

А.Т. Асланян



Основы

КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ТЕОРИИ
МАГНИТНОГО ПОЛЯ
ЗЕМЛИ

Армгосиздат

А. Т. АСЛАНЯН

550.3.

ОСНОВЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ
ТЕОРИИ МАГНИТНОГО
ПОЛЯ ЗЕМЛИ

АРМЯНСКОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЕРЕВАН—1962



10501

13186

Под углом зрения теории относительности рассматривается происхождение магнитного поля Земли и массивных вращающихся небесных тел вообще в тесной связи с данными о возрасте, радиации, светимости, температуре, электропроводности и нутационно-прецессионных характеристиках планеты.

Книга рассчитана на широкий круг геофизиков, геологов и астрономов, занимающихся вопросами магнетизма и эволюции земного шара.

Проблема происхождения магнитного поля Земли обсуждается в научной литературе со времени появления знаменитого трактата Гилберта „De Magnete“ (1600 г.) и стала предметом многочисленных детальных исследований последних десятилетий [см. 7, 18, 19, 21, 24], однако все попытки решить ее количественно в рамках классической физики не дали требуемых результатов.

В двух заметках автора настоящей работы, опубликованных в 1960 г. [1, 2], было показано, что магнитное поле Земли представляет собой релятивистский эффект, и удалось получить расчетные формулы, определяющие с большой точностью главные характеристики магнитного поля планеты. Настоящая работа содержит изложение основных положений количественной теории магнитного поля Земли, разработанных под углом зрения теории относительности, магнитной гидродинамики и электронной теории и согласованных с данными о температуре, возрасте, скорости контракции, радиации и нутационно-прецессионных характеристиках планеты [1, 2, 3].

1. Некоторые общие предпосылки

Согласно современным физическим представлениям динамическое равновесие материальных систем определяется равновесием действующих на элементы системы противоположно направленных гравитационных и электромагнитных сил, причем по гипотезе Планка всякому потоку электромагнитной энергии плотности $\bar{S}$, излучаемой системой, соответствует электромагнитный импульс

$$\bar{G} = \frac{\epsilon\mu}{c^2} \int \bar{S} d\tau \quad (1)$$

и изменение момента количества движения

$$\frac{d\bar{L}}{dt} = \bar{V} \times \bar{G}, \quad (2)$$

где c —скорость света;

ϵ —диэлектрическая постоянная;

μ —магнитная проницаемость;

$d\tau$ —элемент объема;

$\bar{V}$ —скорость поступательного движения системы*.

Условие равновесия указанных сил в случае излучающих вращающихся тел выражается одинаковыми по смыслу уравнениями [см. 5]:

$$\frac{d}{dt} (\bar{P} + \bar{G}) = 0, \quad (3)$$

$$\bar{V} \times \bar{I} = \bar{Q} \times \bar{H}, \quad (4)$$

$$\bar{L} \times \bar{\omega} = \bar{Q} \times \bar{H}, \quad (5)$$

$$vI = \frac{\mu H^2}{4\pi} \cdot \frac{M}{\rho}, \quad (6)$$

где $\bar{P}$ —механический импульс;

* Буквенные обозначения с дефисом характеризуют векторные величины.

$\bar{I}$ —количество движения;

$\bar{L}$ —момент количества движения (кинетический, угловой или механический момент);

$\bar{Q}$ —магнитный момент;

$\bar{\omega}$ —угловая скорость вращения;

$\bar{H}$ —напряженность макроскопического магнитного поля;

M —масса;

ρ —плотность тела.

Физический смысл указанных уравнений заключается в том, что существующий в теле электромагнитный вращательный момент $\bar{Q} \times \bar{H}$ компенсируется противоположно направленным механическим вращательным моментом $\bar{V} \times \bar{I} = \bar{L} \times \bar{\omega}$ и, таким образом, обеспечивается стационарность вращения тела. С энергетической точки зрения это утверждение равносильно условию, что плотность энергии магнитного поля тела уравнивается плотностью кинетической энергии его вращения, т. е.

$$\frac{\mu H^2}{8\pi} = \frac{1}{2} k \rho V^2, \quad (7)$$

где k —постоянная жирации тела, равная отношению квадрата радиуса жирации к квадрату истинного радиуса или отношению момента инерции к произведению MR^2 .

Приведенные выше уравнения дают принципиальную возможность определить напряженность магнитного поля H Земли, однако остается открытым вопрос, к какой системе отсчета должна быть отнесена фигурирующая в них в явном или неявном виде скорость движения тела V . В этой связи следует также иметь в виду, что в классической механике направление им-

пульса $\bar{G}$ всегда предполагается совпадающим с направлением скорости $\bar{V}$ и поэтому уравнение (2) дает $\frac{d\bar{L}}{dt} = \Delta N = 0$, между тем отличное от нуля значение ΔN предполагает существование слагающего импульса, перпендикулярного к направлению движения (скорости) тела.

С точки зрения классической физики электромагнитный импульс $\bar{G}$, определяемый уравнением (1), является в нашей задаче добавочным импульсом и, согласно уравнению (3), должен компенсироваться противоположно направленным добавочным механическим импульсом $\bar{P}$. Поскольку Земля обладает перманентным магнитным полем, величина которого согласно палеомагнитным исследованиям за все геологическое время оставалась неизменной, то, следуя гипотезе Планка, можно утверждать, что добавочный импульс $\bar{G}$ существовал тоже перманентно. Поэтому обсуждаемая задача сводится к отысканию причин, создающих добавочный механический импульс $\bar{P}$, компенсирующий $\bar{G}$. Решение ее получается под углом зрения теории относительности.

Вращательное движение Земли за бесконечно малый промежуток времени можно рассматривать как мгновенно-поступательное движение, совершающееся в плоскости экватора со скоростью $v = \omega R$.

Приписывая Земле свойства эвклидова недеформируемого тела, исследуем поведение Земли в направлении экваториального диаметра, ориентированного по ходу мгновенно-поступательного движения.

В аксиоматике классической физики влияние радиальной силы, которой подвержены материальные точки на выходах диаметра A_1 и A_2 , распространяется от этих точек до центра Земли O одновременно (см. рис. 1) и с бесконечно большой скоростью—независи-

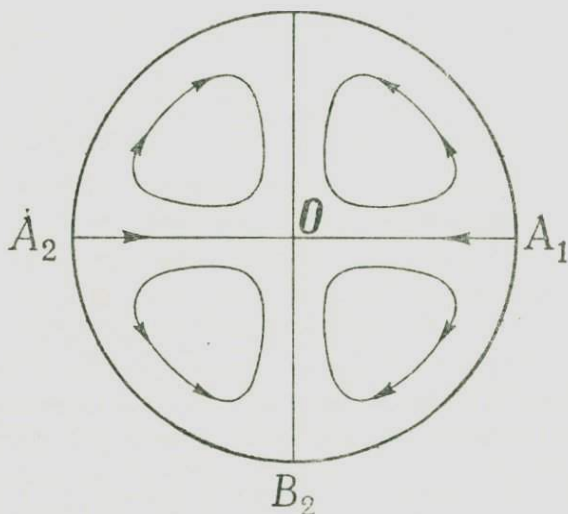


Рис. 1

в вакууме. В частности, если для наблюдателя, неизменно связанного с Землей, влияние силы тяжести распространяется от точек A_1 и A_2 к точке O одновременно, то с точки зрения неподвижного космического наблюдателя, в отношении которого Земля вращается как волчок с экваториальной скоростью $v = \omega R$, влияние силы от передовой точки A_1 до точки O распространяется быстрее, чем от тыловой точки A_2 и, таким образом, появляется добавочный релятивистский механический импульс и соответствующий добавочный вращательный момент, имеющий тенденцию увеличить скорость вращения Земли (направление добавочного

механического вращательного момента предопределяется направлением общего суточного вращения Земли).

Если в моменты времени t_1 и t_2 обозначить координаты точек A_1 и A_2 через x_1 и x_2 , относящиеся к первой движущейся системе отсчета, и обозначить через t'_1 и t'_2 соответствующие моменты времени во второй неподвижной системе отсчета, то, согласно Эйнштейну, между этими моментами должны существовать соотношения [см. 5, 11]:

$$t'_1 = \frac{t_1 - vx_1/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}}, \quad t'_2 = \frac{t_2 - vx_2/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}};$$

и если принять, что в первой системе отсчета силы в точках A_1 и A_2 действуют одновременно, т. е. положить $t_1 = t_2$ и обозначить $x_1 - x_2 = 2R$, $v/c = \beta$, то получим

$$t'_1 - t'_2 = \frac{2vR}{c^2 \sqrt{1-\beta^2}} = \frac{2\beta^2}{\omega \sqrt{1-\beta^2}}.$$

Следовательно, для космического неподвижного наблюдателя, в отношении которого Земля совершает обычное суточное вращение с периодом $T = \frac{2\pi}{\omega}$, указанные силы действуют не одновременно, а с промежутком времени $t'_1 - t'_2$, обуславливая добавочный механический вращательный момент ΔN . Учитывая, что для Земли $\beta^2 \ll 1$ и обозначая $\pi(t'_1 - t'_2) = \Delta T$, $\omega R^2 = \text{const}$, получим период действия добавочной силы

$$\Delta T = \beta^2 T = \text{const}. \quad (8)$$

Если представить величину $t'_1 - t'_2 = \Delta t$ в виде

$$\Delta t = \frac{2\beta R}{c} = \frac{2\Delta R}{c},$$

то можно убедиться, что Δt это то время, в течение которого световая волна распространяется от поверх-

ности шара электромагнитного радиуса $\Delta R = \beta R$ до его центра и обратно до его поверхности, т. е. Δt является периодом радиальных пульсационных колебаний шара радиусом βR .

