

УДК 515.1+530.1

UDC 515.1+530.1

01.00.00 Физико-математические науки

Physics and mathematics

ДИНАМИКА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И СУПЕРГРАВИТАЦИЯ В 112D**DYNAMICS OF THE GEOMAGNETIC FIELD AND SUPERGRAVITY IN 112D**

Трунев Александр Петрович
к.ф.-м.н., Ph.D., директор
Scopus Author ID: 6603801161
SPIN-код автора: 4945-6530

Alexander Trunev
Cand.Phys.-Math.Sci., Ph.D., C.E.O.
Scopus Author ID: 6603801161

*A&E Trounev IT Consulting, Торонто, Канада**A&E Trounev IT Consulting, Toronto, Canada*

В работе рассматривается проблема смены полярности геомагнитного поля как задача единой теории поля и теории супергравитации в 112D. Исследована центрально-симметрическая метрика, зависящая от радиальной координаты в наблюдаемом физическом пространстве одного из миров. Выведено уравнение, связывающее магнитное поле планеты с гравитационным полем в 5D. Обсуждается проблема изменения полярности магнитного поля Земли. Быстрое изменение полярности геомагнитного поля, обнаруженное на основе палеомагнитных данных, моделируется как движения на гиперсфере в 112D, что соответствует 110 углам. Простейшим примером такого движения в случае трех углов является модель Эйлера, описывающая вращение твердого тела. В этой модели существуют режимы с быстрым переворотом тела при сохранении момента импульса. Если тело обладает магнитным моментом, то при таком перевороте происходит изменение полярности магнитного поля. Предполагается, что центральное ядро земли намагничено и окружено некоторым числом спутников, каждый из которых обладает магнитным моментом. Спутники взаимодействуют с центральным ядром и между собой посредством гравитации и через магнитное поле. Центральное ядро может совершать внезапные перевороты, как в модели Эйлера. Показано, что длительность фазы с постоянной полярностью и время переворота зависят от возмущения величины момента и асимметрии ядра. Обсуждается гипотеза Эйнштейна о происхождении магнитного поля при вращении нейтральных масс. Показано, что движения на гиперсфере в 112D имеет своим следствием магнитное поле, обусловленное взаимодействием нуклонов в ядрах. Такого рода магнитное поле максимально проявляется для изотопов железа, кобальта и никеля, входящих в состав земного ядра.

The paper deals with the problem of changing the polarity of the geomagnetic field as a problem of a unified field theory and supergravity in the 112D. Investigated centrally symmetric metric depends on the radial coordinate in the observable physical space of one of the worlds. The equation that relates the magnetic field of the planet with a gravitational field in 5D has been derived. The problem of changing the polarity of the magnetic field of the Earth discussed. The rapid change of the geomagnetic field polarity detected on the basis of paleomagnetic data is modeled as a movement on a hypersphere in the 112D, which corresponds to 110 corners. The simplest example of such a movement in the case of the three angles is the Euler model that describes the rigid body rotation. In this model, there are modes with a quick flip of the body while conservation of the angular momentum. If the body has a magnetic moment, when such a change occurs flip of the magnetic field. It is assumed that the central core of the earth is magnetized and surrounded by a number of satellites, each of which has a magnetic moment. Satellites interact with a central core and one another by means of gravity and through a magnetic field. The central core may sudden flip, as in the Euler model. It is shown that the duration of phase with constant polarity and upheaval time depends on the magnitude of the disturbance torque and core asymmetry. We discuss Einstein's hypothesis about the origin of the magnetic field when rotating the neutral masses. It is shown that the motion on a hypersphere in the 112D has the effect of a magnetic field due to the interaction of nucleons in nuclei. Such magnetic field is most evident for iron, cobalt and nickel - elements are consisting of the Earth's core.

Ключевые слова: ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ, СУПЕРГРАВИТАЦИЯ, ГЕОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ.

Keywords: GENERAL RELATIVITY, GEOMAGNETIC FIELD, SUPERGRAVITY

Введение

Многokратная смена полярности геомагнитного поля, обнаруженная на основе палеомагнитных данных, находит объяснение в теории турбулентного динамо [1-6]. Однако в деталях возможно большое расхождение между теорией динамо и данными о времени полного переворота [7]. Поскольку в теории динамо предполагается, что магнитное поле обеспечивается токами в подвижной проводящей среде, такая система обладает заметной инерцией, что приводит к длительному, растянутому на десятки тысяч лет процессу распада и образования нового поля [6]. С другой стороны, палеомагнитные данные свидетельствуют о быстрой смене полярности и о большой скорости смещения магнитных полюсов порядка 6 градусов в день [8-9].

Отметим, что Эйнштейн выражал сомнение в том, что геомагнитное поле обусловлено электрическими токами, протекающими в недрах планеты [10]. Он писал по этому поводу следующее: «Земля и Солнце обладают магнитными полями, ориентации и полярности которых приближенно определяются направлением вращения этих небесных тел. Согласно теории Максвелла, эти поля могли бы возникнуть благодаря электрическим токам, текущим вокруг осей вращения небесных тел противоположно вращению. Солнечные пятна, которые с хорошим приближением можно считать вихрями, также обладают аналогичными очень сильными полями. Однако едва ли можно думать, что во всех этих случаях действительно существуют электрические токи проводимости или конвекционные токи достаточной силы. Скорее похоже на то, как будто магнитные поля возникают при вращательном движении нейтральных масс. Подобное порождение полей не могут предсказать ни теория Максвелла в ее первоначальном виде, ни теория Максвелла, обобщенная в <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/95.pdf>

смысле общей теории относительности. Здесь природа указывает нам, по-видимому, фундаментальную, пока еще не объясненную теорией закономерность» [10].

В общей теории относительности возникла проблема объединения метрической теории гравитации с теорией Максвелла. Как оказалось, наиболее просто такое объединение достигается в 5-мерном пространстве-времени [11-15]. Для дальнейшего развития объединенной теории гравитационных и электромагнитных взаимодействий и включения в нее ядерных и слабых взаимодействий потребовалось увеличение размерности пространства времени. В современных теориях супергравитации число измерений пространства-времени еще не установлено, а наиболее широко используемые теории сформулированы в пространствах 5-11 измерений [16-18].

В [19] рассматривается геометрия риманова 112-мерного пространства с общим гравитационным полем. Исследовано влияние отдельных виртуальных миров на другие миры. Показано, что физические законы во всех мирах отображают единое движение, охватывающее маркеры движения в форме элементарных частиц и атомов в 112-мерном пространстве.

В работе [20] обсуждается вариант метрической теории взаимодействий, в которой предполагается, что физические константы обусловлены наличием дополнительных измерений пространства-времени. Дана оценка числа физических констант на основе теории супергравитации в 112D [19].

В работе [21] рассматривается вариант единой теории поля, в котором дано обобщение единой теории поля в 5D [15] и в 6D [22] на пространство 112D. Показано, что описание электромагнитных, гравитационных, атомных и ядерных процессов можно осуществить в

рамках одной теории. В настоящей работе на основе теории [15, 19-22] рассматривается задача о быстрой смене полярности геомагнитного поля.

