{m_p} \beta^{\frac{2n}{1-n}}. \quad (4)$$

При $n = 2$ из (4) следует

$$N_0 = \beta^{-4}, \quad (5)$$

что получено в [1] и является известным соотношением Дирака. Значение M_0 , соответствующее N_0 , по порядку величины близко к массе Метагалактики. Аналогичная величина N_0 , полученная из (4) при $n = 3$, определяется формулой

$$N_0 = \beta^{-3}. \quad (6)$$

Соответствующая масса M_0 по порядку величины совпадает с типичной массой звезды. Этот факт весьма знаменателен, поскольку $n = 3$ как раз отвечает случаю формирования звезд.

2. Обсудим теперь результаты наблюдений вращения звезд с точки зрения принятой гипотезы. При этом в качестве предсказанного значения безразмерного вращательного момента звезды $j = J/h$ будем принимать величину

$$j = N^{4/3}, \quad (7)$$

которая следует из (1) при $n = 3$. Необходимо сразу обратить внимание на то, что формулы (1) и (7) дают максимальные значения для спина соответствующих адронов и, значит, вращательного момента объекта (галактики, звезды) при его формировании. Кроме того, за время эволюции может происходить изменение величины момента. Обычно в случае звезд обсуждаются механизмы потери момента с течением времени. Анализ для случая галактик [1] показал, что наблюдаемые значения моментов систематически меньше, чем предсказывает формула (1) при $n = 2$. Указанные обстоятельства следует иметь в виду при анализе вращения звезд.

Значение j достаточно уверенно известно для Солнца и равно $6 \cdot 10^{32}$, а формула (7) приводит к величине 10^{34} . Таким образом, в случае Солнца согласно предсказанного и наблюдаемого значений с учетом сделанных замечаний следует признать неплохим.

Обратимся к звездам различных спектральных классов. К настоящему времени накоплен большой материал [2], относящийся к определению скоростей вращения звезд спектроскопическим способом. Основной вывод, важный для нас, состоит в том, что наиболее высокие скорости вращения имеют горячие и массивные звезды. Это указывает на то, что формула (7) во всяком случае качественно верно описывает возрастание j с ростом массы звезды. Для количественного анализа необходимо кроме скоростей вращения звезд одновременно по крайней мере знать их массы и размеры. Тогда, исходя из этих данных, можно путем расчетов на основе принимаемых моделей получать величину j . Но осуществить такую программу в настоящее время трудно. В случае одиночных звезд мы не знаем способов определения их масс. Если же использовать материалы, относящиеся только к двойным звездам, то здесь имеются осложнения, связанные с возможными эволюционными изменениями моментов вращения звезд вследствие приливных эффектов и перетекания вещества между компонентами.

Проблема определения j из наблюдений должна включать расчеты различных моделей вращающихся звезд. Дело в том, что существующие модели внутреннего строения звезд пока нельзя считать единственно возможными. Например, модели звезд со сверхплотным ядром типа нейтронной звезды и плазменной оболочкой, которые успешно рассматривались ранее, до конкретизации термоядерных источников энергии звезд, уместно исследовать теперь в связи с предлагаемым здесь механизмом звездообразования. Такие модели уже начинают изучаться [3].

Ядро звезды может содержать заметную долю массы и сравнительно малую часть момента вращения. Наблюдательным подтверждением такой точки зрения следует считать малые значения моментов вращения у нейтронных звезд-пульсаров. Максимальное значение здесь оказывается $j \approx 10^{31}$, что на два порядка меньше соответствующего значения по (7). Действительно, непосредственное формирование нейтронной звезды в при-

нимаемом процессе звездообразования практически невозможно. В этом случае момент соответствует столь быстрому вращению, что звезда оказывается на пределе устойчивости. Повтому при образовании звезды должна возникнуть плазменная оболочка, забирающая основную долю момента вращения. Аналогично при формировании белого карлика непосредственно он будет быстро вращаться (с периодом порядка сотни секунд). В настоящее время сведения о вращении белых карликов весьма скудны и указывают на периоды порядка суток. По-видимому, наблюдаемые нейтронные звезды-пульсары и белые карлики следует считать объектами, сбросившими в процессе эволюции оболочки, унесшие основную часть первоначального момента вращения.

Еще один довод в пользу изложенного взгляда следует из результатов работы [4], где приведены значения j для массивных звезд. Эти значения намного выше найденных по формуле (7), что и обусловлено рассмотренным выше эффектом, который не был учтен в [4].

3. Формула (7) приближенно описывает значения j для планет. Это следует из табл. 1, где сопоставлены теоретические значения j , найденные по (7), с полученными в результате наблюдений и расчетов моделей внутреннего строения.