Поскольку в общем случае вращательный момент в одной из указанных систем отсчета

$$N = \frac{1}{2\pi} \cdot T F v,$$

а в другой

$$N' = \frac{1}{2\pi} \cdot (T - \Delta T) F v,$$

то релятивистский добавочный вращательный момент будет

$$\Delta N = N - N' = \frac{1}{2\pi} F v \Delta T = R F \beta^2 = R \Delta F, \quad (9)$$

где F в случае механической природы вращательного момента представляет силу инерции Галилея, а в случае электромагнитной природы вращательного момента — радиальную электромагнитную силу Лоренца или силу индукционного торможения. Легко показать, что периоду времени $\Delta T = \beta^2 T$ соответствует добавочная линейная скорость вращения

$$\Delta v = \beta v = \beta \omega R \quad (10)$$

и добавочная угловая скорость вращения

$$\Delta \omega = \beta \omega, \quad (11)$$

которые в смысле недостаточно строгих понятий классической механики должны квалифицироваться как скорости абсолютного вращательного движения Земли. В последнем случае, как известно, за тело отсчета принимается „неподвижный эфир“ с символизирующим его магнитным полем. В частности, если за тело отсчета принять фиксированную силовую линию постоянного магнитного поля Земли, то Δv и $\Delta \omega$ будут соот-

ветствующими скоростями вращения толщи Земли, отнесенными к такой силовой линии. Отметим также, что согласно известной теореме Лармора период ΔT равняется периоду прецессии системы электронов в толще Земли вокруг силовых линий магнитного поля [см. 5, 15].

Как будет показано ниже, указанные скорости Δv и $\Delta \omega$ точно совпадают со скоростью западного дрейфа магнитного поля и в действительности отражают конвекционное движение электрических зарядов и связанных с ними магнитных полей в системе координат, жестко связанной с Землей. Эти соотношения с точки зрения общей теории относительности можно отобразить таким образом, будто реальная Земля обладает одновременно свойствами эвклидова недеформируемого тела („эфира“), фиксированного каркасом из силовых линий постоянного магнитного поля, и свойствами гауссова деформируемого тела, вращающегося в отношении эвклидова тела с угловой скоростью $\Delta \omega$.

С этой точки зрения, поле $\bar{H}$ в уравнениях (4), (5), (6), (7) изображается в отношении гауссова тела, обладающего магнитным моментом $\bar{Q}$, как „внешнее“ ускоренно движущееся однородное поле, что находит непосредственное подтверждение в западном дрейфе этого поля.

В дальнейшем изложении мы будем исходить из условия, будто намагниченная масса Земли в единице объема ($\rho = 5,52 \text{ г/см}^3$) совершает поступательное движение со скоростью $\Delta v' = \beta v \sqrt{k}$ на расстоянии R от центра Земли и посредством индукционного механизма тормозится магнитным полем, которое фиксирует наблюдатель, расположенный на экваторе.

Равным образом, при определении напряженности магнитного поля на магнитных полюсах, исходя из теории силовых функций Стокса (см. ниже), будем

учитывать, что единичная масса в центре Земли ($\rho_c = 17,9 \text{ г/см}^3$), находясь у оси однородного магнитного диполя, со скоростью $\Delta v' = \beta v \sqrt{k}$ обращается вокруг наблюдателя, неподвижно расположенного на экваторе, и посредством того же индукционного механизма тормузится магнитным полем центрального диполя.

Выводы, которые были приведены выше, могут быть получены также из гипотезы сжатия Лоренца.

Предположим, что земному шару радиуса R сообщили вращательный момент N . В первое мгновение приложения силы, когда шар находится практически в состоянии покоя, этот момент будет равняться

$$N = kM\omega^2 R^3.$$

В дальнейшем, когда влияние силы распространяется на весь шар и последний вращается со стационарной скоростью $v = \omega R$, радиус шара в направлении *мгновенно-поступательного движения* сокращается в $\sqrt{1-\beta^2}$ раз, и вращательный момент уменьшается до величины

$$N' = kM\omega^2 (R\sqrt{1-\beta^2})^3,$$

т. е. между покоящейся и движущейся системами отсчета появляется добавочный вращательный момент

$$\Delta N = N - N' = kM\omega^2 R^3 \beta^2 = kM(\Delta v)^2, \quad (12)$$

который совпадает со значением ΔN , определенным из зависимости (9) и, как уже отмечалось, компенсирует электромагнитный вращательный момент, соответствующий импульсу (1).

Добавочная сила ΔF в уравнении (9) под углом зрения концепции о противоположности, единстве и относительности сил, определяющих устойчивость системы, может быть истолкована либо как гравитационная (инерционная) сила, либо как электромагнитная сила.

Если ΔF в (9) является инерционной силой и стремится увеличить скорость вращения тела и тем не менее не увеличивает ее, то из этого следует, что в теле одновременно существует противоположно направленная электромагнитная сила— ΔF , которая проявляется как кулоновская сила взаимодействия между разноименными электрическими зарядами и, следовательно, указывает на электрическую поляризованность Земли не только в отношении неподвижного космического наблюдателя, как это впервые было указано Альфвеном [20], но и в отношении наблюдателя, движущегося вместе с Землей, поскольку второй из этих наблюдателей, согласно (12), вращается в отношении магнитного поля со скоростью $\Delta v = \beta v$. С этой точки зрения, для второго наблюдателя также Земля в целом изображается как униполярная динамомашина, в которой релятивистский вращательный момент ΔN уравнивает механическую реакцию взаимодействия между магнитным полем и электрическим током [2, 18].

Существующая ныне динамо-теория земного магнетизма, пользующаяся заслуженной известностью и разработанная в трудах Эльзассера, Френкеля, Булларда, Ранкорна, Калинина, Хайда и др. [8, 16, 17, 18, 22, 23, 26], исходит из идеи дифференциального вращения или упорядоченного гидродинамического течения вещества жидкого ядра Земли.

Ниже с учетом полученных эффектов Δv , $\Delta \omega$, ΔN , ΔT дается разбор особенностей возникновения и строения магнитного поля Земли.

2. Механизм спонтанного намагничивания Земли

Кинетическая энергия осевого вращения Земли соответствующая добавочному механическому вращательному моменту (9) или (12), равняется

$$\Delta E = \frac{1}{2} k M \beta^2 v^2 = \frac{1}{2} k M (\Delta v)^2 \quad (13)$$

и согласно уравнениям (6) и (7) должна уравновешиваться энергией магнитного поля средней макроскопической напряженности H_m

$$U = \frac{M}{\rho_m} \cdot \frac{\mu H_m^2}{8\pi} = \frac{M}{\rho_c} \cdot \frac{\mu H_p^2}{8\pi}, \quad (14)$$

где ρ_m —средняя плотность;

ρ_c —центральная плотность;

H_p —напряженность макроскопического магнитного поля на полюсах Земли.

Полагая $\Delta E = U$ и $\mu = 1$, получим

$$H_m = \beta v \sqrt{4\pi k \rho_m}, \quad (15)$$

$$H_p = \beta v \sqrt{4\pi k \rho_c}, \quad (16)$$

Принимая для Земли $v = 4,65 \times 10^4$ см/сек., $\beta = v/c = 1,55 \times 10^{-6}$, $k = 0,334$, $\rho_m = 5,52$ г/см³ и $\rho_c = 17,9$ г/см³ (по модели „В“ Буллена), получим $H_m = 0,351$ э, $H_p = 0,635$ э и напряженность поля на экваторе, согласно дипольной теории, $H_e = H_p/2 = 0,317$ э (по Вестину фактические значения $H_e = 0,31$ э, $H_p = 0,63$ э). Величина $\beta v = \Delta v = 7,2 \times 10^{-2}$ см/сек., соответствующая угловой скорости $\Delta\omega = 1,13 \times 10^{-10}$ рад/сек в выражениях (15), (16), представляет собой линейную скорость западного геомагнитного дрейфа (по Инглису фактическое значение $\Delta\omega = 10^{-10}$ рад/сек), а величина $\beta = v/c$ равняется синусу или тангенсу угла (при малости последнего), образованного между осью фигуры (кинетической осью) и мгновенной осью вращения Земли. Последний вывод непосредственно следует из метода геометрических преобразований Минковского, если поместить начало

координат в центре Земли, направив ось x -ов неподвижной системы координат вдоль кинетической оси фигуры, ось x' -ов движущейся системы координат вдоль мгновенной оси вращения Земли, а оси $u=ct$ и $u'=ct'$ так, как это показано на рис. 2 ($t-t'=\Delta T/2\pi$).

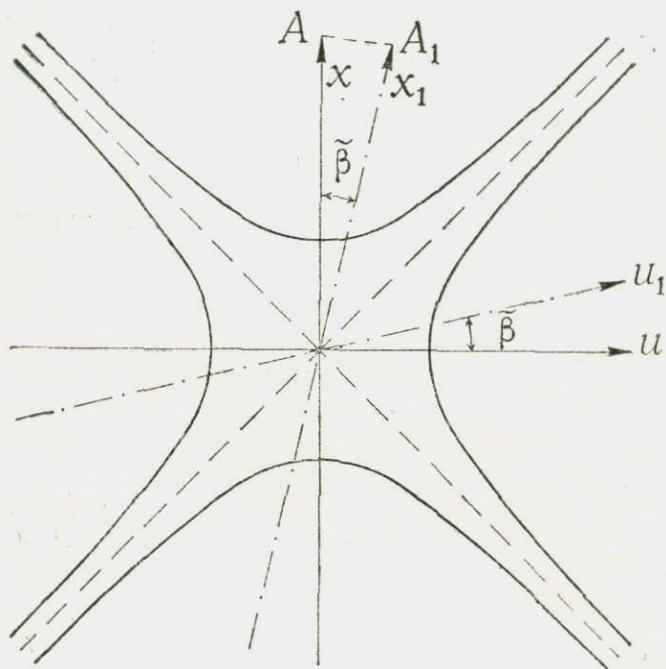


Рис. 2

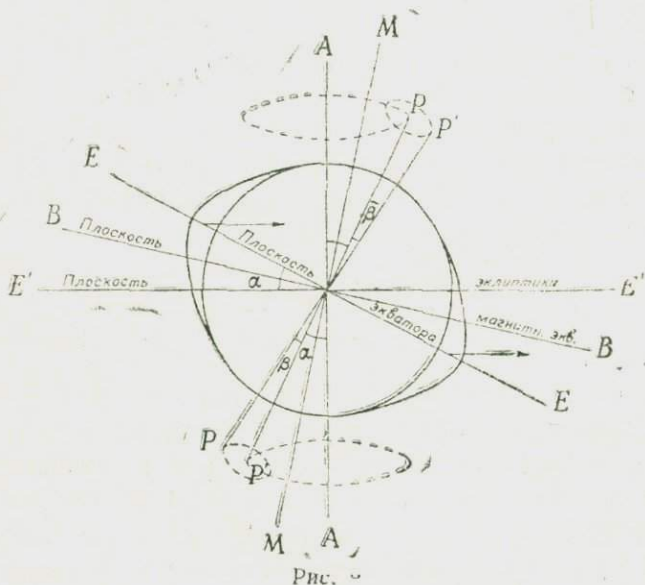
Расстояние между выходами этих осей $AA'=\beta R=c\Delta T/2\pi=9,87$ м (в теории нутации Эйлера $AA'=10$ м).