Быстрое изменение полярности геомагнитного поля, обнаруженное на основе палеомагнитных данных, моделируется как движения на гиперсфере в $112D$, что соответствует 110 углам. Простейшим примером такого движения в случае трех углов является модель Эйлера, описывающая вращение твердого тела. В этой модели существуют режимы с быстрым переворотом тела при сохранении момента импульса. Если тело обладает магнитным моментом, то при таком перевороте происходит изменение полярности магнитного поля.

Предполагается, что центральное ядро земли намагничено и окружено некоторым числом спутников, каждый из которых обладает магнитным моментом. Спутники взаимодействуют с центральным ядром и между собой посредством гравитации и через магнитное поле. Центральное ядро может совершать внезапные перевороты, как в модели Эйлера. Показано, что длительность фазы с постоянной полярностью и время переворота зависят от возмущения величины момента и асимметрии ядра, а также от движения на гиперсфере в $112D$.

Гравитация в $112D$

Рассмотрим обобщение уравнений Эйнштейна для пустого пространства на случай произвольного числа измерений [14, 21-22]:

$$\begin{aligned} R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R &= k g_{\mu\nu} \\ \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu} &= g_{\mu\nu} (k - \Lambda) \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь k – некоторая функция, зависящая от размерности пространства, $R_{\mu\nu}, g_{\mu\nu}, T_{\mu\nu}$ – тензор Риччи, метрический тензор и тензор

энергии-импульса; Λ, G, c - космологическая постоянная Эйнштейна, гравитационная постоянная и скорость света соответственно.

Отметим, что первым уравнением (1) определяется метрика пространства-времени, а вторым уравнением задается распределение материи, которое соответствует этой метрике. Эта гипотеза согласуется с теорией происхождения материи из гравитационного поля [23-24], но без специального предположения о наличии сингулярности метрики.

В общем случае имеют место соотношения

$$\begin{aligned} R_{ik} &= R_{ijk}^j, \quad R = g^{ik} R_{ik}, \\ R_{\beta\gamma\delta}^\alpha &= \frac{\partial \Gamma_{\beta\delta}^\alpha}{\partial x^\gamma} - \frac{\partial \Gamma_{\beta\gamma}^\alpha}{\partial x^\delta} + \Gamma_{\beta\delta}^\mu \Gamma_{\mu\gamma}^\alpha - \Gamma_{\beta\gamma}^\mu \Gamma_{\mu\delta}^\alpha, \\ \Gamma_{jk}^i &= \frac{1}{2} g^{is} \left(\frac{\partial g_{sj}}{\partial x^k} + \frac{\partial g_{sk}}{\partial x^j} - \frac{\partial g_{jk}}{\partial x^s} \right) \end{aligned} \quad (2)$$

$R_{\beta\gamma\delta}^\alpha$ - тензор Римана, Γ_{kl}^i - символы Кристоффеля второго рода.

Отметим, что в модели (1) сохраняются все результаты, связанные с определением, так называемых пространств Эйнштейна [25], поскольку соответствующие метрики являются решением первого уравнения (1).

В метрической теории существует два основных типа законов физики. Первый тип законов вытекает из равенства нулю ковариантной производной метрического тензора:

$$Dg_{ik} = 0 \rightarrow \frac{\partial g_{ik}}{\partial x^l} - g_{mk} \Gamma_{il}^m - g_{im} \Gamma_{kl}^m = 0 \quad (3)$$

В стандартной теории поля [25-26] из уравнений (3) выводится связь символов Кристоффеля с метрическим тензором в форме

$$\Gamma_{kl}^i = \frac{1}{2} g^{im} \left(\frac{\partial g_{mk}}{\partial x^l} + \frac{\partial g_{ml}}{\partial x^k} - \frac{\partial g_{kl}}{\partial x^i} \right)$$

Дальнейшее развитие теории строится на определении тензора кривизны и тензора Риччи в соответствии с выражениями (2). Заметим, что в общей теории относительности предполагается, что тензор энергии

импульса материи связан с тензором Эйнштейна уравнением Эйнштейна [25-26].

Однако уравнения (3) также являются фундаментальными, если их рассматривать при заданных функциях Γ_{kl}^i . Действительно, в этом случае можно определить и метрический тензор, интегрируя уравнения (3), и тензор Римана, используя выражения (2), и тензор энергии-импульса материи на основе уравнения Эйнштейна.

Второй тип законов вытекает из равенства нулю ковариантной производной скорости,

$$Du^i = 0 \rightarrow \frac{d^2 x^\mu}{ds^2} + \Gamma_{\nu\lambda}^\mu \frac{dx^\nu}{ds} \frac{dx^\lambda}{ds} = 0 \quad (4)$$

Отметим, что совокупность законов физики в форме (3)-(4) при заданных функциях Γ_{kl}^i полностью описывает динамику полей и частиц в многомерных пространствах.

Центрально-симметрические метрики

В работах [27-28] представлена модель гравитации в многомерных пространствах размерностью D с метрикой

$$ds^2 = \psi(t, r)dt^2 - p(\psi)dr^2 - d\phi_1^2 - \sin^2 \phi_1 d\phi_2^2 - \sin^2 \phi_1 \sin^2 \phi_2 d\phi_3^2 - \dots - \sin^2 \phi_1 \sin^2 \phi_2 \dots \sin^2 \phi_{N-1} d\phi_N^2 \quad (5)$$

Здесь $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_N$ - углы на единичной сфере, погруженной в $D - 1$ мерное пространство. Метрика (5) описывает многие важные случаи симметрии, используемые в физике элементарных частиц и в теории супергравитации. Например, 3-х сфера используется для представления $Sp(1) \cong SO(4) / SO(3) \cong SU(2)$ симметрии; 5-сфера описывает $SO(6) / SO(5) = SU(3) / SU(2)$ и т.п. Такой подход позволяет охватить все многообразие материи, которую производит фабрика природы, путем выбора уравнения состояния $p = p(\psi)$.

Уравнения поля в метрике (5) сводятся к одному уравнению второго порядка [27-28]

$$-p'\psi_{tt} + \psi_{rr} = -Kp\psi - \frac{pp' - 2p''p\psi + p'^2\psi}{2p\psi} \psi_t^2 + \frac{p + p'\psi}{2p\psi} \psi_r^2 \quad (6)$$

В общем случае параметры модели и скалярная кривизна зависят только от размерности пространства, имеем

$$\begin{aligned} k &= D(D-5)/2 + 3, \\ K &= 2(D-3), \\ R &= -D^2 + 3D \end{aligned} \quad (7)$$

Уравнение Гамильтона-Якоби в метрике (5) имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{1}{\psi} \left(\frac{\partial S}{\partial t} \right)^2 - \frac{1}{p} \left(\frac{\partial S}{\partial r} \right)^2 - \left(\frac{\partial S}{\partial \phi_1} \right)^2 - \sin^{-2} \phi_1 \left(\frac{\partial S}{\partial \phi_2} \right)^2 - \\ \sin^{-2} \phi_1 \sin^{-2} \phi_2 \left(\frac{\partial S}{\partial \phi_3} \right)^2 - \dots - \sin^{-2} \phi_1 \sin^{-2} \phi_2 \dots \sin^{-2} \phi_{N-1} \left(\frac{\partial S}{\partial \phi_N} \right)^2 = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Уравнение (8) можно проинтегрировать при некоторых предположениях, используя метод, рассмотренный в работе [22].