Таблица 1

Планета	Земля	Марс	Юпитер	Сатурн	Уран	Нептун
Теория	$5 \cdot 10^{23}$	$2.5 \cdot 10^{23}$	10^{22}	$5 \cdot 10^{21}$	$3 \cdot 10^{20}$	$3 \cdot 10^{19}$
Наблюдения	$6 \cdot 10^{23}$	$2 \cdot 10^{24}$	$4 \cdot 10^{22}$	10^{22}	10^{20}	10^{19}

Известно, что в настоящее время скорость вращения Земли уменьшается. Если принять современный темп этого замедления и оценить величину j в момент формирования Земли, то получится практически строгое совпадение с предсказанным значением. В случае Юпитера и Сатурна теоретические значения j оказались меньше наблюдаемых, что, по нашему мнению, объясняется аналогично тому, как это было сделано выше для массивных звезд. Именно, в существующих моделях внутреннего строения вводится относительно мало вещества в центральные области. Особые случаи представляют Меркурий и Венера, где, вероятно, специфические условия формирования объектов могли привести к сильной потере момента вращения (наблюдаемые значения на два порядка меньше предсказанных). Кстати говоря, для Луны, которая потеряла значительную долю момента вращения в результате приливных взаимодействий, расхождение также составляет примерно два порядка. Итак, имеются основания полагать, что развиваемая гипотеза кроме теории внутреннего строения звезд затронет также изучение внутренней структуры планет.

4. Обратимся к анализу происхождения магнитного момента звезд и планет. Условимся в дальнейшем по аналогии и в отличие от микрочастиц называть рассматриваемые сверхмассивные элементарные частицы (адроны) мегачастицами. Наряду с большим спином J мегачастицы могут также иметь значительный магнитный момент P . При распаде частицы наличие спина и закон сохранения определяют момент вращения образующегося объекта, а магнитный момент обуславливает происхождение соответствующего магнитного поля. К сожалению, имеются трудности при сопоставлении предсказанных теорией значений и наблюдаемых величины. В процессе формирования и эволюции объектов происходят потери как момента вращения, так и, в особенности, магнитного момента. Мы уже видели, что наблюдаемые величины J обычно меньше вычисленных по формуле (1). Что касается магнитного момента, то при полном распаде мегачастицы следует ожидать его медленного исчезновения в процессе эволюции. Наблюдаемый магнитный момент небесных тел может указывать также на существование остаточных мегачастиц в их недрах. Оставляя пока в стороне подробное обсуждение этого вопроса, будем полагать, что остается некоторая доля Δ от первоначального магнитного момента P мегачастицы, в результате распада которой образовался наблюдаемый объект.

Формула (1) получена Р. М. Мурадяном [1] на основе анализа размерностей и требования подобия с соответствующей формулой при $n = 1$, справедливой для обычных низколежащих адронов (микрочастиц) — одномерных объектов типа струны. Для микрочастиц соотношение (1) представляет траекторию Редже и хорошо согласуется с результатами эксперимента.

Составим теперь аналогичную формулу для магнитного момента P . Принимая процесс формирования небесного тела в результате распада мегачастицы, можно допустить, что при этом не минует нейтронная (барийонная) фаза. Тогда, учитывая законы сохранения, можно перенести оценки J и P для мегачастиц на соответствующие макротела в стадии переходного процесса. В самом деле, так легко может быть найдена формула (1) с точностью до некоторого коэффициента в правой части, близкого к единице. При этом выводе учитывается, что преобладающим является орбитальный момент нейтрона в «ядре», поскольку наличие спина у нейтрона вносит значительно меньший вклад. Применяя такой же прием рассуждений, для величины P получим

$$P = N\mu_n, \quad (8)$$

где μ_n — магнитный момент нейтрона, который направлен противоположно спину и равен 1,9 ядерного магнетона, что составляет $\mu_n = 9.6 \cdot 10^{-24}$ эрг·гс⁻¹. Физическая сущность образования большого

магнитного момента мегачастицы, определяемого формулой (8), в какой-то мере аналогична ферромагнетизму.

5. Перейдем к анализу наблюдаемых величин магнитного момента для звезд, представляя их в виде $\Delta \cdot P$, где P вычисляется по формуле (8). Часто оказывается возможным использовать представление о дипольном характере магнитного поля. В этом случае имеем

$$H = \frac{\Delta \cdot P}{r^3} \sqrt{1 - 3 \sin^2 \varphi}, \quad (9)$$

где H — напряженность магнитного поля на расстоянии r от центра диполя на магнитной широте φ . В дальнейшем мы будем постулировать дипольный характер магнитных полей и использовать формулу (9) для оценок.