Поскольку величина $r_n^*= \beta R = \omega R^2/c$ является постоянной и равной радиусу основания нутационного конуса, то, полагая в уравнении (13) $k=1$, можно вообразить, что вся масса Земли сосредоточена на вершине мгновенной оси вращения $P'P'$ и с угловой скоростью ω обращается по орбите электромагнитного радиуса

$r_n = \beta R$ вокруг выхода кинетической оси (оси фигуры) Земли PP' (см. рис. 3).

В таком случае обозначая плотность избыточной кинетической энергии вращения

$$\Delta \varepsilon = \frac{1}{2} \rho \omega^2 \beta^2 R^2$$



и плотность энергии магнитного поля на выходе мгновенной оси вращения или географической оси

$$U_g = \frac{\mu H_g^2}{8\pi}$$

и полагая $\Delta \varepsilon = U_g$, получим при $\mu = 1$ напряженность магнитного поля на географических полюсах

$$H_g = \beta v \sqrt{4\pi\rho},$$

равную в случае Земли 0,600э. Эта же формула дает для Луны $H_g = 4,56 \times 10^{-5}$ э, для Марса 0,13э, для

Меркурия $1,1 \times 10^{-5}$ э, а для Солнца в случае его твердотельного вращения 5,56 э. В предположении, что масса Солнца сконцентрирована в небольшом его ядре типа белого карлика средней плотностью $2,1 \times 10^6 \mu_0 = 2,4 \times 10^6 \text{ г/см}^3$ (плотность, характерная для переходного состояния от нерелятивистского вырождения к релятивистскому вырождению электронного газа) и $v = 1,93 \times 10^5 \text{ см/сек}$, получим $H_g = 5270 \text{ э}$ ($\mu_0 = 1,15$ — средний молекулярный вес Солнца). Это значит, что H_g сравнимо с напряженностью магнитного поля в солнечных пятнах, зарождающихся, по мнению некоторых исследователей, на поверхности массивного ядра Солнца. Укажем, что при этой гипотезе, согласно теории Гельмгольца—Кельвина, возраст Солнца

$$t = \frac{3}{5-n} \cdot \frac{GM^2}{2RL} = \frac{3}{5-n} \cdot \frac{3M}{2L} \cdot \frac{P}{\rho}$$

при массе $M = 1,985 \times 10^{32} \text{ г}$, светимости $L = 1,2 \times 10^{41} \text{ эрг/год}$, индексе политропии $n = 3$, плотности ядра $\rho = \rho_0 = 2,4 \times 10^6 \text{ г/см}^3$, радиусе ядра R и давлении вырожденного электронного газа $P = 3,41 \times 10^{23} \text{ дин/см}^2$, соответствующем этой плотности, составляет $5,25 \times 10^9$ лет. При этих данных момент количества осевого вращения Солнца

$$\dot{B} = \frac{3}{5-n} \cdot \frac{3M}{\omega_0} \cdot \frac{P}{\rho_0}$$

составит $1,61 \times 10^{53} \text{ г.см}^2/\text{сек}$ ($\omega_0 = 7,69 \times 10^{-4} \text{ рад/сек}$ — максимально возможная угловая скорость вращения Солнца). Для планетной системы $B = 3,15 \times 10^{50} \text{ г.см}^2/\text{сек}$.

В случае однородного распределения плотностей в уравнении (15) коэффициент жирации будет $k = 1/2,5$ и

$$\Delta E = \frac{1}{5} M \beta^2 v^2.$$

Согласно теории пульсаций переменных звезд, энергия ΔE как поток Пойнтинга электромагнитной энергии должна излучаться в мировое пространство за время Риттера

$$\tau_0 = \sqrt{\frac{R}{(3\gamma-4)g}},$$

причем светимость Земли окажется равной

$$L = \frac{\Delta E}{\tau_0} = \frac{1}{5} M \beta^2 v^2 \sqrt{\frac{(3\gamma-4)g}{R}}$$

а возраст, согласно теории контракции Гельмгольца—Кельвина при $k=2/5$

$$t = \frac{3}{5} \cdot \frac{GM^2}{2KL} = \frac{1}{\beta^2 \omega^2} \sqrt{\frac{3\pi G\rho}{3\gamma-4}}.$$

При отношении Грюнайзена $\gamma=5/3$ возраст Земли составит $4,58 \times 10^9$ лет.

Поскольку энергия, определяемая формулой (13), рассматривается как поток Пойнтинга электромагнитной энергии

$$\Delta E = \frac{1}{4\pi} \iint_s \bar{E} \times \bar{H} \cdot d\mathbf{s},$$

выходящей из объема Земли через поверхность $S = 4\pi R^2$, то эта энергия должна рассматриваться как энергия внешнего магнитного поля Земли—вне объема $\frac{4}{3} \pi R^3$ ($\bar{E}$ — вектор напряженности электрического поля).

Как уже указывалось, приведенные выше соотношения справедливы для электропроводящих тел, у которых макроскопическая напряженность поля $\bar{H}$ равняется микроскопической напряженности или индукции $\bar{B}$.

При определении $\bar{H}$ небесных тел, являющихся плохими проводниками или диэлектриками, следует пользоваться либо приводимым ниже уравнением (20), либо общим случаем

$$\bar{B} = \bar{H} + 4\pi\bar{Q} = \bar{H} + (1 - \epsilon)(\bar{V} \times \bar{E}),$$

где $\bar{Q}$ —вектор намагничивания; $\bar{V}$ —вектор скорости и $\bar{E}$ —вектор напряженности электрического поля, отнесенные к сопутствующей системе отсчета, а ϵ —диэлектрическая постоянная тела.

Данное уравнение, как известно, отражает тот вывод теории относительности и экспериментальной электродинамики, согласно которому электрически поляризованное ненамагниченное движущееся тело представляется неподвижному относительно него наблюдателю намагниченным на величину вектора $\bar{Q}$. В частности, этим уравнением должна определяться напряженность магнитного поля Юпитера и Сатурна, для которых, согласно формуле $B_g = \beta v \sqrt{4\pi\rho}$, величина B_g равняется соответственно 210 гс и 120 гс. Для определения $\bar{H}$ таких тел следует иметь в виду, что напряженность электрического поля E у них по порядку равняется mg/e_0 (m —масса иона, g —ускорение силы тяжести внутри тела, e_0 —заряд иона в эл. магн. ед.), а скорость движения, соответствующая вектору $\bar{V}$, равняется βv .

В середине прошлого столетия Стокс и позднее Грин (см. Ламб, 1932) доказали, что движение шара вызывает в окружающей жидкости („эфире“) такие же деформации, что и диполь, помещенный в центре шара (см. формулу 14), а эффект давления жидкости эквивалентен увеличению инертной массы шара на половину массы вытесненной им жидкости. Это положение дает возможность определить плотность „эфира“ в области Земли.

Если напряженность магнитного поля на поверхности Земли есть H_m , то гидростатическое давление „эфира“ на поверхность Земли, равное плотности энергии магнитного поля, будет:

$$p = \frac{H_m^2}{8\pi} = \frac{1}{2} k \rho_m \beta^2 v^2.$$

Масса в единице объема, соответствующая этой энергии, будет равняться

$$\rho_s = \frac{p}{c^2}.$$

Следовательно, плотность „эфира“ в области Земли будет

$$\rho_s = \frac{1}{2} k \rho_m \beta^4.$$

Подставляя $k=0,334$, $\rho_m=5,52 \text{ г/см}^3$, $\beta=1,55 \times 10^{-6}$, получим $\rho_s=5,22 \times 10^{-24} \text{ г/см}^3$, что по порядку величины равняется плотности межзвездного газа у ветвей спиралевидных галактик и туманностей [см. 3, 13].

Необходимо отметить, что формулы (15) и (16) являются решением уравнений волнового движения (см. 10) и, следовательно, дрейф магнитного поля, тесно связанного с эвклидовой недеформируемой моделью Земли, с точки зрения наблюдателя, связанного с деформируемой гауссовой моделью, будет иметь волнообразный характер, т. е. в гауссовой модели угловая скорость вращения будет расти в направлении от оси вращения к поверхности, вследствие чего структура вращения тела будет иметь дифференциальный вихревой (конвекционный) характер, напоминающий в гипертрофированном виде структуру спиралевидных галактик и туманностей. Волнообразный характер векторного хода магнитного поля Земли, очевидно, отра-

жает указанную структуру вращательного движения Земли.

Длина волны при таком движении определяется по известной в гидродинамике формуле:

$$\lambda = \frac{\Delta v}{\omega \beta_0},$$

где Δv в соответствии с нашей задачей есть линейная скорость движения гауссовой модели в отношении эвклидовой модели, т. е. $\Delta v = \beta v$, ω — угловая скорость вращения в обычном понимании, а β_0 — число Россби, которое в нашей задаче равняется $\Delta v/v = \beta = 1,55 \times 10^{-6}$ (по данным Хайда для ядра $\beta \approx 3 \times 10^{-6}$). Таким образом, длина полуволны равняется половине радиуса Земли, т. е. области мирового векового хода магнитного поля должны иметь размеры порядка $l = R/2 = 3200$ км. По данным магнитных съемок, на поверхности Земли во все времена намечается около дюжины областей быстрого мирового векового хода, имеющих размеры континентальных блоков [см. 18].

3. Прецессионный механизм намагничивания Земли

Поскольку формулы (15) и (16) являются решениями волновых уравнений и количественно вполне удовлетворительны, то при попытке интерпретировать магнитное поле Земли под углом зрения электронной теории и квантовой механики следует принять, что поле это наподобие вихревого поля электрических токов возбуждается магнитным спиновым моментом электронов, вращательное или орбитальное движение которых, по теории Ампера, эквивалентно замкнутым круговым токам, сравниваемым в свою очередь с элемен-

тарными магнитами, которые в отношении своих механических свойств рассматриваются как гироскопы [см. 5, 15].