Динамика частиц на гиперсфере

Заметим, что движение частиц в метрике (5) разделяется на радиальное движение и движение на сфере, которое в общем случае можно исследовать независимо от радиального движения. Будем предполагать, что существуют такие частицы, которые движутся в римановом пространстве в метрике (5) с числом углов $N = 110$. Возникает вопрос, как эти частицы могут быть идентифицированы в нашем пространстве? Для ответа на этот вопрос следует установить, какие углы из 110 принадлежать нашему миру и как много углов одновременно могут повлиять на два выбранных угла.

Как известно, движение массивных частиц в гравитационном поле в общем случае описывается уравнением (4). Пронумеруем координаты метрики (5) следующим образом

$$\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_N, x_{N+1}, x_{N+2}.$$

Система уравнений (4) в метрике (5) имеет вид [19]

$$\frac{d^2 \phi_i}{ds^2} + 2 \frac{d\phi_i}{ds} \sum_{j=1}^{i-1} \frac{d\phi_j}{dt} \cot \phi_j - \cos \phi_i \sin \phi_i \sum_{j=i+1}^N \frac{d\phi_j}{ds} \frac{d\phi_j}{ds} \prod_{k=i+1}^{j-1} \sin^2 \phi_k = 0, \quad i = 1, \dots, N. \quad (9)$$

Отметим, что в силу уравнений (19) все углы связаны между собой. Поэтому движение вдоль каждого угла может влиять на динамику всей системы. Это влияние является особенно сильным в окрестности полюсов системы, где $\phi_i \rightarrow 0, \pi$, при этом $\cot \phi_i \rightarrow \pm\infty$.

Однако система уравнений (19) зависит от начальных данных, поэтому если в начальный момент времени положить, например, $\phi_2(0) = \pi/2, \dot{\phi}_2(0) = 0$, то во все последующие моменты времени имеем $\phi_2(t) = \pi/2, \dot{\phi}_2(t) = 0$. Но тогда, согласно (19), угол ϕ_2 выпадает из системы, а порядок системы понижается.

Используя это свойство системы уравнений (19) можно исследовать динамику некоторой подсистемы меньшего размера. Так, в работе [19] исследованы подсистемы с числом угловых координат $N = 5; 8; 38; 71$, которые описывают взаимное влияние 2, 3, 13 и 24 миров соответственно.

В общем случае, согласно (4), движение в пространстве зависит от функций Γ_{kl}^i – символов Кристоффеля второго рода. Чтобы отобразить движение в многомерных пространствах в рамках четырехмерного пространства-времени необходимо осуществить компактификацию. В многомерной теории гравитации компактификация достигается путем задания условия периодичности (цилиндричности) по одной или нескольким координатам [20].

Переворот ядра планеты в модели Эйлера

Для земного наблюдателя отображение движения на гиперсфере представляется как вращение твердого тела, для описания которого

используется три угла Эйлера. Соответствующая система уравнений имеет вид [29]

$$\begin{aligned}
 \Omega_1 &= (\sin \beta \sin \gamma) d\alpha / dt + \cos \gamma d\beta / dt, \\
 \Omega_2 &= (\sin \beta \cos \gamma) d\alpha / dt - \sin \gamma d\beta / dt, \\
 \Omega_3 &= \cos \beta d\alpha / dt + d\gamma / dt, \\
 I_1 d\Omega_1 / dt + (I_3 - I_2) \Omega_2 \Omega_3 &= K_1, \\
 I_2 d\Omega_2 / dt + (I_1 - I_3) \Omega_1 \Omega_3 &= K_2, \\
 I_3 d\Omega_3 / dt + (I_2 - I_1) \Omega_2 \Omega_1 &= K_3.
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

Здесь I_j, K_j – главные моменты инерции и компоненты момента сил соответственно. Если все три момента инерции твердого тела различаются между собой так, что $I_1 < I_2 < I_3$, то при вращении вокруг оси с главным моментом инерции I_2 возможным является переворот тела с сохранением момента импульса – рис. 1.

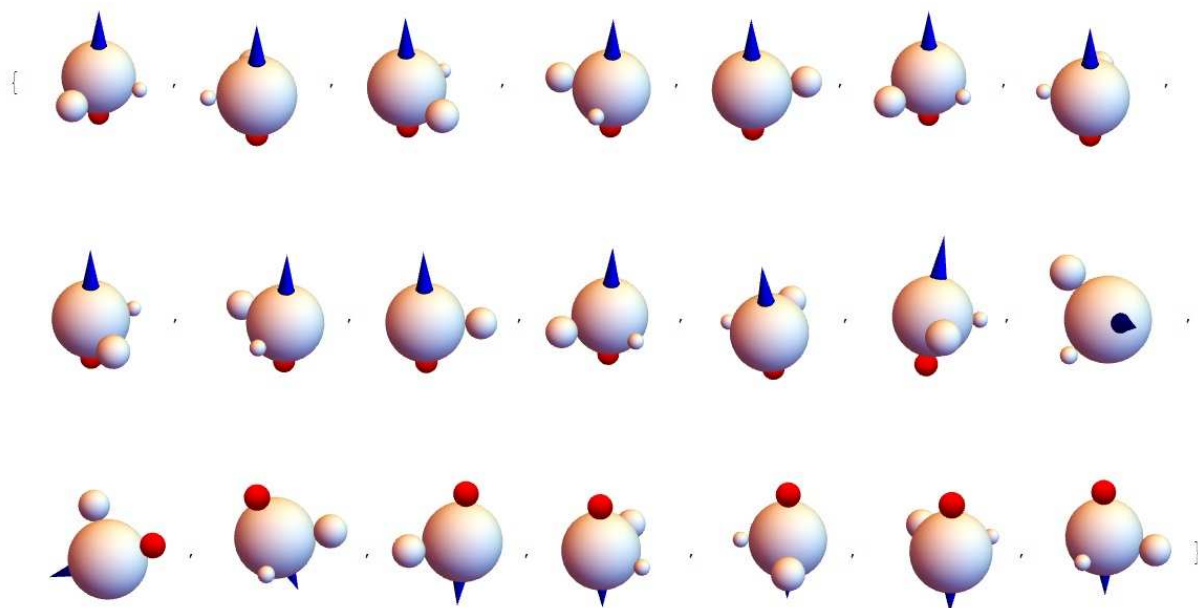


Рис. 1. Переворот твердого тела при вращении вокруг оси со средним главным моментом инерции: синим конусом и красной сферой обозначены магнитные полюсы.

