
РЕЛЯЦИОННО-ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

И.А. Бабенко

*Институт гравитации и космологии
Российского университета дружбы народов*

В работе изложены основные представления и гипотезы, выдвинутые по проблеме генерации магнитного поля у астрофизических объектов, такие как динамо-процесс, гипотезы Сузерленда и Эйнштейна. Приведено теоретическое обоснование гипотез Сузерленда и Эйнштейна о разделении зарядов в рамках реляционно-геометрической концепции.

Ключевые слова: магнитное поле Земли, планет, генерация магнитного поля, разделение зарядов, объемный положительный и поверхностный отрицательный заряды, динамо-процесс, начальное магнитное поле, гипотезы Сузерленда и Эйнштейна, реляционно-геометрический подход к обоснованию магнитного поля планет.

Введение

Несмотря на многолетние и многочисленные усилия исследователей многих стран, знание о природе магнитных полей планет и спутников к настоящему времени остается на уровне гипотез. Эта проблема является проблемой «номер 1» в физике Земли. При этом, как отмечают некоторые авторы работ по геомагнетизму, Эйнштейн считал решение задачи генерации геомагнитного поля одной из пяти ключевых проблем в физике. Реальное понимание природы земного магнетизма позволило бы существенно продвинуться в решении таких вопросов, как внутреннее устройство Земли, причины движения материков, причины возникновения и исчезновения магнитного поля на Луне, Марсе, спутнике Юпитера Ио и еще множества других проблем. При этом необходимо рассматривать магнитное поле Земли совместно с полями других астрофизических объектов, так как механизмы происхождения и генерации магнитного поля у них одинаковы.

Краткий исторический обзор

В начале поиска объяснения физической природы магнетизма небесных тел, в первую очередь геомагнетизма, лежали теория Гильберта (Земля как большой постоянный магнит), открытие явления Кюри (разрушающее влияние высокой температуры на остаточное намагничивание), открытие в 1891 году А. Шустером [1] магнитного поля Солнца и ряд других идей и предположений. Только в немногих книгах, в том числе в пользующемся заслуженной известностью труде Б.М. Яновского «Земной магнетизм» [2], можно прочитать о гипотезе разделяющихся зарядов. По этой гипотезе, выдвинутой

в начале XX века В. Сузерлендом (1900–1908 гг.) [3], магнетизм планет и звезд – хотя бы частично – обязан тому, что в этих небесных телах происходит перераспределение зарядов: Земля обладает положительным электрическим объемным зарядом, который компенсируется поверхностным отрицательным зарядом. А магнитное поле Земли возникает как суммарный эффект от наложения двух противоположных вкладов магнитных полей, генерируемых вращающимися с Землей объемным и поверхностными зарядами. Таким образом, фактически были высказаны две главные идеи: во-первых, то, что магнитное поле обусловлено вращением астрофизических объектов и, во-вторых, что имеет место разделение противоположных электрических зарядов внутри астрофизических объектов на объемный и поверхностный. В дальнейшем эти две идеи критически обсуждались многими авторами, в частности, в работах П.Н. Лебедева (1911 г.), А. Шустера (1912 г.), Бранта (1913 г.), Т.А. Вильсона (1923 г.), П.М.С. Блекета (1947 г.) и ряда других авторов. Главной трудностью было обоснование разделения двух зарядов на объемный и поверхностный.

В 1925 году Эйнштейн (см. [4; 5]) высказал предположение об очень малом (вне пределов разрешимости современной аппаратурой) различии значений зарядов тяжелых положительно заряженных и легких отрицательно заряженных частиц. Это приводит к возникновению избытка заряда у достаточно массивных астрофизических объектов, для которых характерен объемный положительный заряд, кулоновское поле которого компенсируется редуцируемыми отрицательными частицами. А вращение астрофизических объектов приводит к генерации наблюдаемого магнитного поля. Однако принятие этой гипотезы требовало обоснования различия положительно и отрицательно заряженных частиц на основе каких-то более фундаментальных соображений, которые до настоящего времени не были представлены.