Согласно известной теореме Лармора, если ось вращения Земли и оси вращения электронов или дефект-электронов (дырок) внутри Земли совпадают по направлению с магнитной осью Земли, то движение электронов гауссовой деформируемой модели в присутствии магнитного поля будет в первом приближении таким, каким оно было в евклидовой недеформируемой модели Земли в отсутствии магнитного поля, причем должна иметь место зависимость

$$\Delta T = \frac{4\pi m_0 k_0^{1/2}}{e_0 \mu H_0}, \quad (17)$$

где ΔT —период времени, определяемый формулой (8) и принимаемый равным периоду вращения системы электронов вокруг магнитных силовых линий;

m_0 —масса электрона;

e_0 —заряд электрона в эл. маг. ед.;

k_0 —безразмерная величина порядка 0,25—1;

H_0 —напряженность магнитного поля при нулевом электрическом сопротивлении среды.

Еще в конце прошлого столетия Ламб [см. 9, 18] доказал, что в несжимаемой сфере радиуса R , магнитной проницаемости μ и электропроводности λ магнитные поля (и порождающие их электрические токи) релаксируют согласно экспоненциальной зависимости

$$H = H_0 e^{-\frac{4\mu\lambda R^2}{\pi\tau_p}}, \quad (18)$$

где τ_p —естественная единица времени или наибольшее время, в течение которого поле H_0 уменьшается

ется в $e=2,72$ раза, т. е.

$$\tau_p = \frac{4\mu\lambda R^2}{\pi}. \quad (19)$$

Сравнивая выражения (17), (18) и (19), получаем значение напряженности магнитного поля на полюсах (при $k_0=\text{const.}$)

$$H_p = \frac{H_0}{e} = \frac{4\pi m_0 k_0^{1/2}}{e_0 e \beta^2 T} = \frac{2m_0 c^2 k_0^{1/2}}{e_0 e \omega R^2} = \text{const.} \quad (20)$$

Подставляя $m_0=9,1 \times 10^{-28}$ г, $\beta^2 T = \Delta T = 2,03 \times 10^{-7}$ сек, $e_0 = \pm 1,6 \times 10^{-20}$ эл. маг. ед., $c = 3 \times 10^{10}$ см/сек, $k_0 = 0,25$, $\omega = 7,29 \times 10^{-5}$ рад/сек, $R = 6,37 \times 10^8$ см, $e = 2,72$, получим $H_p = \pm 0,63$ э, причем знак плюс соответствует „положительным“ электронам (дефект-электронам или дыркам), а знак минус — обычным „отрицательным“ электронам. Изменение характера проводимости от дырочной к электронной в связи с возможными спорадическими или периодическими фазовыми превращениями вещества в недрах Земли в ходе длительной ее эволюции, возможно, должно было привести к соответствующим изменениям полярности магнитного поля. Укажем, что значение $k_0 = 0,25$ предполагает возникновение магнитного поля спиновым (осевым) движением электронов, что характерно для ферромагнитных материалов, а значение $k_0 = 1$ орбитальным их движением [см. 5, 15]. В этом отношении фактор k_0 в формуле (20) обнаруживает значительное сходство с постоянной жирации k в формуле (7).

Согласно теореме Лармора, система электронов в толще Земли должна прецессировать также под влиянием лунно-солнечных прецессионных сил, т. е. оси вращения электронов, расположенные параллельно оси вращения Земли, изменяя свое направление за время

около 26 тыс. лет [см. 14], должны описывать вокруг осей, параллельных оси вращения Солнца, конические поверхности с вершинным углом 47° (при отсутствии осевого вращения Земли) и, поскольку магнитное поле создается спином электронов, то соответственно должно меняться и направление (азимут) поля в толще Земли с периодом 25725 лет. Вероятно, этим механизмом объясняются изменения направления вектора остаточного намагничивания в отдельных свитах горных пород, совершающиеся, по данным стратиграфии, с периодом порядка 25000 лет [см. 18, 26].

Таким образом, система электронов в толще Земли должна совершать добавочные колебания, с одной стороны, вокруг неподвижной геометрической (кинетической) оси Земли (свободные нутационные колебания), и с другой стороны, вокруг диаметра, параллельного оси вращения Солнца (лунно-солнечные прецессионные колебания), причем угол между геометрической осью и мгновенной осью вращения будет равняться $\arcsin \beta = 0^\circ,3$. Поскольку угол между мгновенной осью вращения Земли и осью вращения Солнца равняется $\alpha = 23^\circ 27'$, то среднеарифметическое значение между этими углами будет около $11,5^\circ$. Поскольку Земля в целом и слагающие ее атомы и электроны рассматриваются как гироскопические системы, то система электронов будет прецессировать вокруг оси ММ, расположенной между осями прецессии АА и нутации РР и образующей угол с геометрической осью $11,5^\circ$. Очевидно, магнитная ось Земли ММ, ориентирующаяся согласно с осями упорядоченного вращения электронов, совпадает с этой осью (см. рис. 3).

Выше мы указали на теорему Стокса о замене шара центральным диполем и, исходя из количественных данных о напряженности поля на поверхности Земли, показали, что в отношении этого поля частицы вещества в плоскости магнитного экватора изображаются как магнитные диполи, расположенные параллельно магнитной оси Земли и обладающие однородным

полем на всем протяжении от поверхности Земли до плоскости магнитного экватора, причем напряженность дипольного поля на поверхности определяется в зависимости от плотности ρ вещества данного участка в плоскости экватора в соответствии с формулой $H(\varphi) = \beta v \sqrt{4\pi k \rho(r)}$.

Обозначая угол между магнитной осью и осью вращения Земли через D , угол между осью вращения и осью прецессионного конуса через α , а угол между

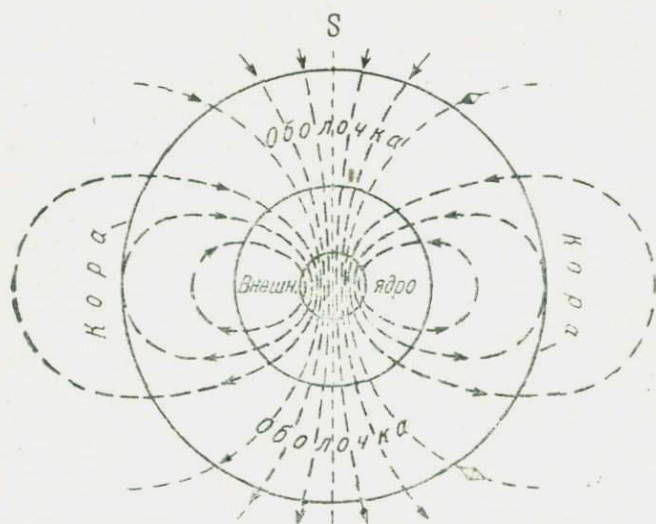


Рис. 4

мгновенной осью вращения и осью фигуры через $\tilde{\beta} = v/c$ (см. рис. 3) и принимая $D = \alpha/2$, получаем три характерные величины:

$r_n = R \sin \tilde{\beta} = 9,87 \times 10^3$ см — радиус основания нутационного конуса у поверхности Земли;

$r_i = R \sin D = 1270 \text{ км}$ — радиус внутреннего твердого ядра Земли (см. рис. 4);

$r_m = R \sin(D + \alpha) = 3660 \text{ км}$ — радиальное расстояние точки, где плотность вещества равняется средней плотности Земли.

Подставляя в приведенное выше уравнение для напряженности поля значения плотностей вещества в плоскости экватора на расстояниях r от центра и опуская от поверхности Земли перпендикуляры к соответствующим точкам плоскости магнитного экватора, получим напряженность внешнего поля на проектируемых точках поверхности Земли. Таким образом, в дипольной схеме устанавливается увеличение напряженности поля в направлении от экватора к центру Земли.

О происхождении и изменениях с глубиной внутреннего магнитного поля Земли можно судить исходя из следующих соображений.

Гравитационная энергия Земли в сопутствующей системе координат равняется

$$W = k M \omega_0^2 R^2,$$

а в неподвижной системе координат

$$W' = k M \omega_0^2 (R \sqrt{1 - \beta^2})^2.$$

В т. н. абсолютной системе отсчета появляется скрытая энергия $W - W'$, равная

$$\Delta W = k M \omega_0^2 R^2 \beta^2,$$

где

$$\omega_0 = \sqrt{2\pi G \rho}.$$

Согласно теореме вириала, между гравитационной потенциальной энергией W , кинетической энергией E_k

и отношением Грюнайзена γ существует зависимость

$$3(\gamma-1)E_k + W = 0,$$

и когда $\gamma = \frac{4}{3}$ (что соответствует условию $\omega_0 = \sqrt{2\pi G\rho}$), то $E_k = W$.

Условие динамического равновесия требует, чтобы эта энергия Земли уравнивалась энергией внутреннего ее магнитного поля

$$U = \frac{\mu H_i^2}{8\pi} \cdot \frac{M}{\rho}.$$

Полагая $\Delta W = U_i$, из сравнения этих зависимостей получим при $\mu = 1$

$$H_i = \omega_0 R \beta \sqrt{8\pi k\rho},$$

а после релаксации

$$H_i^0 = \frac{\omega_0 R \beta}{e} \sqrt{8\pi k\rho} = \text{const} \cdot \rho = A \cdot \rho.$$

Последняя формула при разрушающем значении угловой скорости $\omega_0 = \sqrt{2\pi G\rho} = 1,52 \times 10^{-3}$ рад/сек и средней плотности Земли $\rho = 5,52$ г/см³ дает среднее значение внутреннего поля $H_i^0 = 3,36$ э и $A = \text{const.} = 0,61$ CGSp.