Наблюдаемая структура магнитных полей на Солнце весьма сложна. Все же можно рискнуть выделить дипольную часть со значением $H \approx 1$ гс на поверхности и получить $\Delta \approx 0.1$. Следует подчеркнуть, что даже если Δ мало и не образуется заметного магнитного поля обсуждаемого происхождения на поверхности, то внутри могут возникать сильные поля. Так, при $\Delta = 10^{-2}$ и $r < 10^4$ см имеем $H > 10^8$ гс. Энергия такого поля превосходит кинетическую энергию теплового движения частиц. Если это так, то должны существенно измениться представления о строении внутренних областей Солнца и о процессах, которые там происходят. В частности, наличие сильных магнитных полей может значительно изменить характер вычисляемого нейтринного спектра Солнца [5].

При анализе магнитных полей в атмосферах звезд не следует игнорировать различные возможные механизмы возникновения магнитных полей в плазме. Например, в работе [6] изучен вопрос о генерировании магнитных полей в атмосферах звезд кориолисовой электродвижущей силой. Предложенный нами источник только при благоприятных условиях (большая масса, малый радиус) обеспечивает $H \approx 10^2 - 10^3$ гс у поверхности звезды. Именно такие значения характерны для так называемых магнитных звезд.

Более отчетливо можно выполнить анализ для пульсаров (нейтронных звезд) и белых карликов. В первом случае при массе, равной солнечной, и $\Delta = 10^{-2}$ для радиусов в пределах $10^6 - 10^7$ см имеем соответственно $H \approx 10^{14} - 10^{11}$ гс. В случае белых карликов, имеющих радиусы в пределах $10^8 - 10^9$ см, получается $H \approx 10^8 - 10^5$ гс. Эти предсказанные значения достаточно хорошо согласуются с имеющимися результатами, полученными из анализа наблюдений (см. обзор [7]).

6. Подробно изучено магнитное поле Земли. Его основная составляющая описывается формулой (9) при значении $\Delta \cdot P = 8 \cdot 10^{25}$ эрг \cdot гс $^{-1}$ и, соответственно, $\Delta = 2 \cdot 10^{-3}$. В последние годы удалось измерить магнит-

ное поле Юпитера, которое у его видимой поверхности имеет напряженность $H \approx 5-10$ кс, что приводит к $\Delta \approx 0.1$.

7. Конкретизация космогонической концепции В. А. Амбарцумяна о происхождении и формировании объектов Вселенной при распаде сверхмассивного вещества, выполненная Р. М. Мурадяном [1], привела к объяснению происхождения вращения галактик и их скоплений, а также предсказанию вращения Метагалактики [8]. В этих случаях рассматривались сверхтяжелые элементарные частицы — адроны с пространственной размерностью $n = 2$ (дискобразные адроны), распад которых и обуславливает происхождение и формирование указанных объектов.

В этой статье предложено аналогичным образом рассматривать вопрос о происхождении и формировании звезд и планет. Анализ показал, что здесь оказывается $n = 3$ и мы имеем дело с трехмерными адронами.

Уместно отметить, что для случая формирования шаровых звездных скоплений при распадах адронов значение $n = 2$ приводит к скоростям вращения, превосходящим параболические и, значит, невозможности образования устойчивых систем. С другой стороны, при $n = 3$ скорости вращения скоплений незначительны, что и объясняет их наблюдаемую форму.

Автор благодарен академику В. А. Амбарцумяну за поддержку развиваемых взглядов и ценные советы.

Ленинградский государственный
университет

ON THE ORIGIN OF ROTATION AND MAGNETISM OF STARS AND PLANETS

I. N. MININ

The origin of angular momentum and magnetic momentum of stars and planets is attributed to conservation of the spin and magnetic momentum of supermassive hadrons in decays of which the stars and planets are formed.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. М. Мурадян. Астрофизика, 11, 237, 1975.
2. А. А. Боярчук, И. М. Копылов. Изв. КрАО, 31, 44, 1964.
3. K. S. Thorne, A. N. Zytkow. Ap J 212, 832, 1977.
4. И. Д. Новиков, А. М. Озерной. Препринт ФИАН, А-17, 1964.
5. R. L. Snell, J. C. Wheeler, J. R. Wilson, Astrophys. Lett. 17, 157, 1976.
6. Э. М. Дробышевский, Э. В. Эрма. Астрон. ж., 53, 1338, 1976.
7. О. С. Щулов. Астрофизика, 11, 163, 1975.
8. Р. М. Мурадян. Астрофизика, 13, 63, 1977.