УДК 530.12;531.51;550.383

ПРОИСХОЖДЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Ю. С. Владимиров

(*кафедра теоретической физики*)

В рамках многомерных геометрических моделей типа теорий Калуцы и Клейна с учетом соображений реляционной теории пространства-времени и взаимодействий (бинарной геометрофизики) предложено объяснение происхождения магнитного поля Земли, Солнца и других астрофизических объектов.

1. Предложенные объяснения происхождения дипольного магнитного поля Земли, Солнца и других астрофизических объектов (см., напр., [1]) имеют ряд недостатков. Высказывалась гипотеза об обусловленности магнитного поля Земли и других астрофизических объектов их вращением. Известно, что еще П. Н. Лебедевым [2] ставились эксперименты по обнаружению магнитного поля вращающихся тел. Наиболее приемлемой считается гипотеза, основанная на теории динамо (см., напр., [3]).

2. Развиваемая автором реляционная теория пространства-времени и физических взаимодействий (бинарная геометрофизика) позволяет дать иное объяснение происхождения магнитного поля Земли и других астрофизических объектов (см. [4, с. 238]). К предлагаемому ниже объяснению магнитного поля можно было бы прийти на рубеже 1920–1930-х гг. в рамках многомерных геометрических моделей физических взаимодействий, которые принято называть теориями Калуцы–Клейна.

Как известно (см., напр., [4, 5]), в многомерных геометрических моделях физические поля, в частности электромагнитное, описываются смешанными компонентами $G_{\mu a}$ метрического тензора. Здесь индекс μ пробегает четыре значения: 0, 1, 2, 3, а индекс a может принимать значения 4, 5,… . Соответствующие полям заряды, в частности электромагнитный, описываются через циклическую зависимость волновых функций заряженных частиц от 5-й или иных дополнительных координат, т. е. такой заряд является 5-й или иной дополнительной компонентой импульса.

3. Анализ показывает, что объединенные под названием «5-мерная теория Калуцы–Клейна» модели на самом деле представляют собой две различные теории, имеющие дело с разными дополнительными размерностями и описывающие разные стороны физической реальности.

Так, в *5-мерной теории Калуцы*, объединяющей гравитационное и электромагнитное взаимодействия, постулируется следующая зависимость волновой функции частиц Ψ от 5-й координаты:

$$\Psi = \psi(x^\mu)\exp(i\alpha\varepsilon_5 x^5) \equiv \psi(x^\mu)\exp\left(\frac{iec\varepsilon_5}{2\sqrt{k_g}\hbar}x^5\right), \tag{1}$$

где $\psi(x^\mu)$ — общепринятая волновая функция частиц, зависящая от четырех классических координат, α определяет период компактификации по x^5, e — заряд электрона, ε_5 — заряд частицы в единицах e, k_g — ньютоновская гравитационная постоянная, $\hbar$ — постоянная Планка.

Во всех многомерных теориях производится редукция исходной геометрии на 4-мерное пространственно-временное сечение. В 5-мерных теориях это осуществляется с помощью монадного метода 1+4-расщепления [3, 4], в котором 5-мерный метрический тензор представляется в виде $G_{AB} = g_{AB} - \lambda_A\lambda_B$, где g_{AB} — 4-мерный метрический тензор, λ_A — 5-мерный вектор (монада), ортогональный 4-мерному сечению.

4. При описании взаимодействий ключевую роль играет монадный оператор 4-мерного дифференцирования (в калибровке, аналогичной хронометрической в общей теории относительности), инвариантный при произвольных преобразованиях дополнительной координаты и ковариантный относительно 4-мерных преобразований. Он имеет вид

$$\partial_\mu^\dagger \equiv \frac{\partial}{\partial x^\mu} + \lambda_\mu\lambda^5\frac{\partial}{\partial x^5} \equiv \frac{\partial}{\partial x^\mu} - \frac{G_{5\mu}}{G_{55}}\frac{\partial}{\partial x^5}. \tag{2}$$

Электромагнитный векторный потенциал A_μ в теории Калуцы описывается смешанными компонентами метрики согласно формуле

$$A_\mu = \frac{c^2}{2\sqrt{k_g}}\lambda^5\lambda_\mu \equiv -\frac{c^2}{2\sqrt{k_g}}\frac{G_{5\mu}}{G_{55}} \to G_{\mu 5} = \frac{2\sqrt{k_g}}{c^2}A_\mu, \tag{3}$$

где полагается, что $G_{55} = -1$. Действуя оператором (2) на 5-мерную волновую функцию (1), приходим с учетом (3) к известной «удлиненной» производной в электродинамике: $\partial_\mu^\dagger\Psi = (\partial/\partial x^\mu + (ie/c\hbar)A_\mu)\,\Psi$.