Отметим, что этот эффект, известный в механике как «теорема теннисной ракетки» [30], был зарегистрирован в 1985 летчиком-космонавтом В.А. Джанибековым при откручивании крепежных гаек на <http://ej.kubagro.ru/2016/05/pdf/95.pdf>

борту орбитальной станции «Салют-7», откуда получил название «эффект гайки Джанибекова».

Если твердое тело обладает магнитным полем с магнитным моментом, ориентированным параллельно вектору механического момента, то при перевороте тела вектор механического момента не меняется, тогда, как вектор магнитного момента переворачивается вместе с телом – рис. 1. Мы, таким образом, получаем объяснение смены полярности магнитного поля, не связанное с теорией динамо [1-6].

Для нахождения параметров движения при перевороте можно использовать аналитическую модель, описывающую свободное вращение асимметрического волчка [29]:

$$\begin{aligned} \Omega_1 &= \sqrt{\frac{2EI_3 - M^2}{I_1(I_3 - I_1)}} \operatorname{cn}(\tau, k), \quad \Omega_2 = \sqrt{\frac{2EI_3 - M^2}{I_2(I_3 - I_2)}} \operatorname{sn}(\tau, k) \\ \Omega_3 &= \sqrt{\frac{-2EI_1 + M^2}{I_3(I_3 - I_1)}} \operatorname{dn}(\tau, k), \quad \tau = t \sqrt{\frac{(I_3 - I_2)(M^2 - 2EI_1)}{I_1 I_2 I_3}} \end{aligned} \quad (11)$$

Здесь обозначено: E, M^2 - энергия и квадрат механического момента; $\operatorname{sn}(\tau, k), \operatorname{cn}(\tau, k) = \sqrt{1 - \operatorname{sn}^2(\tau, k)}, \operatorname{dn}(\tau, k) = \sqrt{1 - k^2 \operatorname{sn}^2(\tau, k)}$ - эллиптические функции

Якоби; $k^2 = \frac{(I_2 - I_1)(2EI_3 - M^2)}{(I_3 - I_2)(M^2 - 2EI_1)}$. Динамика системы (11) определяется двумя

параметрами – периодом и временем переворота, которые связаны между

собой соотношением $T = 4K(k) \sqrt{\frac{I_1 I_2 I_3}{(I_3 - I_2)(M^2 - 2EI_1)}}, T/T_R \approx 2K(k)$, где K –

полный эллиптический интеграл первого рода.

На рис. 2 представлены зависимости компонентов угловой скорости от времени для случая движения твердой Земли вокруг оси с главным моментом инерции I_2 . Отметим, что моменты инерции земли по данным

[31] составляют: $I_1 = 8.0101 \cdot 10^{37}, I_2 = 8.0103 \cdot 10^{37}, I_3 = 8.0365 \cdot 10^{37} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$.

Возмущения угловой скорости, обусловленные прецессией и нутацией, могут составить около $\Omega_1 / \Omega_2 = 1.16 \cdot 10^{-7}$. Из данных, приведенных на рис. 2

следует, что если бы Земля вращалась как твердое тело вокруг оси с главным моментом инерции I_2 , то в этом случае Земля совершала бы перевороты с периодом приблизительно 103 года. При этом полное время переворота составляло бы около 3 лет.

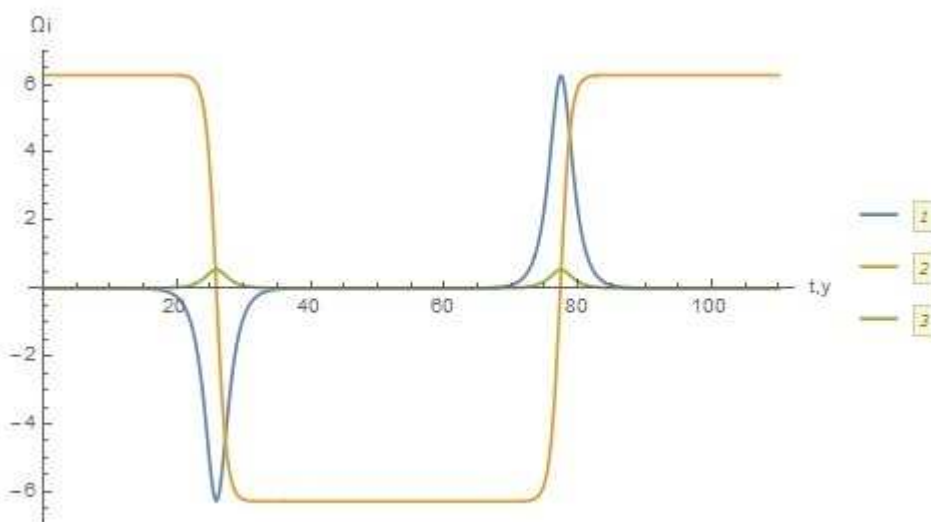


Рис. 2. Динамика твердой Земли при вращении вокруг оси с главным моментом инерции I_2 .

Применяя эту модель к земному ядру можно определить период и время переворота ядра по данным об изменении полярности магнитного поля и по существующим оценкам времени смены полюсов. Однако палеомагнитные данные [32] свидетельствуют, что изменение полярности происходило нерегулярно в последние 14 миллионов лет, со средним периодом около 343 тысячи лет и с наиболее вероятным периодом 52500 лет – рис. 3.

В природе, очевидно, существует механизм, обеспечивающий быструю смену полюсов геомагнитного поля. Таким механизмом может быть, например падение на центральное ядро одного или нескольких

сателлитов, а также взаимодействие центрального ядра с мантией и литосферой.

