

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



11200

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛА

P2 - 11200

Р.М.Мурадян

ПРОИСХОЖДЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ  
И СВЕРХПЛОТНАЯ КОСМОГОНИЯ

**1978**

P2 - 11200

**Р.М.Мурадян**

**ПРОИСХОЖДЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ  
И СВЕРХПЛОТНАЯ КОСМОГЕНИЯ**

Мурадян Р.М.

P2 - 11200

Происхождение магнитных полей и сверхплотная космогония

Рассмотрена гипотеза о том, что наблюдаемые в настоящее время магнитные поля галактик являются реликтом дипольного магнитного поля протогалактики-суперадрона.

Работа выполнена в Лаборатории теоретической физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1978

Muradian R.M.

P2 - 11200

Origin of Magnetic Fields and Overdense Cosmology

The hypothesis is considered that observable galactic magnetic fields are the remnants of the dipole magnetic fields of the protogalaxies-superhadrons.

The investigation has been performed at the Laboratory of Theoretical Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1978

Проблема происхождения и эволюции крупномасштабных магнитных полей во Вселенной является одной из главных нерешенных проблем астрофизики. Крупномасштабные магнитные поля играют важную роль в формировании излучения активных галактических ядер, в частности ядер галактик Сейферта и Маркаряна, радиогалактик и квазаров. Было предложено несколько теорий происхождения галактических магнитных полей, основанных на конденсационной космогонической гипотезе, однако ни одна из них не может быть признана удовлетворительной ввиду трудностей принципиального характера.

С другой стороны, вопрос о происхождении космических магнитных полей в рамках концепций сверхплотной космогонии В.А.Амбарцумяна<sup>1/</sup> до сих пор не рассматривался.

В настоящей работе рассмотрена возможность решения проблемы происхождения галактических магнитных полей исходя из предложенной в работах<sup>2/</sup> конкретизации космогонической гипотезы Амбарцумяна. В этих работах было выдвинуто предположение о том, что сверхплотное протогалактическое вещество Амбарцумяна представляет собой сверхтяжелую элементарную частицу - суперадрон с реджевским спином, распад и эволюция фрагментов которого приводят к образованию галактики, и на этой основе было дано объяснение наблюдаемым величинам моментов вращения галактик и их скоплений. Известно, что большинство астрофизических объектов - планеты, звезды, галактики и метагалактическое пространство - обладает магнитными полями. Величина напряженности магнитного поля в различных

объектах колеблется в широких пределах. Например, напряженность магнитного поля Земли примерно равна 0,6 Гс на полюсах и 0,3 Гс на экваторе. На поверхности белых карликов существуют поля с напряженностью  $10^6$  Гс, а пульсары, возможно, обладают полями порядка  $10^{12}$  Гс. Магнитное поле большинства из перечисленных объектов хорошо аппроксимируется полем точечного диполя, помещенного в центре объекта, причем направление оси эквивалентного диполя, как правило, совпадает или образует небольшой угол с осью вращения данного объекта. Например, магнитное поле Земли хорошо описывается полем точечного диполя с магнитным моментом  $\mu_{\oplus} = 8,1 \times 10^{25} \text{ Гс.см}^3$ , помещенным почти в центре Земли и образующим угол в  $15^\circ$  с ее осью вращения. Напряженность галактического межзвездного магнитного поля в окрестности Солнечной системы порядка  $2 \times 10^{-6}$  Гс, а в межгалактическом пространстве, по-видимому, существует поле с напряженностью  $10^{-9}$  Гс. Магнитное поле в нашей Галактике проявляется при измерениях поляризации света звезд, вращения плоскости поляризации поляризованных радиоисточников и зеemannовского расщепления линии  $\lambda = 21$  см. Исходя из наблюдаемых данных о конфигурации магнитных полей некоторых активных галактик, Грейбер<sup>4/</sup> выдвинул гипотезу о существовании магнитных диполей галактического масштаба. В пользу возможного существования галактических магнитных диполей свидетельствует также структура магнитных полей некоторых "хвостатых" радиоисточников, например 3C129, двигающихся в скоплениях галактик /см. работы<sup>5/</sup> /.

В рамках сверхплотной адронной космогонии<sup>2/</sup> естественно предположить, что наблюдаемое в настоящее время галактическое магнитное поле является остатком первоначального поля протогалактики - супердрона аналогично тому, как момент количества движения галактики является реликтом спина супердрона, в результате распада которого сформировалась галактика. Исходя из соответствия с классической электродинамикой, можно предположить, что имеет место прямая пропорциональность между магнитным ( $\mu$ ) и механическим (J) моментами сверхтяжелого адрона с массой m:

$$\mu = \frac{e^*}{2mc} J . \quad /1/$$

Здесь  $e^*$  - некоторый эффективный заряд. Теоретическое вычисление этого заряда в настоящее время представляется невозможным. Однако исходя из размерных соображений можно считать, что роль эффективного заряда в случае сверхтяжелых адронов играет гравитационный заряд, и произвести в /1/ замену  $e^* \rightarrow \sqrt{G} m$ . Это приводит к известной формуле Блеккетта<sup>5/\*\*</sup>

$$\mu = \frac{\sqrt{G}}{c} J . \quad /2/$$

Как заметили Блеккетт и др., соотношение /2/ удивительно хорошо выполняется для некоторых астрофизических объектов /например, для Земли, Юпитера, Солнца и некоторых других звезд/. Для нашей Галактики  $J_G = 1,8 \times 10^{74} \text{ г.см}^2/\text{с}$  и согласно /2/ получим следующее значение для дипольного магнитного момента:  $\mu_G = 10^{60} \text{ Гс.см}^3$ , что для напряженности поля в окрестностях Солнечной системы / $r \approx 10^{22} \text{ см}$ / приводит к значению  $H \approx \frac{\mu_G}{r^3} \approx 10^{-6} \text{ Гс}$ . С помощью анализа размер-

\* Значение заряда  $e^* = \sqrt{G} m$  играет выделенную роль в теории гравитации Эйнштейна, так как является максимальным зарядом черной дыры в метрике Керра-Ньюмена /см., например,<sup>6/</sup> /.