5. В *5-мерной теории*, рассмотренной в работах О. Клейна [6], В. А. Фока [7] и Ю. Б. Румера [8], постулировалась иная зависимость от дополнительной координаты:

$$\Psi = \psi(x^\mu)\exp(i\beta x^4) \equiv \psi(x^\mu)\exp\left(\frac{imc}{\hbar}x^4\right), \tag{4}$$

где m — масса частицы, β определяет период компактификации по дополнительной координате, обозначенной через x^4. Координата x^4 с точностью до константы имеет смысл действия частицы.

Как подчеркивал Ю. Б. Румер, геометризация электромагнитного поля не является основной целью этой теории. Такая 5-мерная теория («5-оптика») нацелена на решение иной задачи. Однако было велико искушение с помощью этой же дополнительной координаты описать и электромагнетизм. Электрический заряд пришлось ввести в смешанные компоненты метрики, также связываемые с электромагнитным полем, но, в отличие от (3), посредством формулы $\tilde{G}_{\mu 4} = (q/mc^2)A_\mu$. Получилась теория с конфигурационным пространством, т. е. с метрикой, зависящей от заряда и массы рассматриваемой частицы. Это существенно отличается от общей теории относительности и 5-мерной теории Калуцы, где используются универсальные пространства с метрикой, не зависящей от свойств отдельных частиц. Ю. Б. Румер (см. [8]) затратил много усилий на преодоление трудностей, связанных с возникновением конфигурационных пространств.

6. Синтез теорий Калуцы и Клейна–Фока–Румера, свободный от указанной проблемы, можно осуществить в рамках 6-мерной геометрической модели с двумя дополнительными координатами: x^4 и x^5. Волновые функции частиц зависят от двух координат и имеют вид $\Psi = \psi(x^\mu)\exp(i\beta x^4 + i\alpha x^5)$, где константы α и β соответствуют выражениям (1) и (4). В такой модели редукция на 4-мерное пространственно-временное сечение осуществляется с помощью диадного метода (1+1+4-расщепления) в калибровке типа дважды хронометрической, введенной ранее в общей теории относительности. В 6-мерной теории метрический тензор представляется в виде $G_{MN} = g_{MN} - \xi_M\xi_N - \lambda_M\lambda_N$, где g_{MN} — 4-мерный метрический тензор, ξ_M и λ_N — два 6-мерных вектора диады, ортогональные 4-мерному пространственно-временному сечению. Они выражаются через компоненты 6-мерной метрики (см. [4, 5]).

7. Взаимодействие частиц описывается посредством диадного оператора 4-мерного дифференцирования, инвариантного при преобразованиях двух дополнительных координат и ковариантного относительно 4-мерных преобразований. Оператор имеет вид

$$\partial_\mu^{\dagger\dagger} \equiv \frac{\partial}{\partial x^\mu} + (\xi^4\xi_\mu + \lambda^4\lambda_\mu)\frac{\partial}{\partial x^4} + \lambda^5\lambda_\mu\frac{\partial}{\partial x^5}. \qquad (5)$$

Комбинация $\lambda^5\lambda_\mu$ отождествляется, как и в (4), с векторным потенциалом электромагнитного поля A_μ. Но в такой теории имеется еще одна комбинация $\xi^4\xi_\mu + \lambda^4\lambda_\mu$, зависящая от $G_{4\mu}$. В рамках многомерных геометрических моделей трудно ее интерпретировать, но это возможно сделать в бинарной геометрофизике, где обосновывается появление дополнительных размерностей x^4, x^5 и т. д. [4].