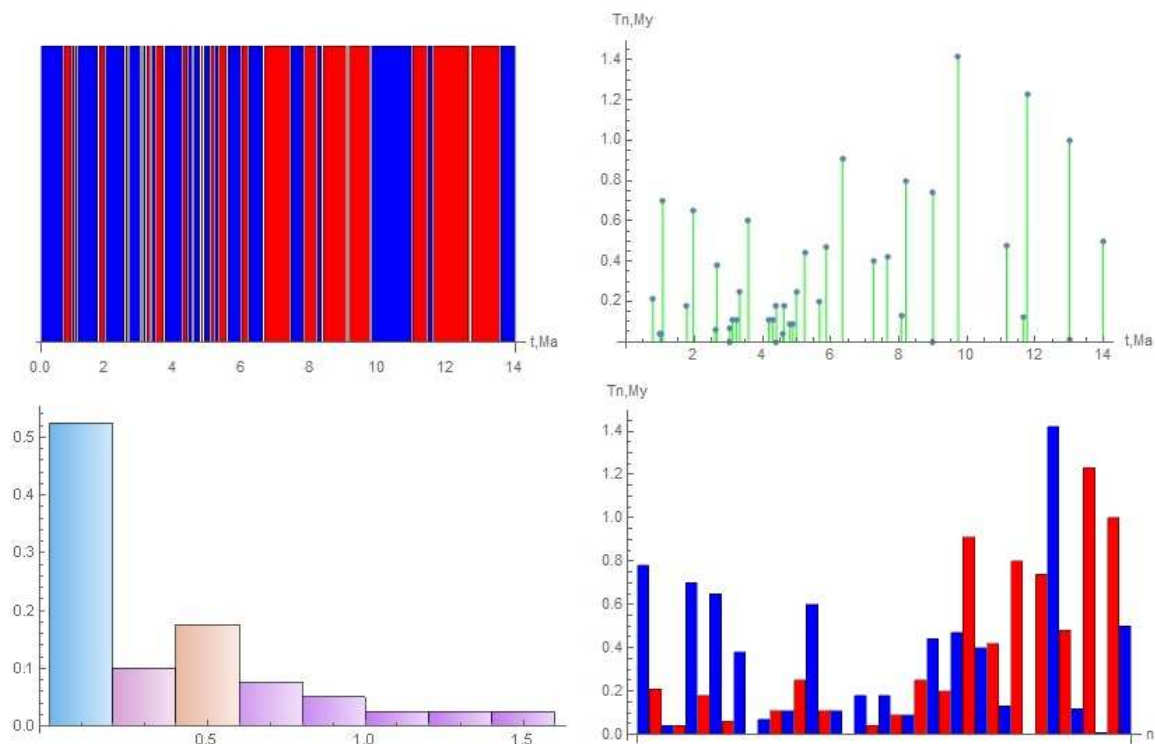


Рис. 3. Полярность магнитного поля (вверху, слева) и распределение периодов между сменами полюсов на протяжении 14 миллионов лет (внизу, слева). В правой части отображены периоды во времени (вверху) и в последовательности (внизу) по данным [32].

Отметим, что о наличии сателлитов можно предполагать, исходя из наблюдаемой структуры геомагнитного поля. При падении сателлитов на ядро момент инерции ядра внезапно изменяется, в результате чего время переворота сокращается на порядки. После переворота часть сателлитов срывается с ядра, момент инерции принимает новое значение и цикл повторяется – рис. 4.

Во избежание недоразумений заметим, что изменение угловой скорости ядра происходит в системе координат, связанной с ядром – рис.

1, поэтому изменение знака угловой скорости вращения ядра не приводит к изменению механического момента.

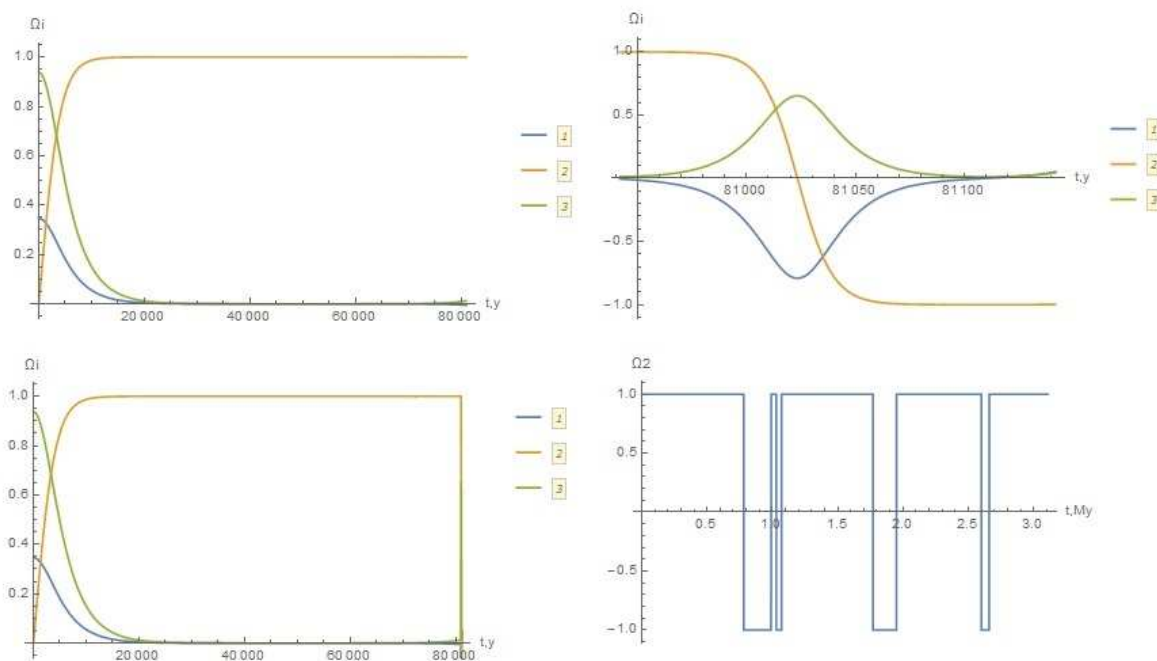


Рис. 4. Изменение угловой скорости в модели Эйлера при изменении главных моментов инерции (угловая скорость нормирована на 2π). Вверху, слева - обычный режим вращения с периодом 100787 лет, справа – резкое изменение периода до 150 лет. Внизу, слева – результирующий профиль с резким изменением угловой скорости за время около 10 лет; справа – реставрация профиля угловой скорости вращения ядра с использованием палеомагнитных данных.

Очевидно, что в такой модели присутствует элемент случайности, связанный со случайным изменением массы ядра. Отметим, что величина эффекта зависит от числа спутников и их массы. Заметный эффект наблюдается уже при изменении радиуса центрального ядра на 1%, что равносильно изменению его массы приблизительно на 2%, т.е. общая масса спутников составляет приблизительно 1/50 часть массы

центрального ядра. Это можно сравнить с соотношением масс в системе земля-луна – 1/81.

Покажем, что быстрая смена полярности с отношением соотношением периода ко времени переворота $T/T_R \approx 10^4$ может быть обусловлена малым возмущением главных моментов инерции ядра. Действительно, учитывая начальные малые возмущения параметров угловой скорости, имеем

$$T_R \approx 2 \sqrt{\frac{I_1 I_2 I_3}{(I_3 - I_2)(M^2 - 2EI_1)}} \approx \frac{2}{\Omega_2} \sqrt{\frac{I_1 I_3}{(I_3 - I_2)(I_2 - I_1)}} \quad (12)$$

Замечая, что угловая скорость вращения ядра определяется полным оборотом земли за одни сутки, находим, что время реверса магнитного поля ядра определяется по уравнению (12) в сутках и зависит, в основном, от соотношения главных моментов инерции. Поскольку же выражение (12) содержит особенности, время может изменяться от нескольких суток до бесконечности.

Остается вопрос, на который следует ответить – это происхождение магнитного поля ядра и сателлитов. Для ответа на этот вопрос мы используем гипотезу Эйнштейна [10], а также теорию [15, 19-21].

Магнитное поле ядра

Согласно Фарадею «экспериментально пустое пространство является магнитом» [34]. Поэтому в природе должна наблюдаться спонтанная генерация электричества, в силу закона электромагнитной индукции. Эта идея не получила должной оценки ни у современников Фарадея, ни в настоящее время, хотя магнитное поле было обнаружено как у небесных тел – звезд и планет, так и у галактик и межгалактическом пространстве [35].

