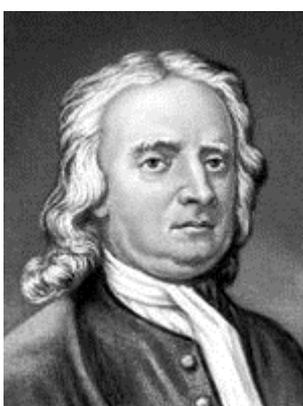


Как устроен механизм гравитации

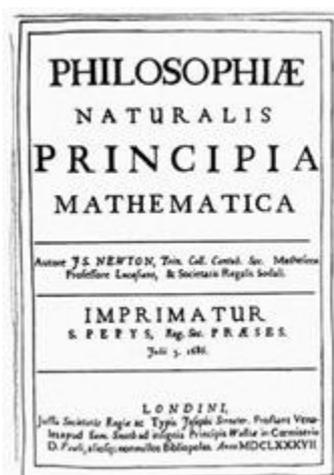
предисловие

В 1687 году английский физик и математик **Исаак Ньютон** опубликовал свой грандиозный труд «Математические начала натуральной философии», который стал вершиной достижений физики и астрономии XVII века. В этой работе была изложена и теория всемирного тяготения с количественной формулировкой закона [гравитации](#).



Исаак Ньютон (1643 – 1727)

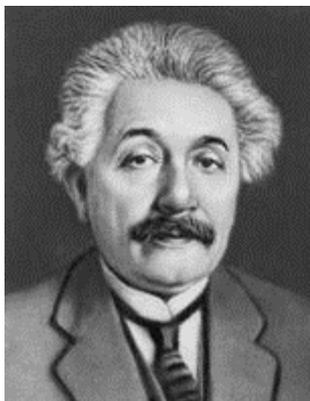
Но объяснить сущность гравитации в то время он так и не смог. «Начала» были закончены словами: “До сих пор я изъяснял небесные явления и приливы наших морей на основании силы тяготения, но я не указал причины самого тяготения. ...Причину я не мог вывести из явлений, [гипотез](#) же не измышляю”.



Титульный лист первого издания «Начал»

С той самой поры минуло уже более 300 лет, а ясности в этом вопросе нет и поныне, хотя усилия по разгадке природы гравитационных сил предпринимаются. К сожалению, ни

одна из созданных до настоящего времени теорий не привела к результатам, которые были бы интересны с точки зрения физики или астрономии. Очевидно, понять механизм данного физического явления в тех рамках, где тяготение в любой точке пространства объясняется только распределением в нем вещества, иначе говоря, – массой тел, возможным не представляется. Мало что проясняет в этом плане и основная гипотеза немецкого физика **А. Эйнштейна**, в которой тяготение является следствием искривления «пространства-времени». В чем же дело?



Альберт Эйнштейн (1879 – 1955)

Возможно, камнем преткновения здесь наряду с другими причинами является давний [постулат](#) о принципиальной разнице между взаимным притяжением физических масс и силами электрического или магнитного притяжения, поскольку мол, это силы разной природы. А разной ли?

В свое время французский философ и математик **Р. Декарт** предлагал каждому в поисках истины хоть раз в жизни освободиться от усвоенных им представлений и заново построить систему своих взглядов.



Рене Декарт (1596 –1650)

Поэтому вполне допустимо рассмотреть *гипотезу*, в основе которой находится предположение *о единой природе*, так называемых, *гравитационных и электромагнитных сил*. Тем более, что и А. Эйнштейн в последние годы своей жизни работал над созданием единой теории, которая объединила бы гравитационное и электромагнитное поля в одно гармоничное целое.

Но пока эта гипотеза – всего лишь качественное предположение, нуждающееся в количественном подтверждении. Каким же может быть подход к решению данной задачи?

Обычно у любознательного ребенка, которого интересует устройство новой механической игрушки, возникает естественное желание заглянуть внутрь ее конструкции, чтобы ознакомиться с разными там колесиками и их взаимодействием. Если подобным приемом воспользоваться и при теоретическом исследовании механизма гравитации, то здесь уже придется рассматривать не только безликие массы физических объектов, но также внутреннюю структуру макросистем и некоторые свойства частиц, образующих эти системы.

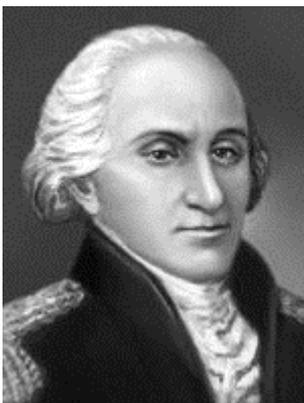
Поскольку истинная природа сил взаимодействующих частиц атомного масштаба нам неведома, то придется к ним «примерить» вполне изученные нами силы, а именно: электрические и магнитные.

Далее вашему вниманию предлагается обоснование гипотезы. Материал изложен на основе знакомых всем физических понятий и широко известных сведений. Пояснение дается в виде нескольких простых примеров – мысленных схем с допущениями, которые подбирались так, чтобы при их рассмотрении получалось согласие с экспериментальными научными данными. Расчеты сделаны в некотором приближении в единицах [СИ](#).

ГРАВИТАЦИЯ «ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКАЯ»

1. 1. Истина познается в сравнении

Посмотрим на изящные формулы законов Ньютона (1) и французского физика **Кулона** (2), описывающие гравитационное и электростатическое взаимодействия между двумя физическими объектами. Сравним их по содержанию:



Шарль Кулон (1736 – 1806)

$$F_G = \gamma (m M / R^2) \quad (1)$$

F_G – сила гравитационного взаимодействия между двумя физическими телами, Н (ньютон);

m, M – массы взаимодействующих тел, кг (килограмм);
 R – расстояние между центрами масс данных тел, м (метр);
 γ – гравитационная постоянная, $\text{Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$;

$\gamma (M / R^2)$ – выражение, выделенное из формулы (1), имеет смысл напряженности гравитационного поля (G) тела с массой M , $\text{Н} / \text{кг}$.

Напряженность гравитационного поля – величина векторная. Направление вектора G совпадает с направлением силы F_G (рис.1).

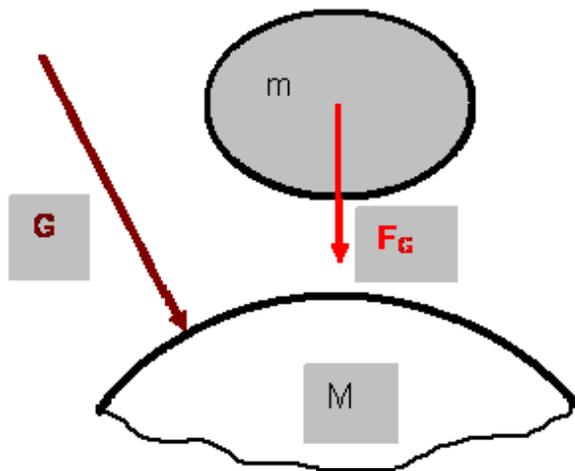


Рис.1

$$F_E = \kappa (q Q / R^2) \quad (2)$$

F_E – сила электростатического взаимодействия между двумя заряженными телами шарообразной формы, Н (ньютон);

q, Q – поверхностные (объемные) заряды взаимодействующих тел, Кл (кулон);

R – расстояние между центрами заряженных шаров, м (метр);

κ – коэффициент пропорциональности, $\text{Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$;

$\kappa (Q / R^2)$ – выражение, выделенное из формулы (2), имеет смысл напряженности электрического поля (E) тела с зарядом Q ,

$\text{В} / \text{м}$ (вольт / метр).

Напряженность электрического поля – величина векторная. Направление вектора E совпадает с направлением силы F_E ,

действующей на положительный заряд (q^+), и противоположно ему, если заряд отрицательный (q^-)

(рис.2).

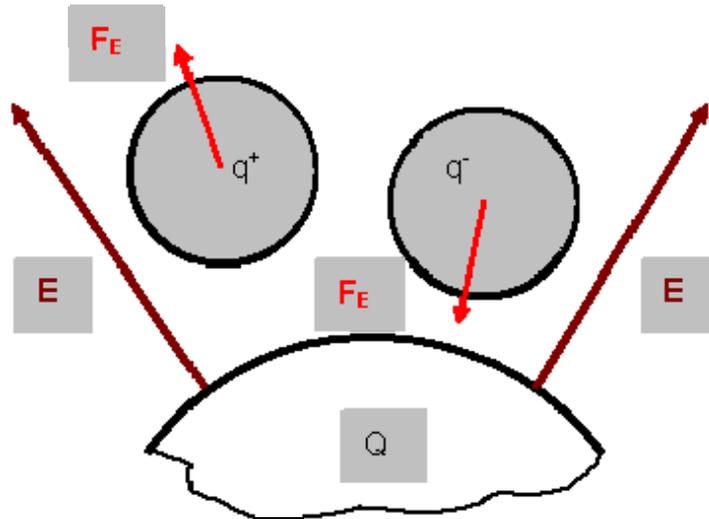


Рис.2

Формулы (1) и (2) можно упростить:

$$\text{если } \gamma (M / R^2) = G, \text{ то } \mathbf{F}_G = m \mathbf{G} \quad (3),$$

$$\text{если } \kappa (Q / R^2) = E, \text{ то } \mathbf{F}_E = q \mathbf{E} \quad (4).$$

Как видим, форма и содержание данных формул вызывают ощущение их определенной родственной гармонии. Конечно, в силу исторических причин у этих формул-сестер разные отцы-ученые, но мать-Природа у них явно одна. Скорее всего, и говорят эти невольны разлученные «сестры» об одном и том же, только на разных языках, поскольку механика была основана на одном «комплекте» способов измерения физических величин, электростатика же – на другом, существенно отличном от первого.