Поэтому в общем случае можем написать

$$H_i(r) = A\rho(r) = 0,61 \rho(r).$$

Из этой зависимости получаем для центра Земли $H_c = 10,92$ э (по Булларду, тороидальное магнитное поле в ядре Земли после релаксации может иметь напряженность около 18,4 э), для поверхности ядра плотностью 9,7 г/см³, $H = 5,92$ э, поверхности оболочки, где $\rho = 3,31$ г/см³, $H = 2,02$ э. Для твердой земной коры,

находящейся в состоянии гидростатического равновесия, эффективная плотность равняется разности плотностей жидкого магматического субстрата ($3,31 \text{ г/см}^3$) и самой коры ($2,84 \text{ г/см}^3$), т. е. $0,47 \text{ г/см}^3$. При этой плотности получим для коры мощностью 37 км , $H \geq 0,29 \text{ э}$.

Общая магнитная энергия Земли равняется сумме внешнего и внутреннего полей:

$$U = kMR^2\beta^2(\omega_0^2 + 0,5\omega^2).$$

После релаксации она уменьшается в $e^2 = 7,398$ раза, т. е. достигает величины

$$U' = \frac{1}{e^2} kMR^2\beta^2(\omega_0^2 + 0,5\omega^2),$$

причем при $\omega \ll \omega_0$ разность энергий

$$\Delta U = U - U' = kMR^2\beta^2\omega_0^2\left(1 - \frac{1}{e^2}\right)$$

излучается за время релаксации, равного полупериоду нутационного движения мгновенной оси вращения Земли вокруг кинетической ее оси, т. е. за время $\tau_n = 1,85 \times 10^7 \text{ сек}$ (подробнее см. ниже, раздел 4).

Таким образом, тепловые потери Земли составят

$$q = \frac{\Delta U}{\tau_n} = \frac{kMR^2\beta^2\omega_0^2}{\tau_n}\left(1 - \frac{1}{e^2}\right) = 7 \times 10^{27} \text{ эрг/год}.$$

Такое же значение для q получим, если избыточную кинетическую энергию однородной модели Земли

$$\Delta E_k = \frac{1}{5} M\omega_0^2 R^2 \beta^2$$

разделим на эйлеровый полупериод нутации мгновенной оси вращения той же модели Земли

$$\tau_n' = \frac{T_0}{h \cos \beta} = \frac{T_0}{h \sqrt{1 - \beta^2}} = 1,3 \times 10^7 \text{ сек},$$

где $T_0 = 4,31 \times 10^4$ сек — полупериод осевого вращения Земли, $h = 1/305$ — момент инерции относительно экваториальной оси Земли, $\tilde{\beta}$ — половина вершинного угла нутационного конуса.

Согласно формуле

$$(T_m - T_s) = \frac{6qt}{\alpha_v \rho g M}$$

средняя температура Земли T_m , соответствующая глубине, где плотность вещества равняется средней плотности Земли (2720 км), при температуре поверхности $T_s = 288^\circ K$, $q = 7 \times 10^{27}$ эрг/год, возрасте Земли $t = 4,58 \times 10^9$ лет, коэффициенте объемного теплового расширения $\alpha_v = 1,5 \times 10^{-5}$ град $^{-1}$, $\rho = 5,52$ г/см 3 , $g = 9,8 \times 10^2$ см/сек 2 , $M = 5,98 \times 10^{27}$ г, получим $T_m = 3660^\circ K$. Точно такую же величину получаем из формулы

$$T_m = \frac{\rho g R}{3A_0} \left(1 - \frac{2}{m_e} \right),$$

где $A_0 = 8,314 \times 10^7$ эрг/град. моль — газовая постоянная, R — радиус Земли, а $m_e = 2,72$... натуральное число Пуассона.

4. Происхождение магнитного поля Земли с точки зрения теории контракции, эффекта Холла и других релятивистских эффектов

Неизбежность контракции следует из того условия, что среднее гидростатическое давление в Земле

$$P_h = \frac{1}{3} \rho g R = 1,15 \times 10^{12} \text{ дин/см}^2$$

значительно превышает среднее значение газового давления $P_g = A_0 T = 0,3 \times 10^{12}$ дин/см 2 , причем соглас-

но современным квантово-статистическим представлениям в этом случае под преобладающим гидростатическим давлением происходит ионизация вещества с последующим вырождением электронного газа (g — ускорение силы тяжести на поверхности, равное $9,8 \times 10^3 \text{ см/сек}^2$, $A_0 = 8,314 \times 10^7 \text{ эрг/град. моль}$ — газовая постоянная, $T = 3660^\circ \text{ К}$ — средняя температура Земли).

Скорость уменьшения радиуса Земли $v_r = dR/dt$ можно определить из следующих соображений.

Предположим, что вещество Земли вырождено таким образом, что состоит исключительно из атомных ядер и электронного газа, причем масса ядра равняется Am_i , а заряд электронов, принадлежащих к одному атому, Ze .

На географической широте φ сила Кориолиса, действующая на атомное ядро, будет равняться

$$F_c = 2\omega Am_i \beta v \cos \varphi, \quad (21)$$

а радиальная электромагнитная сила Лоренца или сила индукционного торможения

$$F_l = Ze_0 \mu v_r H_0. \quad (22)$$

Для того чтобы наблюдаемая скорость вращения Земли была стационарной, необходимо положить $F_c = F_l$. Тогда, сравнивая (21) и (22), получим

$$H_0 = \frac{2\omega Am_i \beta v \cos \varphi}{Ze_0 \mu v_r} \quad (23)$$

Масса указанных ядер для Земли в среднем определяется по известной формуле

$$m_i = \frac{\gamma k T}{c_0^2},$$

где $\gamma=5/3$ —отношение Грюнайзена, $k=1,38 \times 10^{-16}$ эрг/град—постоянная Больцмана, $T=3660^\circ K$ —средняя температура, а $c_0=2,52 \times 10^5$ см/сек—лапласова скорость звука в толще Земли, определяемая из зависимости $c_0^2=gR/\pi^2$. При этих данных получаем $m_i=1,33 \times 10^{-23}$ г. Умножая m_i на $A/Z=2$ (средний молекулярный вес Земли), получим среднюю массу атома Земли, равную массе атома кислорода $2,66 \times 10^{-23}$ г. Подставляя в формулу (23) $Am_i/Z=-2,66 \times 10^{-23}$ г, $\omega=7,29 \times 10^{-5}$ рад/сек, $\beta v=7,2 \times 10^{-2}$ см/сек, $e_0=1,6 \times 10^{-20}$ эл. маг. ед., $\mu=1$ и полагая, что падение ионов с указанной массой происходит у магнитного полюса, где $\varphi=90^\circ-D=78^\circ 17'$, а напряженность поля до релаксации была $H_0=eH=1,72$ э (см. формулу 20), получим скорость уменьшения радиуса Земли $v_r=2,03 \times 10^{-9}$ см/сек, причем согласно зависимости $t=R/2v_r$ при $R=6,37 \times 10^8$ см и этой скорости v_r возраст Земли составляет $t=4,87 \times 10^9$ лет. По астрономическим данным $v_r=1,5 \div 1,6 \times 10^{-9}$ см/сек или 4,5—5 см за 100 лет [см. 4, 12]. Полученный здесь результат может интерпретироваться в том смысле, что намагниченное тело Земли, вращаясь в отношении внешнего магнитного поля со скоростью βv и действуя как униполярная машина, превращает механическую энергию контракции в электромагнитную энергию и обеспечивает перманентное существование магнитного поля напряженности H_r , даваемой формулой (20). При отсутствии такого источника энергии поле это, релаксируя в соответствии с зависимостью (19), должно было исчезнуть за время порядка 10^5 лет.

Указанные выводы могут быть обоснованы также в плане теории эффекта Холла.

Если расположить начало прямоугольных координат в плоскости экватора, направив ось X-ов вдоль радиуса, ось Y-ов по широте, а ось Z-ов параллельно оси магнитного диполя, то связь между компонентами

30

магнитного и электрического полей выразится известной зависимостью

$$E_y = \lambda R_0 H_z E_x, \quad (24)$$

где λ — электропроводность, E_y и E_x — компоненты электрического поля, а R_0 — постоянная Холла, равная $\pm 3\pi/8ne_0$ (n — концентрация электронов).

Электропроводность Земли λ можно определить из формулы (19), полагая в ней время $2\tau_p$, равное периоду прецессии Земли или периоду прецессии системы электронов вокруг оси прецессионного конуса $8,12 \times 10^{11}$ сек (25725 лет), $R = 6,37 \times 10^8$ см, $\mu = 1$. При этом получаем $\lambda = 8 \times 10^{-7}$ эл. маг. ед. (по данным Вестина и Хайда, для ядра Земли $2\tau = 10^{12}$ сек и $\lambda \approx 3 \times 10^{-6}$ эл. маг. ед.). К такому же результату приводит формула (см. 9).

$$\lambda = \frac{\rho}{\tau_n \mu^2 H^2},$$

которая при $\rho = 5,52$ г/см³, $\mu = 1$, $H = H_p = 0,63$ э и $2\tau_n = 3,7 \times 10^7$ сек (период свободной нутации мгновенной оси вращения Земли, равный периоду прецессии системы электронов вокруг кинетической оси Земли) дает $\lambda = 8 \times 10^{-7}$ эл. маг. ед. Укажем, что согласно молекулярно-кинетической теории твердых тел, развитой Френкелем [17], время 2τ в указанных выше формулах соответствует времени, в течение которого частицы тела совершают колебания около одного и того же положения равновесия, оставаясь в одном и том же окружении.

Согласно теории эффекта Холла, в уравнении (24) отношение E_x/E_y соответствует отношению $\beta v/v_r$ в уравнении (23), т. е.

$$\frac{E_x}{E_y} = \frac{\beta v}{v_r}, \quad (25)$$

а постоянная Холла для проводящих тел, в которых электронный газ вырожден,

$$R_0 = \pm \frac{3\pi}{8ne_0}, \quad (26)$$

где n — концентрация электронов в см^3 .

По статистике Ферми — Дирака для таких тел концентрация электронов имеет величину

$$n = \frac{3m_0\lambda}{2e_0^2} \cdot \frac{\omega_r}{2\pi},$$

причем частота ω_r , при которой происходит полное внутреннее отражение движущегося свободно электрона, рассматриваемого одновременно как корпускула и волна, по Лангмюру, равняется

$$\omega_r = \left(\frac{4\pi n c^2 e_0^2}{m_0} \right)^{1/2},$$

где c — скорость света, m_0 — масса, e_0 — заряд электрона в эл. маг. ед., λ — электропроводность.