В 1925 году А. Piccard и Е. Kessler показали, что значения зарядов протона и электрона одинаковы до 20-го знака (10^{-20}) [6], и тем самым поставили под сомнение гипотезу Эйнштейна, которая в итоге стала неактуальной и была забыта. На данный момент экспериментально подтверждается сохранение зарядов протона и электрона до 21-го знака (10^{-21}) [7].

Надо отметить, что во второй половине XX века идеи «не динамо» генерации магнитного поля Земли возникали регулярно. Идея генерации поля за счет возникновения тока Хола развивалась Вестином (1954). Известны и другие идеи: использование эффекта Нернста предлагалась Ганном (1936), возбуждение электрических токов под воздействием давлений – Инглисом (Inglis, 1955) и т.п. Следует отметить, что данные модели также основывались на не всегда ясном механизме образования и разделения электрических зарядов, суточное вращение которых обеспечивало бы начальное поле, впоследствии усиленное гальваномагнитным эффектом (эффектом Холла).

В настоящее время идеи о наличии неких физико-химических процессов, которые приводят к разделению зарядов, представлены в работах В.В. Кузнецова (термодиффузионное разделение) [8], а также в работах В.И. Григорьева (бароэлектрический эффект) [9].

Магнитные поля астрофизических объектов

На сегодняшний день нет единой точки зрения на механизм возникновения магнитного поля у планет, звезд, галактик. При этом общепринятой гипотезой возникновения магнитных полей у планет выступает идея магнитного гидродинамо, которая основана на признании существования токопроводящего жидкого внешнего ядра [10]. Перемещение вещества во внешнем ядре является источником образования кольцевых электрических токов. По сути, динамо-процессы в астрофизике – это процессы, которые приводят к усилению магнитных полей за счет энергии движения зарядов. Чтобы запустить подобный процесс, необходимо начальное, пусть даже очень слабое магнитное поле, которое впоследствии усиливается гиромангнитным эффектом, когда вращающееся тело намагничивается в направлении оси его вращения [11]. Поиск этого слабого, так называемого «затравочного поля» на сегодняшний день является одной из основных проблем данной теории.

Однако магнитными полями обладают не только космические тела, но и галактики, для объяснения которых также встает вопрос о начальном «затравочном поле». На сегодняшний день наблюдения показывают, что наша Галактика обладает крупномасштабным магнитным полем, параллельным ее плоскости и ориентированным примерно вдоль спиральных рукавов. Согласно радиофону Галактики в ее центральных частях, поле, возможно, сильнее. Как показывает теоретический анализ, крупномасштабное поле Галактики не может иметь догалактического происхождения. Но при этом нет механизма, способного создать регулярное магнитное поле Галактик, если изначального магнитного поля в ней совсем не было [11].

Достоверно установлено, что магнитное поле Земли всегда реагирует на солнечную активность. При этом вспышки на Солнце (поток заряженных частиц, в основном протонов и электронов, идущих от Солнца) не могут оказать заметного влияния на ядро Земли (источник магнитного поля для динамо-процессов). Также если связывать возникновение магнитного поля планет с токами в жидком внешнем ядре, то, следовательно, планеты Солнечной системы с одинаковым направлением вращения должны иметь одинаковое направление магнитных полей. Но для Урана и Нептуна характерно несовпадение вращения магнитного поля относительно вращения вокруг своей оси [12]. При этом для Земли также характерны районы, где магнитное поле направлено в противоположную для данного полушария сторону [13].

Теоретическое обоснование разделения зарядов в рамках реляционно-геометрической концепции

Все попытки обоснования происхождения магнитных полей астрофизических объектов, а также гипотезы Сузерленда и Эйнштейна предпринимались главным образом в рамках доминирующей на сегодняшний день теоретико-полевой концепции. Однако в современной физике присутствуют еще две концепции: геометрическая и реляционная.

Основу геометрической теории составляют общая теория относительности и ее естественные обобщения в виде использования неримановых

геометрий, а также многомерных геометрических моделей физических взаимодействий типа теорий Т. Калуцы или О. Клейна.