В трудах Максвелла [36] была установлена математическая связь между электрическим и магнитным полем, описывающая закон индукции Фарадея в форме

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (13)$$

Этот закон, однако, необходимо дополнить еще одним уравнением, связывающим электрическое поле с магнитным полем в подвижных осях [36]

$$\mathbf{E} = [\mathbf{v} \times \mathbf{B}] - \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} - \nabla \psi \quad (14)$$

Первое слагаемое в правой части выражения (14) описывает закон индукции в случае движения проводника относительно магнитного поля неподвижного магнита, тогда как уравнение (13) описывает вихревое электрическое поле, возникающее в замкнутом контуре при движении магнита. Выражения (13)-(14) составляют основу теории динамо. Здесь, однако, остается неясным вопрос о происхождении самого магнитного поля.

После создания общей теории относительности появилось множество работ, в которых рассматривались различные версии магнитного пространства, образованного из тензора энергии-импульса магнитного поля [37-44]. Таким образом, электромагнитные явления могут быть сведены к геометрическим свойствам пространства-времени. В наиболее общем виде эта идея отражена в теории геометродинамики [39].

В пятимерном пространстве можно построить теорию поля, объединяющую электромагнитное и гравитационное взаимодействия [11-15], а также теорию атома и атомного ядра [20, 45-46].

В этой модели свойства вещества определяются параметрами метрического тензора в 5-мерном пространстве, которые зависят от комбинации заряда и гравитационных свойств центрального ядра.

Для описания движения материи с учетом ее волновых свойств используем волновое уравнение, которое в общем случае можно записать в виде:

$$\frac{1}{\sqrt{-G}} \frac{\partial}{\partial x^\mu} \left(\sqrt{-G} G^{\mu\nu} \frac{\partial}{\partial x^\nu} \Phi \right) = 0 \quad (15)$$

Здесь Φ - волновая функция, описывающая скалярное поле в пятимерном пространстве, G^{ik} - контравариантный метрический тензор,

$$G^{ik} = \eta^{-1} \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 & 0 & 0 & -g^1 \\ 0 & \lambda_2 & 0 & 0 & -g^2 \\ 0 & 0 & \lambda_2 & 0 & -g^3 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_2 & -g^4 \\ -g^1 & -g^2 & -g^3 & -g^4 & \lambda \end{pmatrix} \quad (16)$$

Вектор g^i , фигурирующий как часть тензора (16), линейно связан с электромагнитными потенциалами. Таким образом, электромагнитные явления объясняются в теории [11-15] поворотами в пятимерном пространстве, а в более общем случае движением на гиперсфере в 112D [21]. Но движение на гиперсфере и вращение ядра это связанные между собой явления. Отсюда находит свое обоснование гипотеза Эйнштейна [10] о связи магнитного поля с вращением нейтральных масс. Математически это выражается в задании связи между компонентами вектора $g_1 = \mathcal{E}/r$, $\mathbf{g} = g_1 \mathbf{u}$ и, соответственно между векторным и скалярным потенциалами $\mathbf{A} = \varphi_e \mathbf{u}$.

Отметим, что вектор \mathbf{u} это не скорость частиц, как в классической теории поля [26], а параметр взаимодействия нуклонов в атомных ядрах, от которого зависит энергия связи [21, 45-47]. Дальнейшая теория строится путем разложения поля системы на больших расстояниях, имеем [26]

$$\mathbf{A}_E = \frac{[\mathbf{mR}]}{R^3}, \mathbf{m} = \frac{1}{2} \sum e \int [\mathbf{ru}] \Phi \Phi^* dx^5 \quad (17)$$

Согласно (17) поле ядра определяется его магнитным моментом, однако магнитный момент зависит не от скорости движения зарядов или

токов, а от параметра взаимодействия нуклонов в ядрах. Следовательно, магнитное поле такого рода будет максимально проявлено в тех атомных ядрах, где энергия связи на один нуклон достигает максимального значения. К таким изотопам, как известно, относятся кобальт, никель и железо - вещества из которых, как предполагается, состоит земное ядро [48]. Отметим, что магнетизм, связанный с состоянием атомных ядер, не зависит от температуры вплоть до энергии порядка МэВ.

Таким образом, магнитное поле земли изменяется в зависимости от состояния ядра его динамики и возможности переворота в модели Эйлера, что определяется главными моментами инерции. Внезапное изменение главных моментов инерции при падении на центральное ядро одного или нескольких спутников, приводит к быстрому - от нескольких дней до нескольких лет, изменению полярности магнитного поля, чем и объясняются палеомагнитные данные [8-9] и другие.

Наконец, заметим, что детальное исследование динамики спутников и ядерного магнитного поля является отдельной проблемой, решение которой выходит за рамки настоящей работы.

Библиографический список

1. Вайнштейн С.И., Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А. Турбулентное динамо в астрофизике. – М.: Наука, 1980.
2. Моффат Г. Возбуждение магнитного поля в проводящей среде. - М.: Мир, 1980.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. – М., Наука, 1982.
4. Hollerbach R., Jones C. A. Influence of the Earth's inner core on geomagnetic fluctuations and reversals// Nature, 365, pp. 541-543, 1993.
5. Jacobs J.A. Reversals of the Earth's Magnetic Field, Second Edition. – Cambridge Univ. Press, 1994.
6. Glatzmaier G. A. and Roberts P.H. A three-dimensional self-consistent computer simulation of a geomagnetic field reversal// Nature, 377, 203-209, 1995.
7. Ryskin G. On the origin of the Earth's magnetic field//arXiv:0312617 [astro-ph]
8. Coe R.S., Prevot M., Camps P. New evidence for extraordinary rapid change of the geomagnetic field during a reversal// Nature, 374, 687-692, 1994.