Исключая из этих выражений ω_r , получаем

$$n = \frac{9m_0 c^2 \lambda^2}{4\pi e_0^2}, \quad (27)$$

что при $\lambda = 8 \times 10^{-7}$ эл. маг. ед. дает в среднем для Земли $n = 1,467 \times 10^{21} \text{ см}^{-3}$.

Подставляя эту величину в (26), получим значение постоянной Холла $R_0 = \pm 5 \times 10^{-2}$ эл. маг. ед.

Представляя уравнение (24) в виде

$$H_z = \frac{1}{\lambda R_0} \cdot \frac{E_g}{E_x} = \frac{1}{\lambda R_0} \cdot \frac{v_r}{\beta v} = \pm \frac{8ne_0}{3\pi\lambda} \cdot \frac{v_r}{\beta v} \quad (28)$$

и подставляя соответствующие величины, получим $H_z = \pm 0,7$ э. Переменность знака поля в (28) указывает на возможность изменения полярности поля в зависимости от возможных изменений характера проводимости вещества Земли—от электронной проводимости к современной дырочной проводимости и наоборот. При этом обращает на себя внимание то обстоятельство, что изменения полярности поля происходят по-видимому, в периоды интенсивного вулканического пароксизма, соответствующие периодам наибольшего сжатия Земли. Не исключена возможность того, что в такие периоды в толще Земли происходят фазовые превращения вещества и изменения характера проводимости от отрицательной электронной проводимости к положительной дырочной (дефект-электронной) и наоборот.

Вместе с этим следует иметь в виду, что при скорости уменьшения радиуса Земли $2,03 \times 10^{-9}$ см/сек $= 6,41$ см за 100 лет меридиан и экватор Земли за послекембрийское время должны были сократиться примерно на 2000 км. Ввиду того, что это сокращение концентрировалось лишь в узких геосинклинальных зонах, занимающих всего 12% поверхности Земли, при взаимном сопряженном сближении платформ происходило также скольжение (с поворотами) всей докембрийской земной коры на расстояния порядка 2000 км по долготе и широте.

Было бы интересно изучить возможность соответствия различных периодов пульсаций Земли $P_i = 2R/c_i$ (c_i —лапласовые скорости распространения пульсационных колебаний) периодам изменения полярности магнитного поля и характера проводимости в связи с указанными фазовыми переходами, в частности соответствие последних периоду $P = 2R/c_n = 728000$ лет ($c_n = \beta R/\tau_n = 5,33 \times 10^{-5}$ см/сек).

Плотность электрического тока $i = ne_0 v_r$ в толще Земли по указанным данным составляет $4,75 \times 10^{-8}$ эл. маг. ед., чему соответствует полная сила тока $1,2 \times 10^9$ ампер (по оценке Хайда, полная сила тока в ядре Земли составляет ориентировочно 5×10^9 ампер).

Средняя температура Земли, т. е. температура на глубине, где плотность вещества равняется средней плотности Земли, а гидростатическое давление равняется

$\frac{1}{3} \rho g R$, соответствующая указанной выше концентрации электронов $n = 1,467 \times 10^{21} \text{ см}^{-3}$, будет определяться из известной полуклассической формулы

$$T = \frac{h^2}{3k_0 m^*} \times \left(\frac{3n}{8\pi} \right)^{2/3},$$

где h — постоянная Планка, k_0 — постоянная Больцмана, а m^* — эффективная масса электрона. Для указанного значения n получаем $T = 3740^\circ \text{K}$ (температура в основании оболочки Земли) и постоянную решетки вещества Земли $b = n^{-1/3} = 8,3 \times 10^{-8} \text{ см}$.

Согласно теории Клеро-Ляпунова о распределении плотности и теории Дюгамеля-Неймана о распределении температуры в толще Земли, взаимосвязь их в первом приближении аппроксимируется пропорцией

$$\frac{T(r)}{\rho(r)} = \frac{T}{\bar{\rho}},$$

где $\bar{T}$ и $\bar{\rho}$ — средняя температура и средняя плотность Земли, а $T(r)$, $\rho(r)$ — температура и плотность на расстоянии r от центра Земли.

Согласно этой зависимости при принятых выше значениях плотностей получаем: температуру в центре Земли 11870°K , на поверхности ядра 6430°K , в основании кристаллической оболочки 3690°K , на поверх-

ности оболочки под континентами $2190^{\circ} K$, в лавовых озерах до улетучивания газов $1720^{\circ} K$. Температурный контраст на контактах ядро—оболочка, оболочка—кора должна поддерживаться возникновением запирающих слоев типа слоя Шоттки, препятствующих выносу тепла в радиальном направлении и обуславливающих неограниченную теплопроводность в окружном направлении — из-под платформ под геосинклинали и термоэлектрическую миграцию металлических ионов в том же направлении, возможно могущую привести к промышленной их концентрации.

Указанное выше значение λ было использовано автором [3] для определения линейного коэффициента тепловой диффузии Земли a^2 , который оказался равным $4,66 \times 10^{-2} \text{ см}^2/\text{сек}$. При этих значениях λ , z , a^2 в соответствии со вторым законом теплопроводности Фурье $t = z^2/4\pi a^2$ возраст Земли t , принимаемый равным времени распространения фронта кристаллизации вещества от дневной поверхности до глубины $z = 2900 \text{ км}$, оказался равным $4,56 \times 10^9$ лет.

Как уже указывалось, формулы (15) и (16) были получены из условия, что добавочный механический вращательный момент Земли $\Delta \vec{N} = \vec{L} \times \Delta \vec{\omega}$ уравновешивается противоположно направленным электромагнитным вращательным моментом $\vec{N}_\mu = \vec{Q} \times \vec{H}$, а формула (21) была получена из условия, что кориолисова сила инерции уравновешивается лоренцовой электромагнитной силой. Справедливость этого положения была экспериментально доказана классическим опытом Траутона-Нобля, повторенного позднее (1928 г.) Томашеком.

Суть указанного опыта заключается в следующем [см. 5, 11].

Конденсатор, обкладки которого соединены жестким диэлектрическим стержнем, свободно подвешен на нити и находится в покое. Если зарядить обкладки

конденсатора противоположными зарядами, то конденсатор должен вращаться, поскольку он вместе с Землей находится в поступательном движении вокруг Солнца и в мгновенно-поступательном движении вокруг оси Земли.

Тонкие опыты, поставленные для обнаружения этого электромагнитного вращательного момента, дали отрицательные результаты. Объяснение было дано теорией относительности в следующем виде: так как в неподвижной системе отсчета электромагнитные и механические силы уравниваются, а при переходе к новой системе отсчета эти силы преобразуются одинаковым образом, то они взаимно уравниваются и в новой системе отсчета, т. е. электромагнитный вращательный момент уравнивается противоположным ему механическим вращательным моментом, спонтанно зарождающимся в жестком стержне, при этом в случае пренебрежимо малой жесткости стержня система становится неустойчивой и разрушается.

Механизм зарождения замкнутых близширотных электрических токов в толще Земли можно представить также в следующем виде.

По теории Ампера электрические токи и связанные с ними магнитные поля создаются движущимися зарядами. Поскольку наблюдатель, неизменно связанный с Землей, фиксирует перманентное магнитное поле, то в отношении этого наблюдателя Земля является *вращающимся заряженным или электрически поляризованным телом*. Возможность такой поляризации доказана, как известно, классическим опытом Роуланда-Эйхенвальда. Как уже указывалось, движение зарядов отражается в западном дрейфе магнитного поля и носит конвекционный характер. Появление электрических токов может рассматриваться здесь как результат изменения плотности заряда в толще Земли.

Предположим, что Земля находится в покое и

плотность заряда на одинаковых расстояниях от центра является постоянной. При орбитальном движении Земли в направлении этого движения по теории Лоренца происходит уменьшение линейных размеров или сплющивание Земли и увеличение плотности заряда в $1/\sqrt{1-\beta_0^2}$ раза (β_0 —отношение линейной скорости движения к скорости света), в то время как в поперечном направлении, т. е. в направлении, перпендикулярном к направлению орбитального движения, размеры тела и плотность заряда остаются без изменения.

Таким образом, вследствие сжатия Лоренца в сечениях Земли, параллельных эклиптике, в условиях изменившихся плотностей зарядов потечет электрический ток в направлении от продольных наблюдателей A_1 и A_2 к поперечным наблюдателям B_1, B_2 и будут созданы четыре ячейки тока, как это показано на рис. 1. Необходимо, однако, отметить, что при отсутствии осевого вращения Земли эти токи быстро прекратятся так же, как и токи, могущие возникнуть между экватором и полюсами Земли, если полярное сжатие последней останется неизменным.

Как известно, сжатие Лоренца предписывается телам, находящимся в поступательном (орбитальном) движении. В случае Земли, как уже отмечалось выше, поступательным можно считать также мгновенное осевое ее вращение. В таком случае замкнутые токовые ячейки (по четыре в каждое мгновение для фиксированного наблюдателя) будут возникать также в широтных кругах в направлениях от продольных наблюдателей к поперечным (см. рис. 1). Поскольку угол между плоскостями орбиты и экватора составляет $23,5^\circ$, то результирующее электрическое поле и токовые ячейки в среднем будут располагаться между этими плоскостями—в кругах, образующих с широтными кругами угол $23,5^\circ/2=11,5^\circ$, т. е. в плоскостях, параллельных плоскости магнитного экватора (см. рис. 3).

Приведенные выше соотношения могут быть воспроизведены также в плане теории термоэлектричества, так как вследствие сжатия Лоренца температура Земли в точках нахождения продольных наблюдателей по сравнению с точками нахождения поперечных наблюдателей увеличивается в $1/\sqrt{1-\beta^2}$ раза и создаются условия для возникновения близширотных замкнутых термоэлектрических токов.