Тогда, полагаясь на принятую к рассмотрению гипотезу с учетом «демонстративного» совпадения по форме законов тяготения и электростатики, осмелимся *считать вес физического объекта, покоящегося на поверхности Земли, эквивалентом силы его электростатического притяжения к земной поверхности.*

Естественно, подобное допущение предполагает наличие соответствующего заряда у этого объекта и электрического поля у поверхности Земли (или наоборот), достаточных для такого их взаимодействия.

Исследуем «гравитационную медаль» с ее электростатической стороны. В специальном разделе теории электричества и магнетизма, который называется электростатикой, рассматриваются свойства тел и частиц, обладающих электрическим зарядом и неподвижных в инерциальной системе отсчета, а также их взаимодействие между собой. Инерциальной называется система отсчета, в которой свободная материальная точка (тело) покоится или движется прямолинейно и равномерно. Покой точки (тела) является частным случаем инерциального движения. Нередко инерциальную систему отсчета связывают с Землей, пренебрегая при этом вращением планеты вокруг собственной оси и ее движением вокруг Солнца.

1. 2. Статический макет механизма гравитации

Как известно, на поверхности нашей планеты имеется некоторый избыточный электрический заряд. Исследования показали, что у земной поверхности существует стационарное электрическое поле с напряженностью E , в среднем равной около 130 вольт / метр. Наибольшие значения E имеет в средних широтах, а к полюсам и экватору убывает. Земля при этом имеет отрицательный заряд, а атмосфера в целом заряжена положительно [1].

В равновесном состоянии любой проводник является эквипотенциальным телом независимо от того, нейтрален ли он в целом или же в нем присутствует избыточный заряд того или иного знака. В электрическом поле этого проводника можно провести эквипотенциальную поверхность, все точки которой имеют одинаковый потенциал φ . Потенциал точечного заряда по абсолютной величине должен убывать от источника обратно пропорционально расстоянию от него. По отношению к эквипотенциальной поверхности вектор напряженности электрического поля всегда ориентирован по нормали к ней и направлен в сторону убывания потенциала.

Считая земной шар на фоне космических просторов всего лишь точечным зарядом, можно полагать, что вектор E напряженности стационарного электрического поля Земли направлен от ее, скажем, уровневой поверхности вверх и ей в основном перпендикулярен. Дополнительным косвенным аргументом в пользу такого предположения может служить порядок распределения заряженных частиц в ионосфере Земли [2]. Самые внешние слои ионосферы состоят практически из одних протонов (H^+). В нижней ионосфере преобладают отрицательные ионы и просто электроны (e^-). Если к такому распределению заряженных частиц по высоте причастно и электрическое поле Земли, то вектор E этого поля, естественно, должен быть направлен от ее поверхности вверх (рис.3).

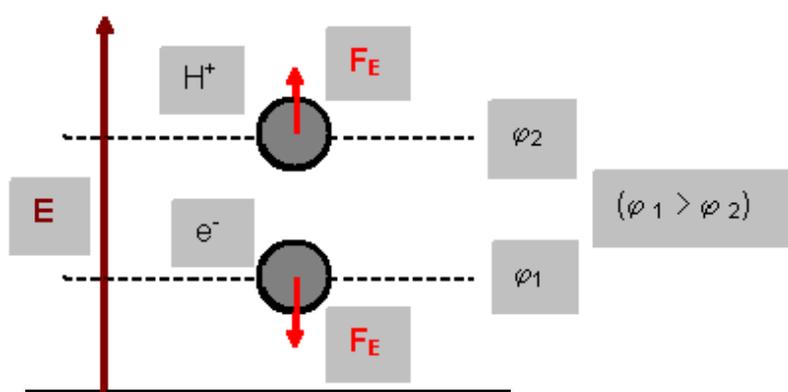


Рис.3

Данное направление вектора E напряженности электрического поля Земли допускает возможность электростатического притяжения физического объекта к земной поверхности только при условии, если он имеет какой-то электрический заряд отрицательного знака (q^-). В таком случае возникает закономерный вопрос: что может являться источником подобного заряда у обыкновенного физического тела?

Если рассуждать просто, то любой физический объект состоит из атомов. Считается, что ядра атомов заряжены положительно, а их электронные оболочки являются носителями заряда отрицательного. И похоже на то, что именно электронные оболочки атомов, выходящих на поверхность монолитного тела, как раз и могут иметь самое прямое отношение к искомому заряду q^- .

Почему электронные оболочки только поверхностных атомов? Не углубляясь в этот вопрос, можно полагать, что внутри объема монолитного вещества суммарный электрический заряд ядер атомов и их оболочек равен нулю. А заряд электронных оболочек атомов на поверхности тела остается некомпенсированным. В результате электрическое поле Земли может воздействовать на любой физический объект непосредственно только через отрицательно заряженные оболочки его поверхностных атомов. Так что, в соответствии с рекомендациями древних мудрецов будем искать «истину на поверхности».

Итак, в общих чертах сущность земного тяготения сквозь призму электростатики выглядит следующим образом. Электрическое поле Земли воздействует на электронные оболочки атомов, образующих поверхность монолитного тела, с силой F_i на каждую из них. Эта сила должна сообщать импульс поступательного движения оболочке, а значит и всему атому в целом, заставляя его смещаться против направления вектора E электрического поля Земли. Стремление атомов поверхностного слоя сместиться под воздействием внешнего электрического поля в свою очередь передается через межатомные связи и всем остальным частицам в объеме этого тела (рис.4).

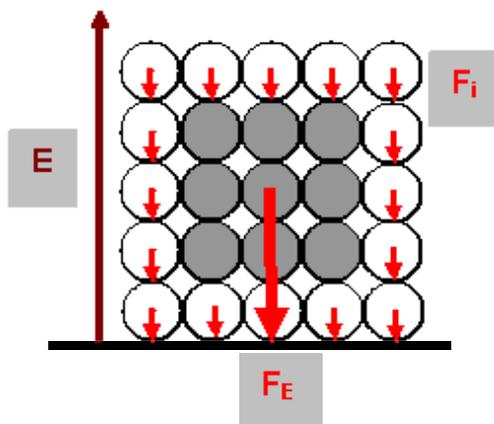


Рис.4

Силы F_i (составляющие) можно свести к одной равнодействующей силе F_E , олицетворяющей силу электростатического притяжения тела к Земле (или его вес P):

$$\Sigma F_i = F_E = P \quad (5)$$

А теперь рассмотрим с позиций гравитации и электростатики в пределах интересующей нас задачи несколько примеров с физическими объектами, покоящимися на земной поверхности. Здесь нужно заметить, что на каждый подобный объект должны воздействовать многие природные силы и факторы. Но, сокращая предмет обсуждения и пренебрегая, например, такой их составляющей как центростремительная сила (связанная

с суточным вращением Земли), оставим для рассмотрения только силу, которая называется весом или, по нашему предположению, силой электростатического притяжения объекта к земной поверхности.

Для того чтобы упростить последующие расчеты, «поместим» наши объекты на земной поверхности в точке пересечения географического и геомагнитного экваторов планеты. По аналогии с расчетом E для равномерно заряженного шара за пределами его объема будем полагать, что напряженность электрического поля у поверхности Земли (E_Z) в этом месте примерно равна:

$$E_z = \left| \frac{Q_z}{4\pi\epsilon_0 R_z^2} \right| = \frac{5,7 \cdot 10^5}{4\pi\epsilon_0 \cdot 6378140^2} \approx 126 \text{ В / м, (6)}$$

где: $Q_z \approx 5,7 \cdot 10^5$ Кл – величина отрицательного заряда на поверхности Земли [1];
 $R_z = 6378140$ м – экваториальный радиус нашей планеты [3];
 $4\pi\epsilon_0 = 1,11265 \cdot 10^{-10}$ Кл² / Н * м² (где: ϵ_0 – электрическая постоянная).

Пример 1: «Притяжение к поверхности Земли монолитного объекта из каменной соли»

Используя умозрительный прием, представим себе в качестве первого объекта кристалл каменной соли (хлорида натрия – NaCl) в виде монолитного куба единичного объема (1 м³).

Почему кристалл и такого объема? Все очень просто: во-первых, в кристаллическом состоянии вещество обнаруживает свои физические свойства в самом чистом виде и богатых сочетаниях, а во-вторых, единичный объем (1 м³) упростит вычисления.

Приравняем гравитационную силу F_G , с которой данный объект должен притягиваться к Земле, к его весу P . Для покоящегося на земной поверхности тела (рис.5):

$$P \approx m G, \quad (7)$$

где: P – вес тела, Н; m – масса тела, кг; G – напряженность гравитационного поля Земли, численно равная величине ускорения

свободного падения (среднее значение в районе экватора на уровне моря примерно равно 9,78 м / с²), Н / кг.