\*\* Как показано в<sup>2/</sup>, момент количества движения галактик описывается формулой  $J = \left(\frac{m}{m_p}\right)^{3/2} \hbar$ , где m - масса галактики,  $m_p = 1,67 \times 10^{-24} \text{ г}$  - масса протона и  $\hbar = 1,05 \cdot 10^{-27} \text{ г.см}^2/\text{с}$  - постоянная Планка. Подставляя это значение J в /2/, получим  $\mu = \frac{\sqrt{G} \hbar}{c} \left(\frac{m}{m_p}\right)^{3/2} \approx 10^{-41} \left(\frac{m}{m_p}\right)^{3/2} \text{ Гс.см}^3$ . Численные значения физических и астрофизических величин здесь и ниже взяты из обзора<sup>7/</sup>.

ностей можно оценить величину возможных высших мультипольных моментов протогалактики-суперадрона. Размерности электрических ( $\epsilon^{(k)}$ ) и магнитных  $\mu^{(k)}$  мультипольных моментов выражаются через размерности электрического заряда ( $Q$ ) и магнитного дипольного момента ( $\mu \equiv \mu^{(1)}$ ) и длины ( $L$ ) следующим образом:

$$[\epsilon^{(k)}] = QL^k, \quad /3/$$

$$[\mu^{(k)}] = \mu L^{k-1}.$$

В силу сохранения четности элементарная частица может обладать четными электрическими ( $k=0, 2, 4..$ ) и нечетными магнитными ( $k=1, 3, 5$ ) мультипольными моментами. Сделав в /3/ подстановки

$$Q \rightarrow \sqrt{G} m \quad / \text{заряд} \rightarrow \text{гравитационный заряд} /,$$

$$\mu \rightarrow \frac{\sqrt{G}}{c} J \quad / \text{дипольный магнитный момент из формулы /2//},$$

$$L \rightarrow \frac{J}{mc} \quad / \text{длина} \rightarrow \text{"комптоновская длина"} /,$$

получим следующее обобщение формулы Блеккетта на высшие мультипольные моменты:

$$\left. \begin{array}{l} \epsilon^{(k)} (k - \text{четн.}) \\ \mu^{(k)} (k - \text{нечетн.}) \end{array} \right\} = \sqrt{G} m \left( \frac{J}{mc} \right)^k. \quad /4/$$

Значения электрических моментов следуют из /4/ при четных  $k$ , а магнитных - при нечетных /с точностью до безразмерных множителей/. В качестве примера оценим возможный октупольный магнитный момент для нашей Галактики:

$$\mu_G^{(3)} = \frac{\sqrt{G}}{c} J \left( \frac{J}{mc} \right)^2 \approx 10^{100} \text{ Гс.см.} \quad /5/$$

Легко видеть, что октупольный момент дает исчезающе малый вклад в магнитное поле в окрестностях Солнечной системы:

$$H_{\text{ОКТ}} \approx \frac{\mu_G^{(3)}}{r^5} \approx 10^{-10} \text{ Гс},$$

и, таким образом, им можно пренебречь по сравнению с диполем. Однако вклад октуполя может сравниться со вкладом диполя на расстояниях порядка  $r = 10^{20}$  см, т.е. в непосредственной близости от ядра Галактики.

В заключение заметим, что в отличие от момента количества движения, который сохраняется в процессе эволюции, магнитное поле не сохраняется. Однако из-за высокой проводимости и значительной самоиндукции межзвездной среды первоначальное магнитное поле затухает очень медленно и время релаксации может значительно превысить возраст галактики. Таким образом, за время жизни галактики в ее магнитном поле могут произойти лишь незначительные изменения, связанные с движениями "вмороженного" в силовые линии ионизированного межзвездного вещества. Более детальная разработка вопроса об эволюции первичного магнитного поля, с одной стороны, прямо связана с общими вопросами эволюции галактик, с другой - с необходимостью построения фундаментальной теории суперадронов с учетом сильных и гравитационных сил.

Выражаю благодарность академику В.А.Амбарцумяну, академику Н.Н.Боголюбову и профессору В.А.Матвееву за интерес к работе и стимулирующие обсуждения.

#### Литература

1. Ambartsumian V.A. 11th Solvay Conference. "Structure and Evolution of Galaxies", p. 241 (Stoops, Brussels, 1958); Astron.J., 1961, 66, p.536; 13th Solvay Conference "Structure and Evolution of Galaxies", p. 1 (Interscience, London); Spectrum, 1975, 10, p.15.
2. Мурадян Р.М. Астрофизика, 1975, 11, с.237.

3. Greyber H.D. *Quasi-Stellar Sources and Gravitational Collapse*, p. 389 (Chicago Univ. press, 1965).
4. a) Jaffe W.J., Perola G.C. *Astronomy and Astrophysics*, 1973, 26, p.423.  
b) Schilizzi R.T., Ekers R.D. *Astronomy and Astrophysics*, 1975, 40, p.221.
5. Blackett P.M.S. *Nature*, 1947, No. 4046, p.658.  
/см. перевод в УФН, 1947, 33, с.52/.
6. Carter B. *Phys.Rev.*, 1968, 174, p.1559.
7. Мурадян Р.М. ЭЧАЯ, 1977, 8, с.175.

Рукопись поступила в издательский отдел  
26 декабря 1977 года.