В основу реляционной концепции положены отношения между событиями и физическими объектами, абстракциями от которых являются классические пространственно-временные представления и сами физические взаимодействия. Основы реляционного подхода к мирозданию были заложены в трудах Г. Лейбница, Р.И. Бошковича, Э. Маха и ряда других мыслителей. В XX веке эти идеи развивались в трудах А. Фоккера, Я.И. Френкеля, Р. Фейнмана, Ф. Хойла и ряда других физиков-теоретиков.

Обоснование гипотез Сузерленда и Эйнштейна возможно в рамках реляционной и геометрической концепций, которые, как оказывается, дополняют друг друга и позволяют дать этим идеям новое развитие [14].

Как известно [15], в многомерных геометрических моделях электромагнитное поле описывается смешанными компонентами многомерного метрического тензора. Соответствующий полю заряд описывается через циклическую зависимость волновой функции заряженной частицы от 5-й или иных дополнительных координат.

В работе [15] показано, что в рамках общего термина «5-мерная теория Калуцы–Клейна» говорится о двух разных теориях, имеющих дело с разными дополнительными размерностями и описывающих разные стороны физической реальности, а именно геометризацию электромагнитных взаимодействий («вариант Калуцы») и геометризацию масс («вариант Клейна»). При этом синтез теорий Калуцы и Клейна–Фока–Румера осуществляется в рамках 6-мерной геометрической модели с двумя дополнительными координатами, в рамках которой масса индуцирует дополнительный («массовый») электрический заряд, что созвучно гипотезе Эйнштейна о наличии малой зарядовой асимметрии элементарных частиц. Но учитывая, что для электрона отношение дополнительного заряда к основному пропорционально 10^{-21} , такая поправка к электромагнитному взаимодействию частиц лежит за пределами современных экспериментов. Однако для масс, подобных планетам и звездам, «массовый вклад» в электромагнитное взаимодействие может быть довольно существенным.

Обычно полагается, что реальные массивные астрофизические объекты типа Земли, планет или звезд в среднем являются электрически нейтральными, однако, согласно упомянутому геометрическому подходу, такие объекты должны быть электрически заряженными. Следовательно, пространство-время вокруг таких вращающихся сферически симметричных объектов должны описываться метрикой Керра–Ньюмена, где дополнительная константа – электрический заряд – определяется их массой. Как известно, дипольный магнитный момент источника Керра–Ньюмена пропорционален электрическому заряду и моменту импульса источника. Таким образом, затравочное магнитное поле можно выразить через дипольный магнитный момент этого первичного поля [16].

В рамках реляционной теории естественно допустить, что электрические заряды тяжелых элементарных частиц несколько отличаются

от электрических зарядов электронов. В работе Ю.С. Владимирова и С.В. Болохова на более фундаментальном уровне дается обоснование малой зарядовой асимметрии у различающихся по массе частиц, что могло бы критическим образом сказываться на определенных квантово-полевых представлениях о характере электромагнитных взаимодействий [17]. Принимая эту гипотезу и учитывая, что тела окружающего нас мира в основном состоят из нейтронов, положительно заряженных тяжелых протонов и легких электронов, получается, что астрофизические объекты должны обладать объемным, положительным, электрическим зарядом. При этом кулоновское поле объемного электрического заряда напрямую не наблюдается по той причине, что дополнительный электрический заряд подобных объектов будет компенсироваться поглощенными электронами из окружающего мира. Однако, поскольку астрофизические объекты вращаются, то результирующее магнитное поле будет слагаться из магнитного поля, создаваемого объемным положительным зарядом, и противоположно направленного магнитного поля, создаваемого отрицательными зарядами, которое зависит от условий распределения индуцированных зарядов.

Эти рассуждения эквивалентны проведенным в работе Ю.С. Владимирова [15], что показывает, что упомянутая 6-мерная модель и расчеты на основе сформулированной здесь гипотезы являются эквивалентными, то есть представляют собой описание одного и того же явления на двух разных языках – геометрическом и реляционном. Таким образом, предложенное здесь реляционно-геометрическое обоснование механизма происхождения магнитного поля Земли и других астрофизических объектов позволяет обосновать и объединить приведенные выше гипотезы Сузерленда и Эйнштейна.