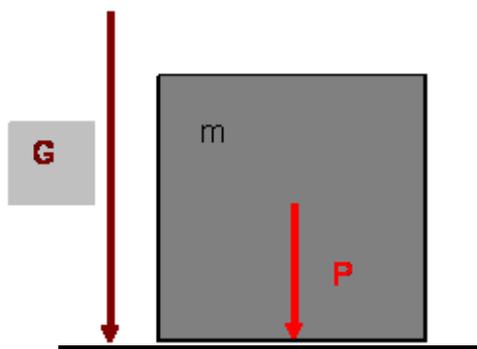


Рис.5

Плотность хлорида натрия $\rho = 2173 \text{ кг / м}^3$ [1]. Другими словами, масса m кристалла NaCl при его объеме в 1 м^3 должна быть равной 2173 кг. Отсюда нетрудно вычислить вес P данного тела:

$$P \approx m G = 2,17 \cdot 10^3 * 9,78 = 2,12 \cdot 10^4 \text{ Н.} \quad (8)$$

Обратимся теперь к внутренней структуре кристалла NaCl [4] и [конфигурациям](#) электронных оболочек атомов, из которых этот кристалл состоит. Необходимо будет определить суммарную величину заряда электронных оболочек поверхностных атомов рассматриваемого объекта.

В кристалле каменной соли атомы натрия (Na) и хлора (Cl) образуют пространственную решетку в виде правильной трехмерной кубической сетки (рис.6).

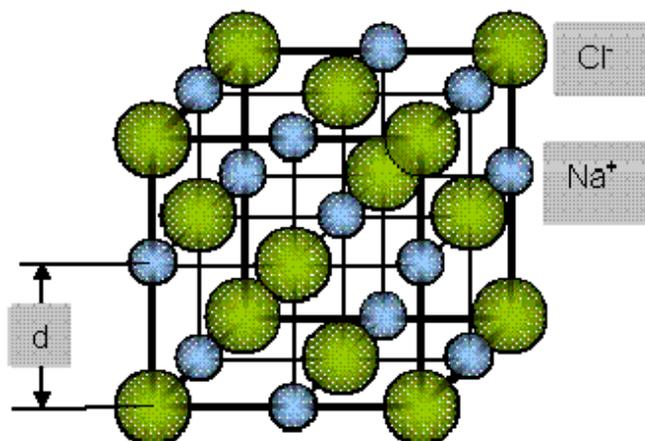


Рис.6 Элементарная ячейка кристалла каменной соли (NaCl)

Константа d на схеме – ближайшее расстояние между центрами двух соседних частиц в элементарной ячейке кристалла NaCl. Опытным путем установлено, что:

$$d = 2,79 \cdot 10^{-10} \text{ м.} \quad (9)$$

Значит на поверхности такого кристалла площадью в 1 м^2 могут разместиться в один слой примерно N частиц:

$$N = (1 / d)^2 = (1 / 2,79 \cdot 10^{-10})^2 = 1,3 \cdot 10^{19} \text{ частиц.} \quad (10)$$

Поскольку атомы натрия и хлора в кристалле представлены поровну, то тех и других на поверхности одной грани (1 м^2) монокристалла каменной соли должно быть по N' частиц каждого вида:

$$N' = N / 2 = 1,3 \cdot 10^{19} / 2 = 6,5 \cdot 10^{18}. \quad (11)$$

В отношении конфигураций электронов в оболочках атомов коротко можно пояснить следующее. Для удобства классификации электронов в атоме их условно разбивают на электронные слои (энергетические уровни) и подслои (энергетические подуровни). В подслое может быть несколько орбиталей (энергетических ячеек) с электронами.

В основу графического построения электронных формул кладут орбиталь, которую изображают в виде квадрата или прямоугольника, а электроны в ней – стрелками, направленными соответственно «спину». На одной орбитали могут находиться не более двух электронов, и то при условии, если они антипараллельны (принцип **Паули** – швейцарского физика).



Вольфганг Паули (1900 – 1958)

А теперь, на основе известных физико-химических сведений о хлориде натрия и в рамках поставленной задачи, попробуем вспомнить и понять – как из отдельно «взятых» нейтральных атомов Na и Cl может образоваться кристалл с должным поверхностным зарядом q^- . Конфигурации электронных оболочек отдельно взятых («изолированных») атомов натрия (Na) и хлора (Cl) даны на [рис7](#).

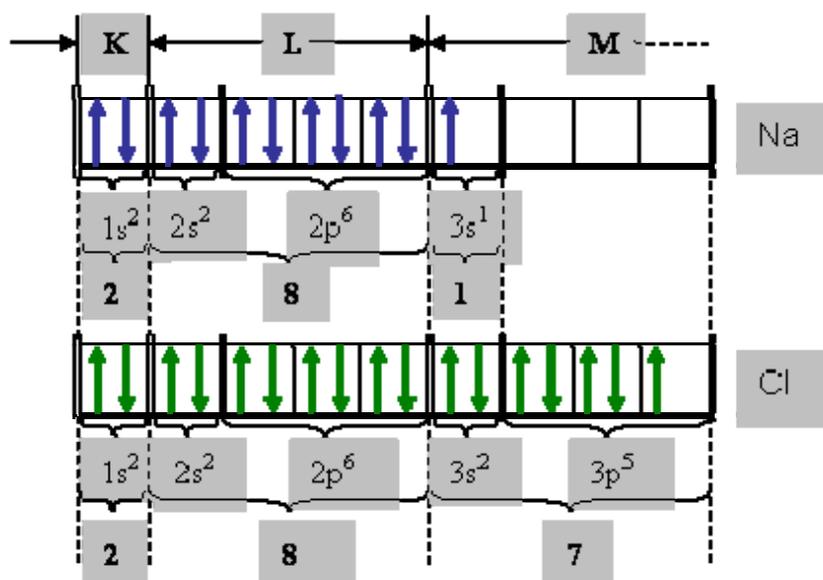


Рис.7 Графические формулы строения электронных оболочек отдельно взятых атомов натрия (Na) и хлора (Cl):

K, L, M, ... – буквенное обозначение энергетических уровней;

1, 2, 3, ... – цифровое обозначение энергетических уровней;

s, p, ... – энергетические подуровни;

1, 2, 7, 8, ... – количество электронов на энергетических уровнях и

подуровнях;

цифровые индексы – количество электронов в слоях и подслоях.

При взаимодействии двух атомов-партнеров (допустим, при зарождении кристалла из атомов Na и Cl) атом хлора как бы «оттягивает» один электрон атома натрия с орбитали $3s^1$ на себя, создавая связанную пару из ионов натрия (Na^+) и хлора (Cl^-). Но при этом полного отторжения электрона от атома натрия не происходит (рис.8). Атом хлора способен оттянуть на себя согласно экспериментальным данным только 80% облака этого электрона (условно 0,8 заряда электрона).

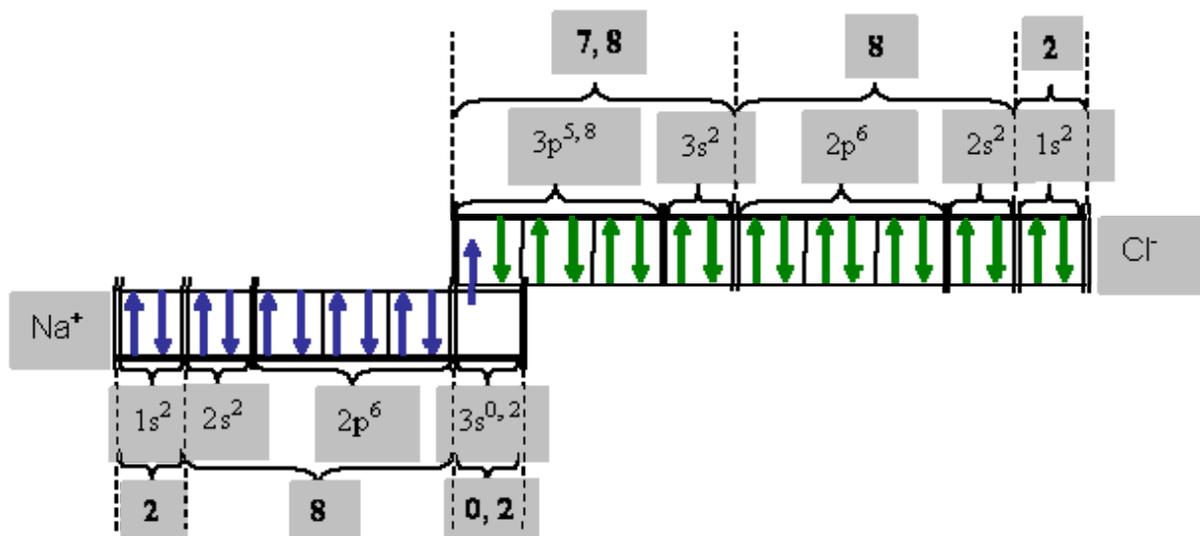


Рис.8 Возможная конфигурация электронов связанной пары ионов натрия (Na^+) и хлора (Cl^-) в поверхностном слое кристалла NaCl

Получается, что поверхностный атом натрия (Na) при образовании кристалла каменной соли как бы лишается 0,8 заряда электрона из внешнего слоя своей оболочки и превращается в ион Na^+ с оставшимся электрическим зарядом оболочки (q_{Na^+}), равным:

$$q_{\text{Na}^+} = e(n - 0,8) = -1,6 \cdot 10^{-19} (11 - 0,8) = -1,6 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}, \quad (12)$$

где: $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона (элементарный электрический заряд);
 $n = 11$ – количество электронов в оболочке отдельно взятого атома натрия.