Указанные близширотные замкнутые токи, естественно, создают магнитное поле, силовые линии которого располагаются в близмеридиональных кругах. Поскольку толща Земли обладает значительным электрическим сопротивлением, а электрические токи и магнитное поле постоянно взаимодействуют и приводят к выделению джоулевого тепла, то для поддержания электрических токов и связанного с ними магнитного поля требуется непрерывно действующий источник энергии. Как уже указывалось, таким источником в нашей теории является контракция, которая в соответствии с механизмом униполярной индукции переводит механическую энергию сжатия в электромагнитную и одновременно поддерживает также вращательное (суточное) движение планеты, причем в общем случае с прекращением контракции фактически прекращаются осевое вращение и процесс намагничивания гравитирующих тел. Об этом свидетельствуют звезды класса белых карликов, обладающих чрезвычайно высокой плотностью, ничтожно малой скоростью осевого вращения и слабыми магнитными полями.

В заключение в табличной форме приведем физические характеристики Земли, полученные из развитой выше релятивистской теории геомагнетизма, и сравним их с таковыми, полученными из наблюдений или основанными на других прямых или косвенных способах анализа.

Характеристики	Данные релятивистской теории	Данные прочих исследований	Ссылка
Напряженность магнитного поля на полюсах	0,630 э	0,63—0,7 э	6
Напряженность магнитного поля на экваторе	0,315 э	0,31—0,35 э	6
Угловая скорость западного геомагнитного дрейфа	$1,13 \times 10^{-10}$ рад/сек	10^{-10} рад/сек	22, 2 6
Наибольшее время затухания магнитного поля	4×10^{11} сек	5×10^{11} сек	9,18
Радиус основания эйлерова нутационного конуса	$9,87 \times 10^2$ см	10^3 см	14
Электропроводность	8×10^{-7} эл. маг. ед	10^{-8} — 10^{-7} эл.м.ед.	18
Центральная плотность	17,9 г/см ³	12,5—17,9 г/см ³	3
Скорость уменьшения радиуса	$2,03 \times 10^{-9}$ см/сек	$(1,3 \div 1,6) \times 10^{-9}$ см/сек	4,12
Угол между осью вращения и магнитной осью	11°43'	11,5°	6
Размеры полей векового хода	$3,2 \times 10^3$ см	$\sim 3 \times 10^3$ см	18
Возраст	$4,58 \times 10^9$ лет	$\sim 5 \times 10^9$ лет	3
Тангенциальные напряжения в земной коре $H_p^2 / 8\pi\beta^2$	6580 кг/см ²	2500—7000 кг/см ²	4
Средняя температура	3660° К	2900—3700° К	3

* * *

Несколько лет тому назад, незадолго до своей кончины, А. Эйнштейн писал, что наиболее загадочными проблемами современного естествознания являются проблемы происхождения космических лучей и земного магнетизма, не подозревая, по-видимому, что проблема земного магнетизма также находит простое объяснение в выдающемся принципе относительности одновременности, творцом которого был сам Эйнштейн.

Ա. Տ. ԱՍԼԱՆՅԱՆ

ԵՐԿՐԻ ՄԱԳՆԵՍԱԿԱՆ ԴԱՇՏԻ ՔԱՆԱԿԱԿԱՆ
ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՀԻՄՈՒՆՔՆԵՐԸ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Երկնային պտտվող մասսիվ մարմինների դինամիկ հա-
վասարակշռության պայմանը պահանջում է, որպեսզի նրանց
մակերևույթի վրա նշվող մագնիսական դաշտի $H^2/8\pi$ էներ-
գիան հավասարվի պտտման $\frac{1}{2} k\rho\beta^2\omega^2$ հավելյալ կինետիկ

էներգիային (H —մագնիսական դաշտի լարվածությունն է
մարմնի մակերևույթի վրա, k —ժիրացիայի հաստատունը,
որը Երկրի համար հավասար է մոտ $1/3$, ρ —Երկրի միջին
խտությունը, ω —պտտման հասարակածային արագությունը,
 $\beta = \omega/c$, c —լույսի արագությունը): Այդ պայմանը հանգեցնում
է $H = \beta\omega\sqrt{4\pi k\rho}$ բանաձևին, որը Երկրի համար տալիս է
 $0,351$ էրստեդ միջին լարվածություն: Նշված հավելյալ էներ-
գիան հանդես է գալիս իբրև տարբերություն պտտման
 $\frac{1}{2}k\rho\omega^2 = \frac{1}{2}k\rho\omega^2 R^2$ էներգիայի և հարաբերականության տե-

սությունից բխող $\frac{1}{2} k\rho\omega^2(R\sqrt{1-\beta^2})^2$ էներգիայի խտու-
թյունների տարբերություն: Համապատասխանաբար այդ տե-

առթյունից հետևում է, որ Երկրի նյութական զանգվածը պըտրտվում է մագնիսական դաշտի նկատմամբ $\Delta\varphi = \beta\varphi$ արագությամբ, իսկ էլեկտրոնների սիստեմը պտտվում է մագնիսական ուժագծերի շուրջը $\Delta T = \beta T$ պարբերությամբ (T —Երկրի պտտման սովորական պարբերությունն է իր առանցքի շուրջը): Լարմորի և Լամբի տեսության համաձայն այս դեպքում մագնիսական դաշտի լարվածությունը Երկրի բևեռներում կազմում է՝

$$H_p = \frac{4\pi m_0}{e_0 e \beta^2 T} = 0,63 \text{ oe},$$

որտեղ m_0 —էլեկտրոնի մասսան է, e_0 —լիցքը, արտահայտված էլեկտրամագնիսական միավորներով, e —բնական լոգարիթմների հիմքը:

Համապատասխանաբար մագնիսական հասարակածում $H_e = H_p/2 = 0,315 \text{ oe}$: Երկրի ներքին մագնիսական դաշտի լարվածությունը որոշվում է այն պայմանից, որ նրա հավելյալ ընդհանուր կինետիկ էներգիայի խտությունը $k\rho\omega_0^2 R^2 \beta^2$ (այստեղ $\omega_0 = \sqrt{2\pi G\rho}$, G —գրավիտացիոն հաստատունն է) հավասարակշռվում է դաշտի էներգիայի $H_0^2/8\pi$ խտությամբ: Ռեկաքսացիայից հետո, երբ դաշտի լարվածությունը նվազում է $e=2,72$ անգամ, ստանում ենք Երկրի ժամանակակից ներքին դաշտի միջին լարվածությունը

$$H_i = \frac{4\pi G k \rho R \beta}{e \sqrt{G}} = 3,36 \text{ oe},$$

իսկ լարվածությունը ըստ խորության աճում է $H(r) = A\rho(r) = 0,61 \cdot \rho(r)$ օրինաչափությամբ:

Քանի որ էլեկտրոնների սիստեմը պտտվում է միաժամանակ Երկրի պրեցեսիոն և նուտացիոն կոնքերի առանցքների շուրջը, որոնք միմյանց հետ կազմում են $\alpha = 23,5^\circ$ անկյուն, ապա Երկրի մագնիսական առանցքը պետք է կազմի նրա

պտտման առանցքի հետ $D = \frac{\alpha}{2} = 23,5^\circ/2 = 11,5^\circ$ անկյուն,

իսկ դաշտի ազիմուտը պետք է փոփոխվի մոտ 26000 տարի պարբերությունում, որ հավասար է Երկրի առանցքի պրեցեսիոն շարժման պարբերությանը: Մագնիսական դաշտի բևեռայնության փոփոխությունը դիտվում է իբրև հետևանք էլեկտրական հոսանքի էլեմենտար կրողների լիցքի սպորադիկ փոփոխությունների, այսինքն՝ էլեկտրոններից դեֆեկտ-էլեկտրոնների և հակառակ անցումներով:

Առաջարկվող տեսություն համաձայն երկու տարբեր եղանակներով ստացվել է Երկրի էլեկտրամագնիսականությանը, որը հավասար է 8×10^{-7} էլեկտրամագնիսական միավորի Մասնավորապես այն ստացվում է՝

$$\lambda = \frac{2\pi}{8\mu R^2}$$

հայտնի հավասարումից, որտեղ 2π — Երկրի պտտման առանցքի պրեցեսիայի պարբերությունն է (26000 տարի), իսկ μ — մագնիսական թափանցիկությունը: Քանի որ $\Delta \approx \beta$ մեծությունը, որը հավասար է մագնիսական դաշտի արևմտյան զրեկվի անկյունային արագությունը, աճում է Երկրի պտտման առանցքից դեպի մակերես, ապա Երկրագունդը կարելի է դիտել իբրև ունիպոլար դինամոմեքենա, որը Երկրի կծկման մեխանիկական էներգիան վերամշակում է էլեկտրամագնիսական էներգիայի:

Ստորսի ուժագծային ֆունկցիաների տեսության համաձայն անսահմանափակ հեղուկի մեջ շարժվող գունդը այդ հեղուկի մեջ առաջացնում է նույն էներգիայի դեֆորմացիաներ, ինչ որ գնդի կենտրոնում տեղադրված դիպոլը: Ելնելով այս տեսությունից $H = \beta \mathcal{V} \sqrt{4\pi k\rho}$ բանաձևի մեջ տեղադրելով Երկրի կենտրոնական խտությունը $\rho = \rho_c = 17,9 \text{ գ/սմ}^3$, կտանաճք մագնիսական բևեռների դաշտի լարվածությունը $H_p = 0,63 \text{ օԷ: Եթե մագնիսական և աշխարհագրական առանցքների կազմած անկյունը } D = 11^\circ 43'$, իսկ հասարակածային և էկվիպոտիկական հարթությունների կազմած անկյունը $\alpha = 23^\circ 27'$ և ապա Երկրի ֆիզուրայի առանցքի և պտտման ալնիթարթային առանցքի կազմած անկյունը Մինկովսկու երկրաշա-

միական ձևափոխությունների համաձայն $\beta = v/c$, ապա պարզելովում է, որ Երկրի նուազացիոն կոնի հիմքի տրամագիծը $r_n =$

$= R \sin \beta = 9,87 \times 10^2$ սմ, Երկրի ներքին կարծր միջուկի շառավիղը $r_i = R \sin D = 1270$ կմ, իսկ այն մակերևույթի շառավիղային հեռավորությունը, որի վրա նյութի խտությունը հավասար է Երկրի միջին խտությանը՝ $r_m = R \sin(D + \alpha) = 3660$ կմ:

Տեսություն հետևություններից են նաև հետևյալ տվյալները՝ Երկրի հասակը $4,58 \times 10^9$ տարի, միջին ջերմությունը $3660^\circ K$, Պլանստոնի գործակիցը $\gamma = (H_e/H_p)^2 = 0,25$, տանգենցիալ մեխանիկական լարվածությունները կեղևում՝ մագնիսական բևեռների մոտ $\sigma = H_p^2/8\pi\beta^2 = 6580$ կգ/սմ², Երկրի ջերմային կորուստները $q = 7 \times 10^{27}$ էրգ/տարի, Արեգակի հասակը $5,25 \times 10^9$ տարի, Արեգակի անկյունային մոմենտը $\geq 1,61 \times 10^{53}$ գ. սմ²/վրկ:

SUMMARY

THE PRINCIPLES OF EARTH'S MAGNETIC FIELD QUANTATIVE THEORY

by A. T. ASLANIAN

The condition of a dynamic equilibrium of a rotating celestial massive bodies demands that the energy $H^2/8\pi$ of a magnetic field, which is observed on their surface, equals to the additional kinetic energy of rotation

$\frac{1}{2}k\rho\beta^2v^2$ (H —tension of magnetic field on the surface of the

body, k —constant of gyration, which for the Earth is equal near to $1/3$, ρ —Earth's mean density, v —equatorial speed of rotation, $\beta=v/c$, c —the velocity of the light).