Заключение

Таким образом, в рамках геометрического и реляционного подходов удастся обосновать ранее высказанные гипотезы Сузерленда и Эйнштейна, согласно которым магнитные поля астрофизических объектов слагаются из двух частей: 1) первичного магнитного поля дополнительного электрического заряда, обусловленного массой и 2) вторичного магнитного поля, создаваемого поглощенными электрическими зарядами.

Магнитные поля у астрофизических объектов отсутствуют, если эти два магнитных поля полностью компенсируют друг друга. Но если эти два поля компенсируют друг друга лишь частично, то астрофизические объекты обладают магнитными полями разной напряженности в зависимости от физических и химических условий, влияющих на распределения поглощенных зарядов.

Так как первичный электрический заряд и дипольный магнитный момент остаются практически неизменными, то такие эффекты, как изменения полярности дипольного момента Земли, Солнца, дрейф магнитного полюса, отклонение магнитного полюса от географического можно связать с процессами перераспределения поглощенных электрических зарядов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Schuster A.* A Critical Examination of the Possible Causes of Terrestrial Magnetism // Proc. Phys. Soc. – London, 1912. – V. 121, 24.
2. *Янковский Б.М.* Земной магнетизм. – Т. 1. – Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1964.
3. *Sutherland W.* Solar magnetic fields and the cause of **terrestrial** magnetism // Terr. Mag. Planet Sci. – 5, 73 (1900); 8, 49 (1903); 9, 167 (1904); 13, 155 (1908).
4. *Schwinger J.* Einstein's Legacy: The Unity of Space and Time. – Dover Publications, December 13, 2002.
5. A Festschrift in Honor of Vernon W. Hughes / ed. M E Zeller. – Yale University, 13 April 1991.
6. *Piccard A., Kessler E.* Determination of the ratio between the electrostatic charges of the proton and of the electron // Arch. Sci. Phys. et nat. – 7, 340 (1925).
7. *Bressi G., Carugno G., Della Valle G., Galeazzi G., Ruoso G., Sartori G.* Testing the neutrality of matter by acoustic means in a spherical resonator. URL: arXiv:1102.2766v2[physics.atom-ph], 18 Mar. 2011.
8. *Кузнецов В.В.* Введение в физику горячей Земли. – Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамГУ, 2008.
9. *Григорьев В.И., Григорьева Е.В., Ростовский В.С.* Бароэлектрический эффект и электромагнитные поля планет и звезд. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.
10. *Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.* Структура и эволюция вселенной. – М.: Изд-во Наука, 1975.
11. *Бочкарев Н.Г.* Магнитные поля в космосе. – Изд. 2-е, доп. – М.: Изд-во ЛИБРОКОМ Книжный дом, 2011.
12. *Уипл Ф.Л.* Семья Солнца. – М.: Изд-во Мир, 1984.
13. *About BGS Geomagnetism.* URL: <http://www.geomag.bgs.ac.uk/>
14. *Владимиров Ю.С.* Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Ч. 2: Теория физических взаимодействий. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1998.
15. *Владимиров Ю.С.* Геометрофизика. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010.
16. *Владимиров Ю.С.* Происхождение магнитного поля астрофизических объектов // Вестник Московского ун-та. Серия 3. Физика. Астрономия. – 2000. – № 2. – С. 6–8.
17. *Владимиров Ю.С., Болохов С.В.* К теории прямого межчастичного электро-гравитационного взаимодействия // Пространство, время и фундаментальные взаимодействия. – 2016. – № 2 (15).

RELATIONAL-GEOMETRIC JUSTIFICATION OF MAGNETIC FIELDS IN ASTROPHYSICAL OBJECTS

I.A. Babenko

Institute of Gravitation and Cosmology of RUDN University

The paper presents the main ideas and hypotheses put forward on the problem of a magnetic field generation in astrophysical objects, such as the dynamo process, the hypotheses of Sutherland and Einstein. The theoretical substantiation of the hypotheses of Sutherland and Einstein on the separation of charges within the framework of the relational-geometric concept is given.

Keywords: the magnetic field of the Earth, the planets, magnetic field generation, the separation of charges, volumetric positive and surface negative charges, dynamo process, the initial magnetic field, hypotheses of Sutherland and Einstein, relational-geometric approach to the justification of the magnetic field of planets.