9. Action G.D., Tessema A., Jackson M., Bilham R. The tectonic and geomagnetic significance of paleomagnetic observations from volcanic rocks from central Afar, Africa//*Earth and Planetary Science Letter*, Vol. 180, 3-4, P. 225-241, 2000.
10. Einstein A. Ueber den Aether// *Schweiz. naturforsch. Gesellschaft, Verhandlungen*, 105, 1924; Альберт Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 2. – М., Наука, 1966, с. 159.
11. Kaluza Theodor. Zum Unitätsproblem in der Physik// *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin. (Math. Phys.)*, 966–972. 1921.
12. Einstein A. Zu Kaluzas Theorie des Zusammenhangs von Gravitation und Elektrizitat// *Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss., phys.-math. Kl.*, 1927, 23—25; Альберт Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 2. – М., Наука, 1966, с. 83.
13. Einstein A., Bargmann V., and Bergmann P. On Five-dimensional Representation of Gravitation and Electricity/ *Theodore von Karman Anniversary Volume*, Pasadena, Calif. Inst. Technol., 1941, 212—225; Альберт Эйнштейн. Собрание научных трудов. Т. 2. – М., Наука, 1966, с. 543.
14. Румер Ю. Б. Исследования по 5-оптике. – М., Гостехиздат, 1956. 152 с.
15. Трунев А.П. Фундаментальные взаимодействия в теории Калуцы-Клейна// *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – №07(071). С. 502 – 527. – Шифр Информрегистра: 0421100012\0252, IDA [article ID]: 0711107039. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/39.pdf> .
16. Pran Nath. Twenty Years of SUGRA// *arXiv:hep-ph/0307123v2*, 20 Jul 2003.
17. Bernard de Wit, Jan Louis. Supersymmetry and Dualities in various dimensions// *arXiv: hep-th/9801132v2*, 18 Feb 1998.
18. Bernard de Wit. Supergravity // *arXiv: hep-th/0212245v1* 19 Dec 2002.
19. Трунев А.П. Супергравитация в 11D / А.П. Трунев // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №03(117). С. 1263 – 12184. – IDA [article ID]: 1171603082. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/82.pdf>
20. Трунев А.П. Теория физических констант и супергравитация в 11D / А.П. Трунев // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №04(118). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/78.pdf>
21. Трунев А.П. Единая теория поля и супергравитация в 11D / А.П. Трунев // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – №05(119).
22. Трунев А.П. Риманова геометрия и единая теория поля в 6D / А.П. Трунев // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]*. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №01(105). С. 161 – 186. – IDA [article ID]: 1051501008. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/08.pdf>
23. Einstein A., Infeld L. *Gravitational Equations and the Problems of Motion* // *Ann.Math.*, 1940,41, 455—464;
24. Einstein A., Infeld L. *On the Motion of Particles in General Relativity Theory*// *Canad. J. Math.*, 1949, 1, 209—241.
25. Petrov A.Z. *New methods in general relativity*. - Moscow: Nauka, 1966.

26. Landau L.D., Lifshitz E.M. The Classical Theory of Fields. Vol. 2 (3rd ed.). - Pergamon Press, ISBN 978-0-08-016019-1, 1971.

27. Трунев А.П. Гравитационные волны и квантовая теория Шредингера / А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №02(096). С. 1189 – 1206. – IDA [article ID]: 0961402081. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/81.pdf>

28. Трунев А.П. Gravitational waves and quantum theory / А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №02(096). С. 1146 – 1161. – IDA [article ID]: 0961402078. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/78.pdf>

29. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Механика. – М.. «Наука», 1988.

30. Ashbaugh M. S., Chicone C. C., Cushman R. H. The twisting tennis racket// Journal of Dynamics and Differential Equations, Vol. 3, 1, pp. 67-85, 1991.

31. Groten E. Report of Special Commission 3 on “Fundamental Constants” (SCFC)/ General Assembly of IUGG, Birmingham, 1999.

32. NOAA, <https://www.ngdc.noaa.gov/>

33. Черноушко Ф.Л., Акуленко Л.Д., Лещенко Д.Д. Эволюция движения твердого тела относительно центра масс. – Москва-Ижевск, 2015.

34. М. Фарадей. О физических линиях магнитной силы/ М. Фарадей. Экспериментальные исследования по электричеству, Том 3. АН СССР, 1959.

35. Gaensler B. M., Beck R., Feretti L. The Origin and Evolution of Cosmic Magnetism// arXiv:astro-ph/0409100v2, 9 Sept. 2004.

36. Дж. К. Максвелл. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М., ГИТТЛ, 1952.

37. Rainich G.Y. Electrodynamics in the General Relativity Theory//Trans. Am. Math. Soc., 27,106, January 1925.

38. Misner C. and Wheeler J. Classical Physics as Geometry // Ann. of Phys., 2, No. 6, 525—603, 1957.

39. John A Wheeler. Neutrinos, Gravitation, and Geometry/ In Rendiconti della Scuola internazionale di fisica "Enrico Fermi." Corso XI, by L. A.Radicati. Bologna: Zanichelli, 1960, 67 – 196.

40. Melvin M.A. Pure magnetic and electric geons// Physics Letters A, Volume 8, Issue 1, 1 January 1964, Pages 65–68

41. Melvin M. A. Dynamics of Cylindrical Electromagnetic Universes//Phys. Rev. 139, B225 – Published 12 July 1965.

42. Xulu S. S. Energy Distribution in Melvin's Magnetic Universe//Int. J. Mod. Phys. A15, 4849-4856, 2000.

43. Tayebeh Tahamtan, Mustafa Halilsoy. Stable Magnetic Universes// arXiv:1104.3401v1 [gr-qc]18 Apr 2011

44. Трунев А.П. Магнитные пространства Фарадея / А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №10(114). С. 1446 – 1472. – IDA [article ID]: 1141510105. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/105.pdf>

45. Трунев А.П. Структура атомного ядра в теории Калуцы-Клейна / А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №02(076). С. 873 – 892. – Шифр

Информрегистр: 0421200012\0095, IDA [article ID]: 0761202070. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/02/pdf/70.pdf>

46. Трунев А.П. Ядерные оболочки и периодический закон Д.И. Менделеева / А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №05(079). С. 414 – 439. – IDA [article ID]: 0791205029. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/29.pdf>

47. Трунев А.П. Ядерные оболочки и периодический закон Д.И. Менделеева. Часть 2. / А.П. Трунев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – №07(081). С. 491 – 514. – IDA [article ID]: 0811207037. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/37.pdf>

48. McDonouch W.F. Composition Model for the Earth's Core/ Treatise on Geochemistry, Vol. 2. Editor: R. W. Carlson. – Elsevier, 2003, p.547.

Bibliograficheskiy spisok

1. Vajnshtejn S.I., Zel'dovich Ja.B., Ruzmajkin A.A. Turbulentnoe dinamo v astrofizike. – М.: Nauka, 1980.

2. Moffat G. Vozbuzhdenie magnitnogo polja v provodjashhej srede. - М.: Mir, 1980.

3. Landau L.D., Lifshic E.M. Jelektrodinamika sploshnyh sred. – М., Nauka, 1982.

4. Hollerbach R., Jones C. A. Influence of the Earth's inner core on geomagnetic fluctuations and reversals// Nature, 365, pp. 541-543, 1993.

5. Jacobs J.A. Reversals of the Earth's Magnetic Field, Second Edition. – Cambridge Univ. Press, 1994.

6. Glatzmaier G. A. and Roberts P.H. A three-dimensional self-consistent computer simulation of a geomagnetic field reversal// Nature, 377, 203-209, 1995.

7. Ryskin G. On the origin of the Earth's magnetic field//arXiv:0312617 [astro-ph]

8. Coe R.S., Prevot M., Camps P. New evidence for extraordinary rapid change of the geomagnetic field during a reversal// Nature, 374, 687-692, 1994.

9. Action G.D., Tessema A., Jackson M., Bilham R. The tectonic and geomagnetic significance of paleomagnetic observations from volcanic rocks from central Afar, Africa//Earth and Planetary Science Letter, Vol. 180, 3-4, P. 225-241, 2000.