Соответственно, атом хлора (Cl) при этом как бы приобретает дополнительный заряд отрицательного знака в виде 0,8 электрона и становится ионом Cl^- с зарядом своей оболочки (q_{Cl^-}), равным:

$$q_{\text{Cl}^-} = e(n + 0,8) = -1,6 \cdot 10^{-19} (17 + 0,8) = -2,8 \cdot 10^{-18} \text{ Кл}, \quad (13)$$

где: $n = 17$ – количество электронов в оболочке отдельно взятого атома хлора.

Поскольку на поверхности одной грани (1 м^2) нашего кубического объекта находится N' ионов натрия, то их суммарный электронный заряд (Σq_{Na^+}) на этой площади составит:

$$\Sigma q_{\text{Na}^+} = q_{\text{Na}^+} \cdot N' = -1,6 \cdot 10^{-18} \cdot 6,5 \cdot 10^{18} = -10,4 \text{ Кл}. \quad (14)$$

Ионы хлора, расположенные на этой же грани и в таком же количестве, будут иметь суммарный заряд своих оболочек (Σq_{Cl^-}), равный:

$$\Sigma q_{\text{Cl}^-} = q_{\text{Cl}^-} \cdot N' = -2,8 \cdot 10^{-18} \cdot 6,5 \cdot 10^{18} = -18,2 \text{ Кл}. \quad (15)$$

Общий электронный заряд оболочек ионов натрия и хлора ($q_{\text{Na-Cl}}$) на поверхности одной грани куба каменной соли примерно равен:

$$q_{\text{Na-Cl}} = (\sum q_{\text{Na}^+}) + (\sum q_{\text{Cl}^-}) = (-10,4) + (-18,2) = -28,6 \text{ Кл.} \quad (16)$$

Примечание 1: эта величина может считаться примерным показателем поверхностной плотности электронного заряда кристалла каменной соли (σ_{NaCl}), то есть:

$$\sigma_{\text{NaCl}} \approx -28,6 \text{ Кл / м}^2 \quad (17)$$

В результате электронный заряд (q) поверхности всех шести граней ($k = 6$) условного кристалла NaCl кубической формы (1 м^3) получается равным:

$$q = q_{\text{Na-Cl}} * k = -28,6 * 6 = -171,6 \text{ Кл.} \quad (17)$$

Примечание 2: этого заряда «опасаться» не следует. Он всего лишь соответствует суммарному значению атомных токов натрия и хлора на поверхности кристалла NaCl площадью в 6 м^2 за период времени порядка 10^{-14} с и является просто условно-расчетной величиной. Реальная же сила этих токов в кристалле примерно равна 10^{-4} ампер , а человек начинает ощущать ток с величины 10^{-3} А (пороговая реакция). Так что, употребляя поваренную соль, можно смело сочетать приятное (вкусовое раздражение) с полезным (подзарядкой своих телесных клеток током супервысокой частоты). В меру, конечно.

Все эти долгие рассуждения относительно поверхностного заряда (q) кубометра каменной соли укладываются в простую формулу:

$$q = \left[e(n_{\text{Na}} + n_{\text{Cl}}) \frac{N}{2} \right] k = -1,7 * 10^2 \text{ Кл,} \quad (18)$$

где: $e = -1,6 * 10^{-19} \text{ Кл}$ – заряд электрона;

$n_{\text{Na}} = 11$ – количество электронов в оболочке отдельно взятого атома натрия;

$n_{\text{Cl}} = 17$ – количество электронов в оболочке отдельно взятого атома хлора;

$N = (1 / d)^2 = 1,3 * 10^{19}$ – общее число атомов натрия и хлора в поверхностном слое кристалла NaCl площадью в 1 м^2 ;

$k = 6$ – количество граней куба.

В итоге электростатическая сила (F_E) притяжения к Земле монолитного кубометра каменной соли получается равной:

$$F_E = q E = -1,7 * 10^2 * 1,26 * 10^2 = -2,1 * 10^4 \text{ Н.} \quad (19)$$

Как видим, полученные значения сил ($P = 2,12 * 10^4$ и $F_E = -2,1 * 10^4 \text{ Н}$) находятся друг с другом в согласии. Знак «минус» у результата вычисленной силы F_E указывает на то, что она является силой притяжения (так принято в электростатике), а не отталкивания.

Таким образом, уже появляется некоторое основание считать, что рациональное зерно в предложенной гипотезе присутствует. Но полученный результат, естественно, требует подтверждения своей закономерности. Поэтому сделаем теперь соответствующие вычисления применительно к веществу, состоящему из атомов одного «сорта», например, к алюминию.

Пример 2: «Притяжение к земной поверхности объекта из алюминия»

Кристалл алюминия (Al) имеет кубическую плотнейшую гранецентрированную решетку (рис.9). Если плотность его $\rho = 2710 \text{ кг / м}^3$, то вес (P) этого металла кубической формы и единичного объема на уровне моря в районе экватора должен быть равным:

$$P \approx m G = 2,71 \cdot 10^3 \cdot 9,78 = 2,65 \cdot 10^4 \text{ Н.} \quad (20)$$

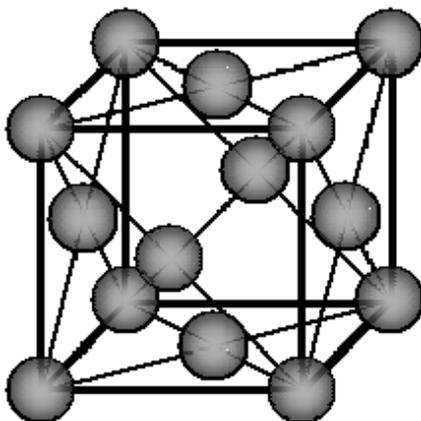


Рис.9

Отдельно взятый атом алюминия содержит в своей оболочке три валентных электрона. При зарождении кристалла два таких возбужденных атома (Al_1 и Al_2), очевидно, могут объединить распаренные электроны в дублеты, достраивая свои подуровни тремя привлеченными электронами из оболочки атома-партнера (рис.10). В этом случае взаимодействующий атом, оттягивая на себя электроны из оболочки партнера, скорее всего может «расчитывать» только на половину их электрического заряда, так как здесь в образовании связанной пары участвуют уже равноправные партнеры (атомы одного сорта). Таким образом, будем полагать, что каждый поверхностный атом кристалла алюминия получает в процессе взаимодействия от трех привлеченных электронов партнера дополнительный заряд, как бы эквивалентный заряду полутора электронов.

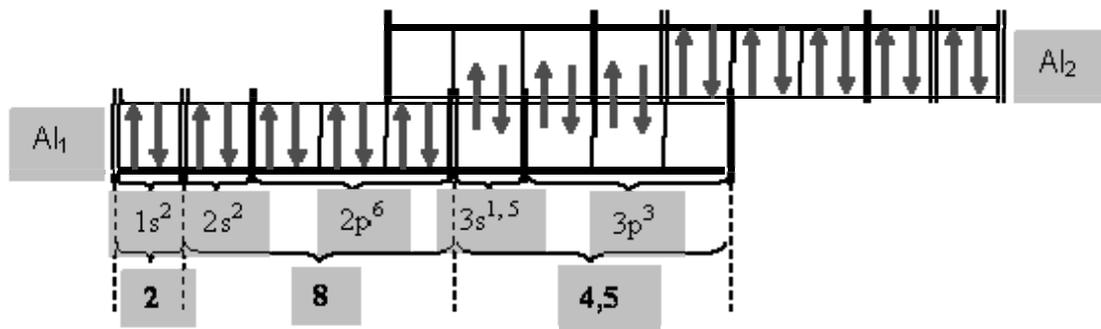


Рис. 10 Возможная конфигурация электронов связанной пары атомов в поверхностном слое кристалла алюминия

Тогда общий электрический заряд (q) электронных оболочек поверхностных атомов условного монолитного кристалла Al кубической формы и единичного объема должен приблизительно составить:

$$q = [e (n + 1,5) N] k = - 2,1 * 10^2 \text{ Кл}, \quad (21)$$

где: $e = - 1,6 * 10^{-19}$ Кл – заряд электрона;

$n = 13$ – количество электронов в оболочке отдельно взятого атома алюминия;

$$N = \left(\sqrt[3]{\frac{N_A * \rho}{M}} \right)^3 = 1,54 * 10^{29}$$

– количество атомов алюминия в поверхностном слое его кристалла на площади 1 м^2 ,

где: $N_A = 6,022 * 10^{26}$ кмоль⁻¹ – число Авогадро;

$\rho = 2710 \text{ кг / м}^3$ – плотность алюминия в данном примере;

$M = 26,98$ – относительная атомная масса алюминия;

$k = 6$ – число граней алюминиевого куба.

В таком случае сила (F_E) электростатического притяжения алюминиевого монокристалла кубической формы и единичного объема к Земле на уровне моря в районе экватора получается равной:

$$F_E = q E = - 2,1 * 10^2 * 1,26 * 10^2 = - 2,65 * 10^4 \text{ Н}. \quad (22)$$

Результат этого примера ($P = 2,65 * 10^4 \text{ Н}$ и $F_E = - 2,65 * 10^4 \text{ Н}$) также обнадеживает. Но ведь кроме твердых кристаллических веществ в природе существуют еще и жидкости. Поэтому, в завершение «электростатической» части разговора на тему гравитации рассмотрим пример с обыкновенной водой.