That condition leads to the formula $H=\beta v\sqrt{4\pi k\rho}=$

$=0.351$ oe mean tension. The mentioned additional energy appears as a difference of a rotation's energy $\frac{1}{2}k\rho v^2=k\rho\omega^2R^2\frac{1}{2}$

and a difference of energy densities $\frac{1}{2}k\rho\omega^2(R\sqrt{1-\beta^2})^2$

which issues from the theory of relativity. Correspondently it results from that theory, that the material mass of the Earth rotates relative to the magnetic field with the speed $\Delta v=\beta v$, but system of electrons rotates aro-

und the magnetic force lines with a period $\Delta T = \beta^2 T$ (T —is Earth's usual period of rotation around its axis). According to the theory of Larmore and Lamb in this case the tension of magnetic field at the poles of the

Earth forms $H_p = \frac{4\pi m_0}{e_0 e \beta^2 T} = 0,63 \text{ oe}$ where m_0 —is

the mass of electron, e_0 —the charge, expressed in electro-magnetic units, e —the base of natural logarithms. Conformably at the magnetic equator $H_e = H_p/2 = 0,315 \text{ oe}$. The tension of the internal magnetic field of the Earth is determined by that condition, that the density $k\rho\omega_0^2 R^2 \beta^2$ of its additional total kinetic energy (here $\omega_0 = \sqrt{2\pi G\rho}$, G —is the constant of gravitation) is counterbalanced by the density $H_0^2/8\pi$ of field's energy. After relaxation, when the tension of the field decreases $e=2,72$ times, we receive the mean tension of contemporaneous interna field

$$H = \frac{4\pi G k \rho R \beta}{e \sqrt{G}} = 3,36 \text{ oe}$$

however the tension increases by depth in conformation with the law $H(r) = A\rho(r) = 0,61\rho(r)$.

As far as the system of electrons rotates simultaneously around the axes of precessional and nutational cones, which form together $\alpha = 23,5^\circ$ angle, then the Earth's magnetic axis must form with its axis of rotation an angle $D = \frac{\alpha}{2} = 23,5^\circ/2 = 11,5^\circ$, but the assumut of the

field must change with a period of nearly 26000 years, which is equal to the period of precessional movement of the Earth's axis. The change of magnetic field's polarity is regarded as a result of single changes in the charge of the elementary carriers of electrical current, i. e. with alternative passages from electrons to defect-electrons and versus.

According to the proposed theory by two different

ways is received the electrical conductivity of the Earth, which is equal to $\lambda = 8 \times 10^{-7}$ electromagnetic unit. Especially it is received from the well known equation $2\tau_p = \frac{8\mu\lambda R^2}{\pi}$, where $2\tau_p$ is the period of precession of Earth's axis of rotation (26000 years) but μ — magnetic transperance.

As far as the value $\Delta\omega = \beta\omega$, which is equal to the angular velocity of the magnetic field's accidental drift, increases from the Earth's axis of rotation toward the surface, then the globe can be considered as a unipolar dynamo, which works up Earth's magnetic energy of contraction to electromagnetic energy.

According to the Stocke's theory of forceline functions a sphere, which moves in unlimited fluid, causes in that fluid deformations of the same energy, as the dipole placed in the centre of the sphere. Coming out from this theory and placing in the formula $H = \beta v / \sqrt{4\pi k \rho}$ Earth's central density $\rho = \rho_c = 17,9 \text{ g/cm}^3$ we receive the tension $H_p = 0,63 \text{ oe}$ of the field of magnetic poles. If the angle formed by magnetic and geographic axes $D = 11^\circ 43'$ but the angle formed by equatorial and ecliptic planes $\alpha = 23^\circ, 27'$ and then the angle formed by the axis of Earth's figure and the axis of momentary rotation according to Minkowsky's geometrical modifications $\beta = v/c$ then is evident that the diameter of the base of Earth's nutational cone has $r_n = R \sin \beta = 9,87 \times 10^2 \text{ cm}$, the radius of Earth's internal core $r_i = \sin D = 1270 \text{ km}$, but the distance of that radial surface, on which the density of the stuff is equal to the mean density of the Earth

$$r_m = R \sin(D + A) = 3600 \text{ km}$$

From the conclusions of the theory are also the following data: Earth's age $4,58 \times 10^9$ years, the mean tempe-

rature $3660^{\circ}K$, Poisson's factor $\nu=(H_e/H_p)=0,25$, tangential stress at the magnetic poles $\sigma=Hp^2/8\pi\beta^3=6580kg/cm^2$, thermal losses of the Earth $q=7\times 10^{27}$ erg/year, Sun's age $5,25\times 10^9$ years, Sun's angular moment $1,61\times 10^{53}$ g. cm^2/sec .

ЛИТЕРАТУРА

1. Асланян А. Т. Магнитное поле Земли как релятивистский эффект. Изв. АН Армянской ССР (геологические и географические науки), т. XIII, № 1, 1960.
2. Асланян А. Т. Релятивистская теория происхождения магнитного поля Земли. Изв. АН Армянской ССР (геологические и географические науки), т. XIII, № 6, 1960.
3. Асланян А. Т. Возраст охлаждающейся Земли. Изв. АН Армянской ССР (геологические и географические науки), т. XIV, № 4, 1961.
4. Асланян А. Т. Динамическая проблема геотектоники. Международный геологический конгресс, XXI сессия, доклады советских геологов, 1960.
5. Беккер Р. Теория электричества. Т. II, М.—Л., 1941.
6. Вестин Э. Г. Магнитное поле Земли. Сб. „Планета Земля“. Изд. иностр. лит. М., 1961.
7. Долгинов Ш. Ш., Ерошенко Е. Г., Жужгов Л. Н., Пушкин Н. Н. Исследование магнитного поля Луны. Геомагнетизм и аэрономия. Т. 1, № 1, 1961.
8. Калинин Ю. Д. К вопросу о происхождении земного магнетизма. Тр. Ин-та земного магнетизма, вып. 9 (19), 1953.
9. Каулинг Т. Магнитная гидродинамика. Изд. иностр. лит., М., 1959.
10. Ландау Л. Д., Лифшиц И. М. Электродинамика сплошных сред. М., 1953.

11. Мандельштам Л. И. Лекции по физическим основам теории относительности. Полное собрание трудов под ред. М. А. Леонтовича, т. V., изд. АН СССР, 1950.
12. Парийский Н. Н. Неравномерность вращения Земли. Тр. геофиз. института АН СССР, № 26(153), 1955.
13. Пикельнер С. Б. Основы космической электродинамики. М., 1961.
14. Скарборо Дж. Гироскоп. Изд. иностр. лит., М., 1961.
15. Тамм И. Е. Основы теории электричества. М., 1957.
16. Френкель Я. И. О происхождении земного магнетизма. ДАН СССР, 19, № 2, 1945.
17. Френкель Я. И. Введение в теорию металлов. М., 1958.
18. Хайд Р. Гидродинамика ядра. Сб. „Физика и химия Земли“ Изд. иностр. лит., М., 1958.
19. Яновский Б. М. Земной магнетизм. М., 1953.
20. Alfven H. Cosmical Electrodynamics. Oxford Univ. Press, 1950.
21. Blackett P. M. S. The magnetic field of massive rotating bodies Nature, N 159, 1947.
22. Bullard E. C. The magnetic field within the Earth. Proc. Roy Soc., A, 197 A, 1949.
23. Elsasser W. M. On the origin of the Earth's magnetic field. Phys. Rev., N 55, 1939.
24. Inglis D. R. Theories of the Earth's Magnetism. Rev. Mod. Phys., N 27, 1955.
25. Lamb H. Hydrodynamics. Camb. Univ. Press, 1932.
26. Runcorn S. K. The Magnetism of the Earth's Body. Handbuch der Physik, Vol. 47, Geophysics, Berlin, 1956.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Некоторые общие предпосылки	4
2. Механизм спонтанного намагничивания Земли	12
3. Прецессионный механизм намагничивания Земли	20
4. Происхождение магнитного поля Земли с точки зрения теории контракции, эффекта Холла и других релятивист- ских эффектов	28
<i>Удфнфнл</i>	41
Summary	45
Литература	49

Проф. Асланян Ашот Тигранович

Основы количественной теории магнитного поля Земли

Редактор *Г. М. Ванцян*
Худож. редактор *Г. Мнацаканян*
Художник *Л. Берберян*
Техн. редактор *В. Галстян*
Контрольный корректор *Р. Мальцева*

ВФ 00934

Заказ 2046

Тираж 1500

Сдано в производство 26/XII 1961 г. Подписано к печати 15/III 1962 г.
Бумага $84 \times 108^{1/32}$. Печ. 3,25 л. = 2,66 усл. печ. л. Уч.-изд. 2,2 л.

Цена 11 к.

Типография № 1 Главного управления издательств и полиграфической
промышленности Министерства культуры Арм. ССР.

Ереван, ул. Алавердяна, 65.

ГДЕ И Ч.

ЦЕНА И К.

13186