10. Einstein A. Ueber den Aether// Schweiz. naturforsch. Gesellschaft, Verhandlungen, 105, 1924; Al'bert Jejnshstejn. Sobranie nauchnyh trudov. T. 2. – М., Nauka, 1966, s. 159.

11. Kaluza Theodor. Zum Unitätsproblem in der Physik// Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin. (Math. Phys.), 966–972. 1921.

12. Einstein A. Zu Kaluzas Theorie des Zusammenhangs von Gravitation und Elektrizitat// Sitzungsber. preuss. Akad. Wiss., phys.-math. Kl., 1927, 23—25; Al'bert Jejnshstejn. Sobranie nauchnyh trudov. T. 2. – М., Nauka, 1966, s. 83.

13. Einstein A., Bargmann V., and Bergmann P. On Five-dimensional Representation of Gravitation and Electricity/ Theodore von Karman Anniversary Volume, Pasadena, Calif. Inst. Technol., 1941, 212—225; Al'bert Jejnshstejn. Sobranie nauchnyh trudov. T. 2. – М., Nauka, 1966, s. 543.

14. Rumer Ju. B. Issledovanija po 5-optike. – М., Gostehizdat, 1956. 152 s.

15. Trunev A.P. Fundamental'nye vzaimodejstvija v teorii Kalucy-Klejna// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Краснодар:

KubGAU, 2011. – №07(071). S. 502 – 527. – Shifr Informregistra: 0421100012\0252, IDA [article ID]: 0711107039. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2011/07/pdf/39.pdf> .

16. Pran Nath. Twenty Years of SUGRA// arXiv:hep-ph/0307123v2, 20 Jul 2003.

17. Bernard de Wit, Jan Louis. Supersymmetry and Dualities in various dimensions// arXiv: hep-th/9801132v2, 18 Feb 1998.

18. Bernard de Wit. Supergravity // arXiv: hep-th/0212245v1 19 Dec 2002.

19. Trunev A.P. Supergravitacija v 112D / A.P. Trunev // Politematiceskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №03(117). S. 1263 – 12184. – IDA [article ID]: 1171603082. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/03/pdf/82.pdf>

20. Trunev A.P. Teorija fizicheskikh konstant i supergravitacija v 112D / A.P. Trunev // Politematiceskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №04(118). Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/78.pdf>

21. Trunev A.P. Edinaja teorija polja i supergravitacija v 112D / A.P. Trunev // Politematiceskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2016. – №05(119).

22. Trunev A.P. Rimanova geometrija i edinaja teorija polja v 6D / A.P. Trunev // Politematiceskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №01(105). S. 161 – 186. – IDA [article ID]: 1051501008. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/08.pdf>

23. Einstein A., Infeld L. Gravitational Equations and the Problems of Motion //Ann.Math., 1940,41, 455—464;

24. Einstein A., Infeld L. On the Motion of Particles in General Relativity Theory// Canad. J. Math., 1949, 1, 209—241.

25. Petrov A.Z. New methods in general relativity. - Moscow: Nauka, 1966.

26. Landau L.D., Lifshitz E.M. The Classical Theory of Fields. Vol. 2 (3rd ed.). - Pergamon Press, ISBN 978-0-08-016019-1, 1971.

27. Trunev A.P. Gravitacionnye volny i kvantovaja teorija Shredingera / A.P. Trunev // Politematiceskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №02(096). S. 1189 – 1206. – IDA [article ID]: 0961402081. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/81.pdf>

28. Trunev A.P. Gravitational waves and quantum theory / A.P. Trunev // Politematiceskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2014. – №02(096). S. 1146 – 1161. – IDA [article ID]: 0961402078. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/78.pdf>

29. Landau L.D., Lifshic E.M. Mehanika. – M.. «Nauka», 1988.

30. Ashbaugh M. S., Chicone C. C., Cushman R. H. The twisting tennis racket// Journal of Dynamics and Differential Equations, Vol. 3, 1, pp. 67-85, 1991.

31. Groten E. Report of Special Commission 3 on “Fundamental Constants” (SCFC)/ General Assembly of IUGG, Birmingham, 1999.

32. NOAA, <https://www.ngdc.noaa.gov/>

33. Chernous'ko F.L., Akulenko L.D., Leshhenko D.D. Jevoljucija dvizenija tverdogo tela odnositel'no centra mass. – Moskva-Izhevsk, 2015.

34. M. Faradej. O fizicheskikh linijah magnitnoj sily/ M. Faradej. Jeksperimental'nye issledovanija po jelektrichestvu, Tom 3. AN SSSR, 1959.
35. Gaensler B. M., Beck R., Feretti L. The Origin and Evolution of Cosmic Magnetism// arXiv:astro-ph/0409100v2, 9 Sept. 2004.
36. Dzh. K. Maksvell. Izbrannye sochinenija po teorii jelektromagnitnogo polja. – M., GITTL, 1952.
37. Rainich G.Y. Electrodynamics in the General Relativity Theory//Trans. Am. Math. Soc., 27,106, January 1925.
38. Misneg S. and Wheeler J. Classical Physics as Geometry // Ann. of Phys., 2, No. 6, 525—603, 1957.
39. John A Wheeler. Neutrinos, Gravitation, and Geometry/ In Rendiconti della Scuola internazionale di fisica "Enrico Fermi." Corso XI, by L. A.Radicati. Bologna: Zanichelli, 1960, 67 – 196.
40. Melvin M.A. Pure magnetic and electric geons// Physics Letters A, Volume 8, Issue 1, 1 January 1964, Pages 65–68
41. Melvin M. A. Dynamics of Cylindrical Electromagnetic Universes//Phys. Rev. 139, B225 – Published 12 July 1965.
42. Xulu S. S. Energy Distribution in Melvin's Magnetic Universe//Int. J. Mod. Phys. A15, 4849-4856, 2000.
43. Tayebah Tahamtan, Mustafa Halilsoy. Stable Magnetic Universes// arXiv:1104.3401v1 [gr-qc]18 Apr 2011
44. Trunев A.P. Magnitnye prostranstva Faradeja / A.P. Trunев // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №10(114). S. 1446 – 1472. – IDA [article ID]: 1141510105. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/105.pdf>
45. Trunев A.P. Struktura atomnogo jadra v teorii Kalucy-Klejna / A.P. Trunев // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №02(076). S. 873 – 892. – Shifr Informregistra: 0421200012\0095, IDA [article ID]: 0761202070. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/02/pdf/70.pdf>
46. Trunев A.P. Jadernye obolochki i periodicheskij zakon D.I. Mendeleeva / A.P. Trunев // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №05(079). S. 414 – 439. – IDA [article ID]: 0791205029. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/05/pdf/29.pdf>
47. Trunев A.P. Jadernye obolochki i periodicheskij zakon D.I.Mendeleeva. Chast' 2. / A.P. Trunев // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2012. – №07(081). S. 491 – 514. – IDA [article ID]: 0811207037. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/37.pdf>
48. McDonouch W.F. Composition Model for the Earth's Core/ Treatise on Geochemistry, Vol. 2. Editor: R. W. Carlson. – Elsevier, 2003, p.547.