Пример 3: «Притяжение к Земле водной массы»

Представим себе емкость в виде куба с внутренним объемом в 1 м^3 . Наполним ее доверху водой, плотность которой $\rho = 1000 \text{ кг / м}^3$. Вес (P) кубометра этой воды у поверхности Земли в районе экватора будет примерно равен:

$$P \approx m G = 1 \cdot 10^3 \cdot 9,78 = 9,8 \cdot 10^3 \text{ Н.} \quad (23)$$

А теперь вес (P) данного объема воды выразим через силу (F_E) его электростатического притяжения к земной поверхности. Несмотря на то, что вода и, скажем, алюминий различаются по своим физическим свойствам весьма значительно, общий подход к решению поставленной задачи останется прежним. Ведь вода в облике ледяного куба – тоже кристалл. Кстати, слово «кристалл» произошло от греческого *krystallos* и во времена Гомера (XII – VII вв. до н. э.) означало «лед». Но в отличие от металлической пространственной решетки алюминия структурной единицей воды считается ее молекула (H_2O). И расчет здесь, очевидно, нужно строить через электронный заряд этой молекулы (рис.11).

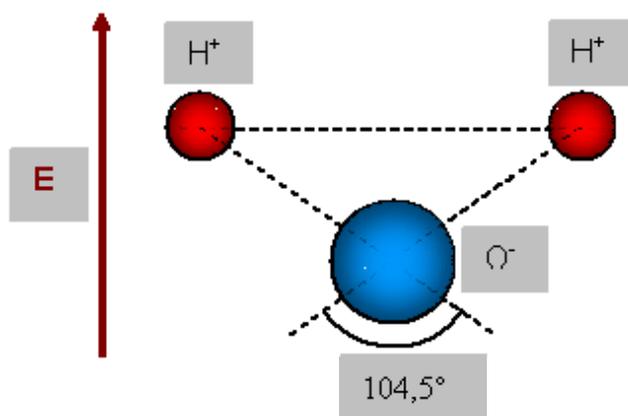
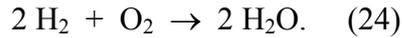


Рис.11 Схема молекулы воды (H_2O)

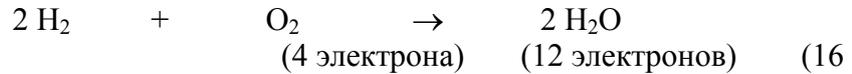
Попробуем осилить данную задачу, используя некоторые положения *теории молекулярных орбиталей* (ТМО). В ТМО принимается, что при образовании молекул из атомов происходит обобществление атомных электронов. Путем взаимного наложения (перекрывания) облаков последних возникает комбинация новых облаков, уже общих для всей молекулы в целом. Это молекулярные орбитали. Такова вкратце основная суть этой теории.

Как известно, отдельные атомы водорода (H) и кислорода (O), предоставленные самим себе, группируются парами в молекулы газов H_2 и O_2 . Из ТМО следует, что молекула H_2 имеет на молекулярной орбитали 2 электрона, а в молекуле O_2 на ней находятся 12 электронов.

При объединении молекул H_2 и O_2 в изобарном процессе ($p = \text{const}$) получается вода:



Определим количество молекулярных электронов, приходящихся на одну молекулу H_2O по принципу аддитивности, то есть:



электронов)

Таким образом, если две молекулы воды располагают 16 молекулярными электронами, то **на одну молекулу H_2O будет приходиться $n = 8$ таких электронов**. Вычислим электронный заряд (q') молекулы воды:

$$q' = e * n = -1,6 * 10^{-19} * 8 = -1,3 * 10^{-18} \text{ Кл}. \quad (25)$$

где: $e = -1,6 * 10^{-19}$ Кл – заряд электрона.

Количество (N) молекул, образующих поверхностный слой водяного (ледяного) куба единичного объема, можно определить через объем (V) одной молекулы:

$$V = \frac{M}{N_A * \rho} = \frac{18,02}{6,02 * 10^{26} * 1 * 10^3} = 3 * 10^{-29} \text{ м}^3, \quad (26)$$

где: $M = 18,02$ – относительная молекулярная масса H_2O ; $N_A = 6,02 * 10^{26}$ кмоль⁻¹ – число Авогадро; $\rho = 1 * 10^3$ кг / м³ – плотность воды.

Отсюда:

$$N = \left(\sqrt[3]{\frac{1}{V}} \right)^2 * k = \left(\sqrt[3]{\frac{1}{3 * 10^{-29}}} \right)^2 * 6 = 6 * 10^{19} \text{ молекул}. \quad (27)$$

где: $k = 6$ – количество граней куба.

Электронный заряд (q) поверхностных молекул кубометра воды примерно равен:

$$q = q' * N = -1,3 * 10^{-18} * 6 * 10^{19} = -78 \text{ Кл} \quad (28)$$

Тогда сила (F_E) электростатического притяжения данного объема воды к земной поверхности получается равной:

$$F_E = q E = -0,78 * 10^2 * 1,26 * 10^2 = -9,83 * 10^3 \text{ Н}. \quad (29)$$

Как видим, принятая к исследованию гипотеза не подвела и здесь. Разница значений $P = 9,8 * 10^3$ Н и $F_E = -9,83 * 10^3$ Н в этом примере находится в разумных пределах.

Итак, отметим, что результаты трех простых примеров в отношении сущности механизма гравитации, рассмотренные через призму электростатики, вышеизложенную гипотезу не отвергают. В таком случае, если данная гипотеза действительно отражает объективную реальность, то и в рамках понятий о магнетизме мы должны получить в подобных примерах идентичные или близкие к ним результаты.

ГРАВИТАЦИЯ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ»

2. 1. Магнитные свойства вещества

Магнетизм является универсальным свойством материи и обнаруживается во всем окружающем нас мире – от микрочастиц до космических объектов. Рассматривая далее «гравитационную медаль» с позиций этого явления, попытаемся увязать такие понятия как гравитация и магнетизм на простой основе. Представим себе, что Земля и какой-то физический объект, покоящийся на ее поверхности, например, знакомый уже нам монолитный куб каменной соли (NaCl), притягиваются друг к другу как два магнита соответствующих размеров (рис.12).

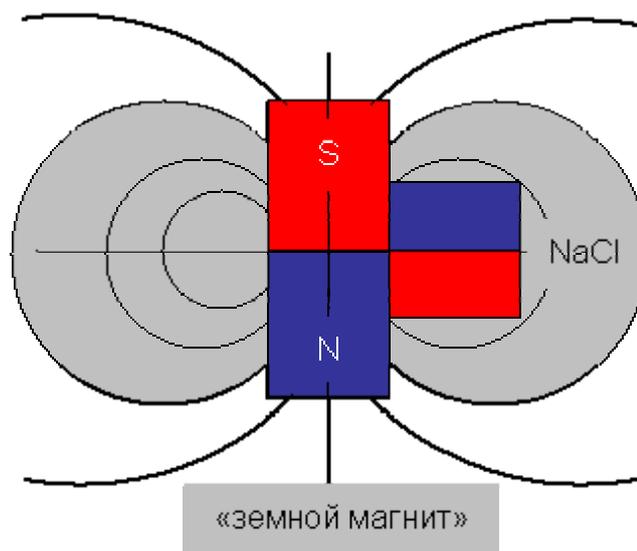


Рис.12

В отношении Земли особенно напрягать свое воображение не нужно. Она по существу и является огромным магнитом. В первом приближении магнитное поле Земли подобно полю гигантского [магнитного диполя](#), расположенного в центральных частях земного шара, с Южным магнитным полюсом в северном полушарии и с Северным магнитным полюсом в южном полушарии Земли. Магнитный момент (P_{Mz}) этого диполя (здесь – произведение намагниченности на объем магнита) примерно равен $8 \cdot 10^{15} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ [5].

Примечание 3: впервые идея о том, что наша планета представляет собой «большой магнит», была сформулирована английским врачом и физиком Уильямом Гильбертом в 1600 году.

С учетом всех особенностей глобального магнитного поля Земли наибольшая его индукция $B = 6,8 \cdot 10^{-5}$ Тл (тесла) достигается вблизи Северного магнитного полюса (в Антарктиде), наименьшая $B = 2,4 \cdot 10^{-5}$ Тл – в Бразилии.

Таким образом, некоторые представления о «большом магните» у нас имеются. Остается выявить магнитные качества второго объекта – монолитного куба каменной соли единичного объема, которые могли бы обеспечить его притяжение к земной поверхности с силой, равной весу этого тела. Но для этого придется кое-что вспомнить о магнитных свойствах вещества.

Причина, вследствие которой вещества обладают магнитными свойствами, была впервые найдена французским ученым **Андре Мари Ампером**.



Андре Мари Ампер (1775 – 1836)

Сначала, наблюдая в опытах Эрстеда магнитную стрелку, которая отклонялась вблизи проводника с током, Ампер предположил, что магнетизм Земли вызван токами, текущими внутри земного шара. Главный шаг был сделан: магнитные свойства тела можно объяснить циркулирующими внутри его токами. Далее Ампер пришел к общему заключению: *магнитные свойства любого тела определяются замкнутыми электрическими токами внутри него.*

Итак, согласно гипотезе Ампера, справедливость которой уже доказана прямыми экспериментами, внутри молекул и атомов циркулируют элементарные электрические токи, которые проявляются в виде магнитных свойств вещества.