8. Вторая комбинация также должна быть отождествлена с векторным потенциалом электромагнитного поля согласно формуле типа (3). Тогда второе справа слагаемое в диадном операторе (5) приводит к чрезвычайно малым поправкам к электромагнитному взаимодействию из-за того, что возникающий при дифференцировании по x^4 заряд (масса) на много порядков меньше электромагнитного заряда. В рамках многомерных геометрических моделей из формул (1) и (4) можно найти, что масса m индуцирует дополнительный («массовый») электрический заряд $\tilde{q}$, который имеет вид

$$\tilde{q} = 2\sqrt{k_g}m. \qquad (6)$$

Учитывая, что, например, для электрона масса $m_e \approx 9,1\cdot 10^{-28}$ г, получаем для него отношение двух зарядов $\tilde{q}/q \equiv \tilde{e}/e \sim 10^{-21}$. Очевидно, что такая поправка к электромагнитному взаимодействию частиц лежит далеко за пределами точности эксперимента. Однако для больших масс, когда электрические заряды частиц разных знаков компенсируются, «массовый вклад» в электромагнитное взаимодействие, обусловленный координатой x^4, может оказаться существенным.

9. Встает вопрос о знаке «массового» электрического заряда массивного объекта. Очевидно, что дополнительный электрический заряд у нуклонов будет существенно больше, чем у электронов. Предположим, что протоны и нейтроны обладают одноименными «массовыми» электрическими зарядами; тогда независимо от знака «массового» заряда электронов дополнительный электрический заряд массивных объектов можно оценивать формулой (6), где m — масса такого объекта.

10. Рассмотрим массивные астрофизические объекты типа Земли, планет или звезд. Полагается, что в среднем такие объекты являются электрически нейтральными, однако согласно сказанному выше они должны быть заряженными. Это значит, что пространство-время вокруг «неподвижных» сферически симметричных объектов (в идеальном случае) должно описываться не метрикой Шварцшильда, а метрикой типа Райсснера–Нордстрема, где дополнительная константа — электрический заряд — определяется их массой.

Для вращающихся (идеализированных) объектов пространство-время должно описываться не метрикой Керра, а метрикой типа Керра–Ньюмена (см., напр., [9]), где дополнительная константа (электрический заряд) также выражается через значение массы. Добавки к общерелятивистским эффектам и в этом случае чрезвычайно малы, однако вокруг таких объектов должно возникать как электрическое, так и магнитное поле. Как известно, дипольный магнитный момент M_{KN} источника Керра–Ньюмена определяется формулой $M_{KN} = qa$, где q — электрический заряд источника, а a — момент импульса источника. Полагая, что источник имеет форму шара, и подставляя значение $\tilde{q}$ из (6), находим выражение для первичного дипольного магнитного момента такого (идеализированного) объекта:

$$M_{KN} \equiv M_1 = \frac{4\sqrt{k_g}}{5c}mR^2\omega, \qquad (7)$$

где m — масса, R — радиус, ω — угловая скорость источника.

11. Очевидно, что у реальных астрофизических объектов дополнительный электрический заряд будет компенсироваться абсорбированными заряженными частицами противоположного заряда, так что результирующее электрическое поле будет отсутствовать, однако в общем случае это не означает, что магнитное поле также будет скомпенсировано. Следует ожидать, что вокруг таких объектов возникает некое эффективное магнитное поле, слагающееся из двух частей: из первичного магнитного поля дополнительного электрического заряда, обусловленного массой*), и вторичного магнитного поля, создаваемого абсорбированными зарядами. Эти два магнитных поля компенсируют друг друга, однако есть основания полагать, что не полностью. Результирующее магнитное поле зависит от распределения абсорбированных зарядов.

12. Согласно формуле (7) значение первичного дипольного магнитного момента Земли $M_1 \simeq \simeq 1 \cdot 10^{27}$ Гс·см^3 по порядку близко к известному эффективному значению момента Земли $M_1 - M_2 = M_{\rm exp} \simeq 8 \cdot 10^{25}$ Гс · см^3. Последний составляет 8% от первичного магнитного момента.

13. Выпишем в виде таблицы параметры и значения первичных, вычисленных по формуле (7), и наблюдаемых значений дипольных магнитных моментов для Солнца и ряда планет Солнечной системы.