И действительно, каждый атом может быть уподоблен замкнутому электрическому току I , текущему по плоскому контуру с площадью S (атомный ток). Получается некая микропетля с током (рис.13). А петли с током, или магнитные диполи, не только создают магнитные поля, но и сами подвергаются действию силы, попав в стороннее магнитное поле. Если элементы замкнутого контура с током I лежат в плоскости, перпендикулярной направлению магнитного поля B , то и элементарные силы ΔF , действующие на отдельные участки контура, будут лежать в этой же плоскости. И если поле всюду однородное, то эти силы только деформируют контур (сжимают или растягивают его в зависимости от направления тока), а равнодействующая этих сил равна нулю (рис.14).

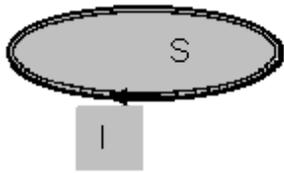


Рис.13

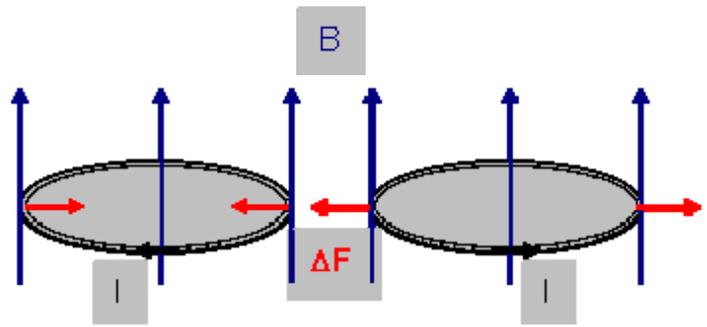


Рис.14

Если же поле неоднородное, то равнодействующая элементарных сил (F_M) не равна нулю; контур не только деформируется, но и перемещается в ту область, куда направлена равнодействующая.

Рассчитаем эту равнодействующую для прямоугольной рамки с током I в неоднородном поле, в котором вектор \mathbf{B} уменьшается вдоль оси Ox по линейному закону так, что (рис.15):

$$B_1 - B_2 = \frac{\Delta B}{\Delta x} a, \quad (30)$$

где: $\Delta B / \Delta x$ – средняя скорость изменения B вдоль оси Ox .

Тогда $F_1 > F_2$ и разность

$$F_M = F_1 - F_2 = IbB_1 - IbB_2 = \frac{\Delta B}{\Delta x} Iab = \frac{\Delta B}{\Delta x} IS, \quad (31)$$

где: $S = ab$ – площадь рамки. Условимся изображать контур с током некоторым вектором \mathbf{P}_M , численно равным IS и направленным перпендикулярно плоскости контура в соответствии с правилом правого винта. Тогда:

$$F_M = P_M * \frac{\Delta B}{\Delta x}. \quad (32)$$

Если направление вектора \mathbf{P}_M совпадает с направлением вектора \mathbf{B} , то на контур действует сила, направленная в сторону возрастания B , т. е. контур будет *втягиваться* в поле. Если же направления векторов \mathbf{P}_M и \mathbf{B} не совпадают, то на контур действует сила, направленная в сторону убывания B , т. е. такой контур будет *выталкиваться* из поля.

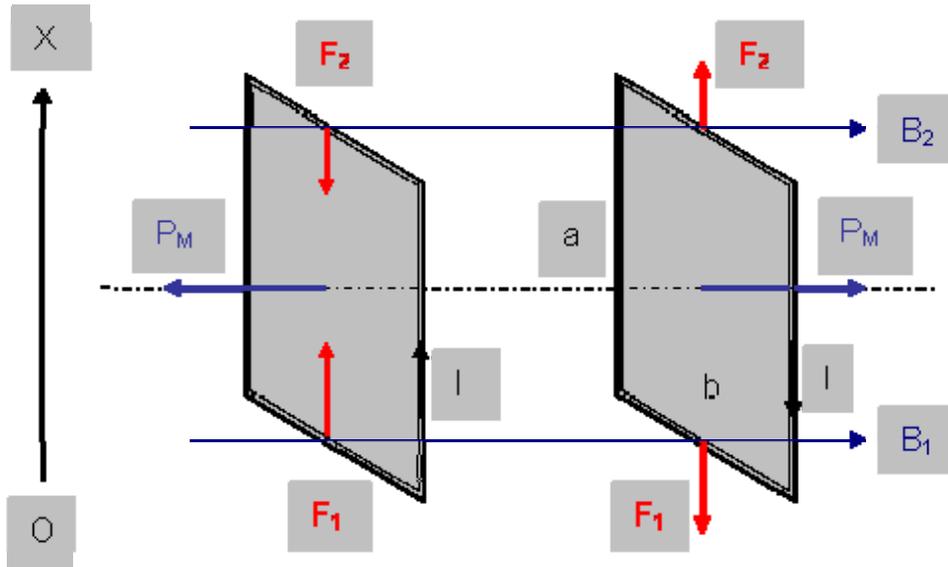


Рис.15

Полагая, что магнитное поле Земли воздействует на атомы вещества как на микроконтурные с током, вычислим магнитные моменты некоторых из них, а затем сделаем расчеты по определению магнитных моментов, которые должны быть в целом у физических объектов, интересующих нас в данной задаче.

Не вдаваясь особенно в тонкости теории магнетизма, здесь достаточно отметить, что в веществе число электронов равно числу протонов, а спиновый магнитный момент электрона почти в 2000 раз больше магнитного момента протона. Вполне очевидно, что именно электроны задают телам различной природы их основные магнитные свойства, к тому же эти свойства во многом зависят от распределения электронов в их оболочках.

Возьмем к примеру каменную соль (NaCl). Исследования оптических спектров щелочных металлов показали, что магнитный момент их атомного остатка (т. е. ядра и остальных электронов, кроме наименее связанного или «оптического» электрона, удаляющегося при ионизации) равен нулю. Следовательно, магнитный момент щелочного металла, в частности натрия, равен всего лишь моменту его оптического (валентного) электрона $3s^1$ (см. [рис.7](#)):

$$P_M = IS = \frac{e}{T} S, \quad (33)$$

где: $I = e / T$ – сила тока, вызванная движением валентного электрона в атоме, А (ампер);
 e – заряд электрона, Кл;
 T – период обращения электрона по орбите, с.

Определим усредненные по времени (из-за [прецессии](#)) магнитные моменты атомов натрия ($P'_{M Na}$) и хлора ($P'_{M Cl}$). Для этого воспользуемся информацией, заложенной в терминах указанных атомов.

Терм – это символ, в котором собраны нужные сведения о свойствах электронной конфигурации данного атома в его основном состоянии. Основным термом натрия

является символ $^2 S_{1/2}$, а термом хлора – $^2 S_{3/2}$. Структура термов такова: латинская большая буква в них обозначает общий орбитальный момент (L) электронов атома со следующим соответствием:

при S, P, D, F, ... и далее по алфавиту
 $L = 0, 1, 2, 3, \dots$ и т. д.

Нижний индекс терма показывает величину полного момента количества движения (J) электронной системы атома, а индекс наверху – число подуровней для данного значения L, равное $2S + 1$ (здесь S – полный спин электронов атома).

Примечание 4: квантовое число S не следует путать с символом терма – S.

Усредненный по времени магнитный момент любого атома определяется по формуле:

$$P'_M = \mu_B g \sqrt{J(J+1)}, \quad (34)$$

где: $\mu_B = 9,3 \cdot 10^{-24} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ – [магнетон Бора](#) (равен значению магнитного момента электрона);

$$g = 1 + \frac{J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)}{2J(J+1)} \quad \text{– множитель (фактор) Ланде.} \quad (35)$$

Так, для терма атома натрия (при $J = 1/2$, $S = 1/2$, $L = 0$) множитель Ланде равен:

$$g_M = 1 + \frac{0,5(0,5+1) + 0,5(0,5+1) - 0(0+1)}{2 \cdot 0,5(0,5+1)} = 1 + 1 = 2 \quad (36)$$

Отсюда, магнитный момент атома натрия ($P'_{M \text{ Na}}$), создаваемый одним его валентным электроном $3s^1$, в нормальном состоянии и усредненном значении примерно равен:

$$P'_{M \text{ Na}} = \mu_B g_M \sqrt{J(J+1)} = 9,3 \cdot 10^{-24} \cdot 2 \cdot 0,9 = 1,7 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2. \quad (37)$$

Для терма атома хлора (при $J = 3/2$, $S = 1/2$, $L = 1$) множитель Ланде равен:

$$g_{Cl} = 1 + \frac{1,5(1,5+1) + 0,5(0,5+1) - 1(1+1)}{2 \cdot 1,5(1,5+1)} = 1 + 0,3 = 1,3 \quad (38)$$

Тогда магнитный момент атома хлора ($P'_{M \text{ Cl}}$), создаваемый одним его некомпенсированным электроном подуровня $3p$ (см. рис.7), должен быть равным:

$$P'_{M \text{ Cl}} = \mu_B g_{Cl} \sqrt{J(J+1)} = 9,3 \cdot 10^{-24} \cdot 1,3 \cdot 1,9 = 2,3 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2. \quad (39)$$

А теперь, имея базовые величины магнитных моментов атомов натрия и хлора, найдем возможные значения магнитных моментов ионов Na^+ и Cl^- в поверхностном слое кристалла каменной соли.

Как мы помним из электростатического варианта подобного примера, при взаимодействии атомов Na и Cl более энергичный хлор оттягивает на себя около 80% электрического

заряда от валентного электрона атома натрия. Если полагать, что в результате такого взаимодействия на 80% уменьшится и магнитный момент атома натрия [поскольку $P_M = (e / T)S$], то его оставшаяся двадцатипроцентная часть и будет являться магнитным моментом иона натрия (P'_{MNa^+}) в кристалле NaCl, то есть:

$$\begin{aligned} \text{если } 100\% - P'_{MNa} &= 1,7 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2, \\ \text{то } 20\% - P'_{MNa^+} &= 3,4 \cdot 10^{-24} \text{ А} \cdot \text{м}^2. \end{aligned} \quad (40)$$

В таком случае атом хлора, получивший «прибавку» в размере 80 % от заряда электрона своего партнера, превратится в ион Cl^- с магнитным моментом (P'_{MCl^-}):

$$\begin{aligned} \text{если } 100\% - P'_{MCl^-} &= 2,3 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2, \\ \text{то } 180\% - P'_{MCl^-} &= 4,1 \cdot 10^{-23} \text{ А} \cdot \text{м}^2. \end{aligned} \quad (41)$$

В результате имеем значения магнитных моментов ионов натрия (40) и хлора (41), составляющих поверхностный слой кристалла каменной соли.

Зададимся теперь вопросом: какой может быть пространственная ориентация двух соседних ионов натрия и хлора по отношению друг к другу в кристалле, если посмотреть на них как на элементарные источники магнитного поля или, проще говоря, микромагнетики?

Очевидно, наиболее целесообразным взаиморасположением двух соседних частиц было бы такое, при котором их атомные токи (i) в области сближения имели бы одинаковое направление (подобие двух соприкасающихся шестерен в механизме).



Рис.16

При этом векторы магнитных моментов данных ионов будут направлены в противоположные стороны (рис.16а).

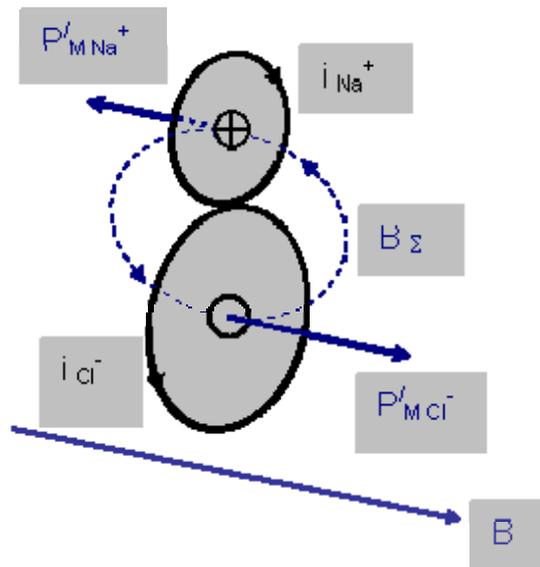


Рис.16а

Атомы, обладающие некоторым магнитным моментом \mathbf{P}_M , называются парамагнитными. При внесении такого атома во внешнее магнитное поле его атомный ток стремится расположиться так, чтобы вектор \mathbf{P}_M был ориентирован по направлению вектора \mathbf{B} индукции внешнего поля и был ему параллелен.

Можно предположить, что в высокочастотном магнитном поле Земли преимущество в такой ориентации относительно вектора \mathbf{B} этого поля в кристалле каменной соли будет иметь ион Cl^- , поскольку его магнитный момент ($P_{M \text{Cl}^-}$) почти в 12 раз больше магнитного момента ($P_{M \text{Na}^+}$) иона натрия. Естественно, находясь в мощной сфере влияния атома хлора, атом натрия в кристалле NaCl вынужден будет обратить свой магнитный момент в противоположную сторону, чтобы при образовании кристалла их магнитные поля объединились в общее поле (B_z) для обеспечения взаимного притяжения атомов друг к другу с минимальными энергетическими затратами.

Если представить себе направления атомных токов в элементарной ячейке кристалла NaCl , то можно предположить, что эти токи на внутренних линиях схемы взаимно нейтрализуются. Некомпенсированными остаются противоположно направленные токи поверхностных ионов Na^+ и Cl^- (рис.17). Попробуем определить их значения и, вычислив разность, узнаем результирующую величину элементарного тока (Δi) определенного направления на участке между двумя соседними ионами Na^+ и Cl^- .

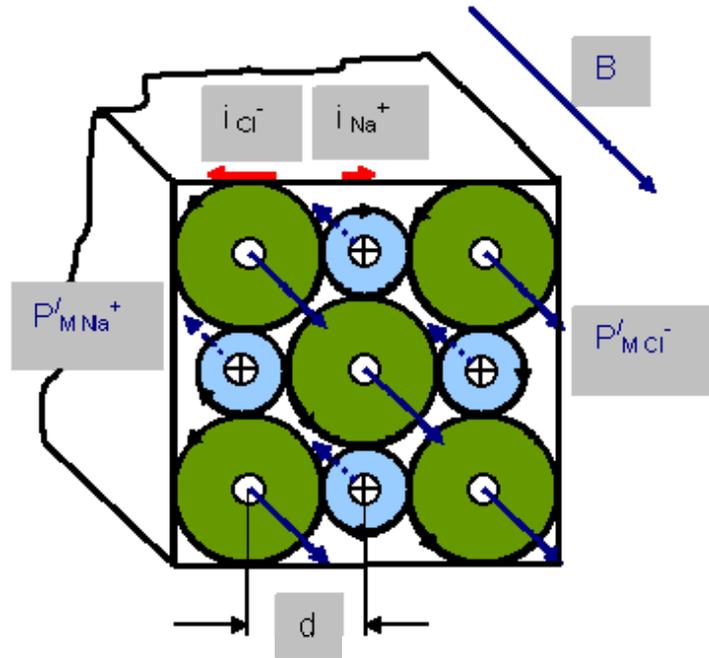


Рис.17

Известно, что радиус иона натрия в кристалле каменной соли равен $r = 9,8 \cdot 10^{-11}$ м [4]. Следовательно, площадь (S_r) его плоского электрического контура, ограниченного траекторией движения валентного электрона, примерно равна:

$$S_r = \pi r^2 = 3,14 (9,8 \cdot 10^{-11})^2 = 3 \cdot 10^{-20} \text{ м}^2. \quad (42)$$

Тогда сила тока в контуре иона натрия (i_{Na^+}) должна соответствовать величине:

$$i_{Na^+} = \frac{P'_{MNa^+}}{S_r} = \frac{3,4 \cdot 10^{-24}}{3 \cdot 10^{-20}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ А.} \quad (43)$$

Радиус иона хлора $R = 1,81 \cdot 10^{-10}$ м. Значит площадь (S_R) его контура составляет:

$$S_R = \pi R^2 = 3,14 (1,81 \cdot 10^{-10})^2 = 1 \cdot 10^{-19} \text{ м}^2. \quad (44)$$

Сила тока в электрическом контуре иона хлора (i_{Cl^-}) получается равной:

$$i_{Cl^-} = \frac{P'_{MCl^-}}{S_R} = \frac{4,1 \cdot 10^{-23}}{1 \cdot 10^{-19}} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ А.} \quad (45)$$

Разность значений (Δi) этих токов противоположного направления между двумя соседними ионами натрия и хлора на отрезке расстояния $d = 2,79 \cdot 10^{10}$ м составит:

$$\Delta i = i_{Cl^-} - i_{Na^+} = 4 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-4} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ А.} \quad (46)$$

На отрезке длиной в 1 м суммарная величина таких токов ($\Sigma \Delta i$) одного направления должна достигать:

$$\Sigma \Delta i = \Delta i \frac{1}{2d} = \frac{3 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 2,79 \cdot 10^{-10}} = 5,4 \cdot 10^5 \text{ А.} \quad (47)$$

Замкнутый электрический контур в виде квадратной рамки с длиной ее стороны в 1 м и током $I = \Sigma \Delta i = 5,4 \cdot 10^5$ А имел бы магнитный момент (P'_M), равный:

$$P'_M = I S = 5,4 \cdot 10^5 \cdot 1 = 5,4 \cdot 10^5 \text{ А} \cdot \text{м}^2. \quad (48)$$

Если кристалл каменной соли кубической формы и единичного объема уподобить условной конструкции, состоящей из набора таких электрических рамок-контуров, то количество (n) этих контуров соответствовало бы числу ионов Na^+ и Cl^- , поместившихся на линии ребра данного куба (рис.18):

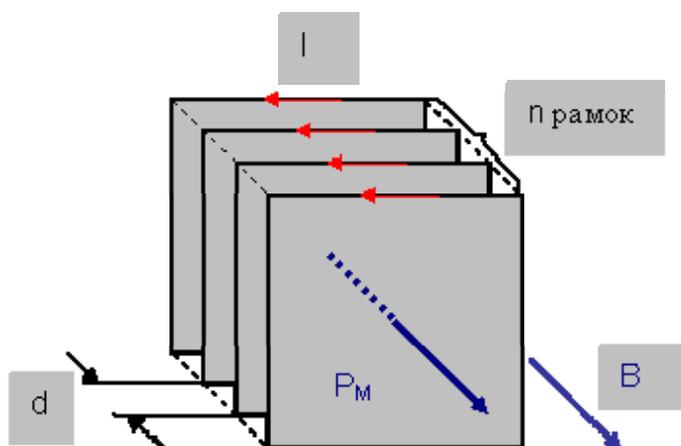


Рис.18

$$n = \frac{1}{d} = \frac{1}{2,79 \cdot 10^{-10}} = 3,6 \cdot 10^9 \text{ рамок.} \quad (49)$$