Объект	m (г)	R (см)	ω (рад·с$^{-1}$)	M_1 (Гс·см^3)	$M_{\rm exp}$ (Гс·см^3)
Солнце	$2 \cdot 10^{33}$	$7 \cdot 10^{10}$	$2{,}5 \cdot 10^{-6}$	$1{,}7 \cdot 10^{35}$	$1{,}7 \cdot 10^{32}$
Меркурий	$3{,}24 \cdot 10^{26}$	$2{,}4 \cdot 10^{7}$	$8 \cdot 10^{-7}$	$1{,}0 \cdot 10^{21}$	$5 \cdot 10^{27}$
Земля	$6 \cdot 10^{27}$	$6 \cdot 10^{8}$	$7{,}3 \cdot 10^{-5}$	$1{,}1 \cdot 10^{27}$	$8 \cdot 10^{25}$
Марс	$6{,}4 \cdot 10^{26}$	$3{,}4 \cdot 10^{8}$	$7 \cdot 10^{-5}$	$3{,}6 \cdot 10^{25}$	$2 \cdot 10^{22}$
Юпитер	$1{,}9 \cdot 10^{30}$	$7 \cdot 10^{9}$	$1{,}8 \cdot 10^{-4}$	$1{,}2 \cdot 10^{32}$	$4 \cdot 10^{30}$

Значения магнитных моментов Венеры и Луны незначительны.

Из таблицы видно, что для всех объектов, кроме Меркурия, первичный дипольный магнитный момент превосходит наблюдаемое значение, как и должно быть согласно обсуждаемой здесь гипотезе. Для Солнца наблюдаемое значение составляет примерно 0,1% от первичного магнитного момента, а для Юпитера $\sim 3\%$.

14. Пользуясь формулой (7), можно оценить магнитное поле пульсаров, которые принято считать нейтронными звездами. Они различаются своими параметрами. Выберем их значения в пределах приводимых в литературе оценок. Положим для пульсара радиус $R \simeq 10^6$ см, массу — порядка солнечной: $m \simeq 10^{33}$ г и пусть $\omega \simeq 10$ рад·с$^{-1}$. Тогда получаем для первичного дипольного магнитного момента $M_1 \simeq 10^{32}$ Гс · см^3. Это соответствует значению напряженности магнитного поля на поверхности пульсара $B = M_1/R^3 \simeq 10^{14}$ Гс. Обычно магнитное поле пульсаров оценивается как $B_{\rm exp} \simeq 10^{12}$–$10^{13}$ Гс. Следовательно, предложенная здесь гипотеза происхождения магнитного поля может быть распространена и на случай пульсаров.

15. Предложенный подход позволяет под новым углом зрения проанализировать такие известные явления, как изменение полярности дипольного момента Солнца и Земли, дрейф магнитного полюса Земли, отклонение магнитного полюса от географического и ряд других. Поскольку первичный электрический заряд и дипольный магнитный момент остаются практически неизменными, то названные эффекты можно связать с процессами перераспределения абсорбированных электрических зарядов.

16. Предложенное здесь объяснение происхождения магнитного поля Земли, Солнца и других астрофизических объектов не отвергает ранее обсуждавшиеся гипотезы, а в какой-то степени обосновывает и объединяет их. Так, здесь находят свое воплощение идеи П. Н. Лебедева, П. М. Блекетта и других об обусловленности магнитного поля вращением объектов. Изложенное выше перекликается с гипотезами Т. Шломки и В. Сванна об изменении закона электромагнитного взаимодействия между зарядами двух знаков. Не отвергается и гипотеза об обусловленности магнитного поля токами внутри объектов.

Литература

1. *Яновский Б.М.* Земной магнетизм. Т. 1. Л.: Изд-во Ленинград. ун-та, 1964. С. 194–203.
2. *Лебедев П.Н.* Избранные сочинения. М.;Л.: ГИТТЛ, 1949. С. 229.
3. *Beck R., Brandenburg A., Shakurov A., Sokolov D.* // Ann. Rev. of Astron. and Astrophys. 1996. **34**. P. 155.
4. *Владимиров Ю.С.* Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Ч. 2. Теория физических взаимодействий. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998.
5. *Владимиров Ю.С.* Размерность физического пространства-времени и объединение взаимодействий. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987.
6. *Klein O.* //Z. f. Physik. 1926. **37**. P. 895.
7. *Fock V.* //Z. f. Physik. 1926. **38**. P. 242.
8. *Румер Ю.Б.* Исследования по 5-оптике. М.: ГИТТЛ, 1956.
9. *Мизнер Ч., Торн К., Уилер Дж.* Гравитация. Т. 3. М.: Мир. 1977. С. 100.
10. *Baliunas S., Sokoloff D., Soon V.* // Astrophys. J. Lett. 1996. **457**. P. 99–102.

Поступила в редакцию
17.03.99

*) Попытки объяснить происхождение магнитных полей только на основе формулы (7) противоречат данным наблюдений [10].