И тогда общий магнитный момент (P_M) всех рамок, т. е. магнитный момент кристалла NaCl вышеуказанных размеров, получается равным:

$$P_M = P'_M \cdot n = 5,4 \cdot 10^5 \cdot 3,6 \cdot 10^9 = 1,9 \cdot 10^{15} \text{ А} \cdot \text{м}^2. \quad (50)$$

Опуская предыдущие промежуточные выкладки, магнитный момент (P_M) условного кристалла каменной соли кубической формы и единичного объема можно выразить следующей формулой и ее числовым значением:

$$P_M = IS = \frac{(i_{\text{Cl}^-} - i_{\text{Na}^+}) S}{2d^2} = \frac{\left[\left(\frac{\mu_B g_{\text{Cl}^-} \sqrt{J_{\text{Cl}^-} (J_{\text{Cl}^-} + 1)}}{\pi R^2} \right) \kappa_{\text{Cl}^-} - \left(\frac{\mu_B g_{\text{Na}^+} \sqrt{J_{\text{Na}^+} (J_{\text{Na}^+} + 1)}}{\pi R^2} \right) \kappa_{\text{Na}^+} \right] S}{2d^2} = 2 \cdot 10^{15} \text{ А} \cdot \text{м}^2, \quad (51)$$

где: I – общая результирующая сила тока электронных оболочек поверхностных ионов хлора (Cl^-) и натрия (Na^+) рассматриваемого объекта;

S – площадь сечения куба каменной соли (параллельно одной из его граней и перпендикулярно силовым линиям магнитного поля B);

i_{Cl^-} – сила тока в электронной оболочке иона хлора (Cl^-);

i_{Na^+} – сила тока в оболочке иона натрия (Na^+);

$d = 2,79 \cdot 10^{-10}$ м – константа кристаллической решетки каменной соли;

$\mu_B = 9,3 \cdot 10^{-24}$ А * м² – магнетон Бора;

$g_{Cl} = 1,3$ – множитель (фактор) Ланде для основного терма атома хлора ($^2P_{3/2}$);

$g_{Na} = 2$ – множитель Ланде для основного терма атома натрия ($^2S_{1/2}$);

$J_{Cl} = 3/2$ – квантовое число полного момента количества движения атома хлора;

$J_{Na} = 1/2$ – квантовое число полного момента количества движения атома натрия;

$R = 1,81 \cdot 10^{-10}$ м – эффективный радиус иона хлора (Cl^-) в кристалле NaCl;

$r = 9,8 \cdot 10^{-11}$ м – эффективный радиус иона натрия (Na^+) в этом кристалле;

$k_{Cl} = 1,8$; $k_{Na} = 0,2$.

Примечание 5: в отношении коэффициентов k_{Cl} и k_{Na} можно пояснить следующее. При взаимодействии двух атомов (Na и Cl) с образованием из них связанной пары ионов (Na^+ и Cl^-) атом хлора как бы «оттягивает» на себя согласно экспериментальным данным около 80 % облака валентного электрона атома натрия (с орбитали $3s^1$). В результате этого валентный электрон атома натрия лишается 0,8 элементарного электрического заряда. Поэтому в формуле (51) поправочный коэффициент $k_{Na} = (1 - 0,8) = 0,2$. Соответственно, валентный электрон атома хлора приобретает 0,8 части элементарного электрического заряда. Отсюда, коэффициент $k_{Cl} = (1 + 0,8) = 1,8$.

2. 2. Динамическая модель механизма гравитации

В основу наших дальнейших рассуждений об электромагнитной природе земного притяжения положим формулу:

$$F_M = P_M * \frac{\Delta B_Z}{\Delta h}, \quad (52)$$

где: F_M – сила электромагнитного притяжения физического тела к Земле, Н;

P_M – магнитный момент этого тела, А * м²;

$\Delta B_Z / \Delta h$ – средняя скорость изменения индукции магнитного поля (B_Z) Земли по высоте (h) в слое до 1 м от ее уровенной поверхности, Тл / м.

Определим среднюю скорость изменения индукции магнитного поля Земли ($\Delta B_Z / \Delta h$) в каком-нибудь районе ее магнитного экватора. Будем считать, что в таком месте силовые линии магнитного поля в метровом слое от земной поверхности должны быть ей параллельны. «Взвешивание» наших объектов на геомагнитном экваторе позволит сократить и упростить дальнейшие расчеты.

Итак:

$$\frac{\Delta B_z}{\Delta h} = \frac{B'_z - B''_z}{\Delta h}, \quad (53)$$

где:

$$B'_z = \frac{P_{Mz}}{R_z^3} \sqrt{1 + 3 \sin^2 \Phi} = \frac{P_{Mz}}{R_z^3} = \frac{8 \cdot 10^{15}}{6378140^3} = 3,083243 \cdot 10^{-5} \quad \text{Тл}, \quad (54) - \text{величина}$$

индукции магнитного поля Земли у ее поверхности

на геомагнитном экваторе в точке

пересечения его с экватором географическим [2],

где: $P_{Mz} = 8 \cdot 10^{15} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ – магнитный момент земного диполя;

$R_z = 6378140 \text{ м}$ – расстояние от центра Земли до ее поверхности в районе географического экватора;

$\Phi = 0^\circ$ – геомагнитная широта.

$$B''_z = \frac{P_{Mz}}{(R_z + h)^3} \sqrt{1 + 3 \sin^2 \Phi} = \frac{P_{Mz}}{(R_z + h)^3} = \frac{8 \cdot 10^{15}}{(6378140 + 1)^3} = 3,083242 \cdot 10^{-5} \quad \text{Тл}, \quad (55)$$

– величина индукции магнитного поля Земли

на высоте $h = 1 \text{ м}$ от земной поверхности.

Примечание 6: ввиду того, что величины B'_z и B''_z в слое $\Delta h = 1 \text{ м}$ мало отличаются друг от друга, результаты вычислений в формулах (54) и (55) представлены семью значащими цифрами.

В итоге средняя скорость изменения индукции магнитного поля Земли ($\Delta B_z / \Delta h$) в районе геомагнитного экватора в метровом слое от ее поверхности получается равной:

$$\frac{\Delta B_z}{\Delta h} = \frac{B'_z - B''_z}{\Delta h} = \frac{3,083243 \cdot 10^{-5} - 3,083242 \cdot 10^{-5}}{1} = 1 \cdot 10^{-11} \quad \text{Тл / м}, \quad (56)$$

а расчетная величина электромагнитной силы притяжения (F_M) кубического кристалла каменной соли единичного объема примерно равна:

$$F_M = P_M \cdot \frac{\Delta B_z}{\Delta h} = 2 \cdot 10^{15} \cdot 1 \cdot 10^{-11} = 2 \cdot 10^4 \quad \text{Н}. \quad (57)$$

В данном примере пришлось сопрягать между собой физические параметры широкого диапазона (от микро- до макровеличин) в приблизительных их значениях. Но, думается, что разница между полученными значениями веса $P = 2,12 \cdot 10^4 \text{ Н}$ и сил: $F_E = -2,1 \cdot 10^4 \text{ Н}$, $F_M = 2 \cdot 10^4 \text{ Н}$ – невелика. Ее можно считать вполне приемлемой.

В целях экономии времени и печатной площади раздел 2.1. завершим рассмотрением магнитных свойств объекта из алюминия. Но предварительно обсудим некоторые представления о внутренней структуре веществ и их модельные отображения в кристаллографии.

В области структурной [кристаллографии](#) созданы различные модели «упаковки» атомов в кристаллах. Чаще всего роль атомов (ионов) в узлах их решеток играют шары. Так, например, структура кристалла каменной соли имитируется шарами разного диаметра в соответствии с размерами ионов натрия и хлора (рис.19).

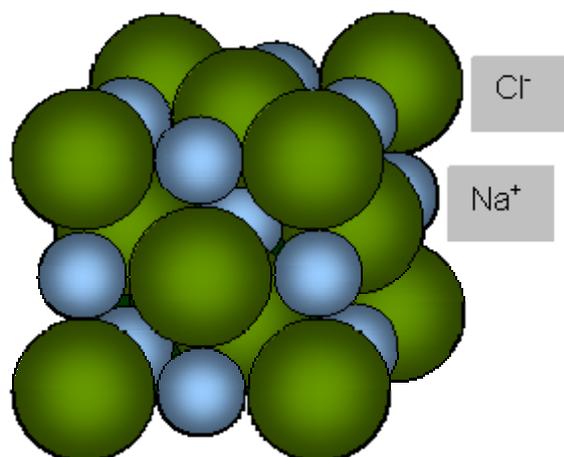


Рис.19

Структурные же схемы металлических кристаллов, образованных атомами одного химического элемента, даются в виде одинаковых шаров. За основу здесь, вероятно, берется принцип однородности частиц в кристалле. К сожалению даже рентгеноструктурный анализ не дает никаких сведений о размерах атомов. Он позволяет определять, хотя и очень точно, только расстояния между центрами смежных частиц в веществе. Поэтому радиусы однородных атомов в кристаллах берутся как $r = d / 2$, где константа d – ближайшее расстояние между центрами двух соседних частиц в элементарной ячейке кристалла (рис.20).

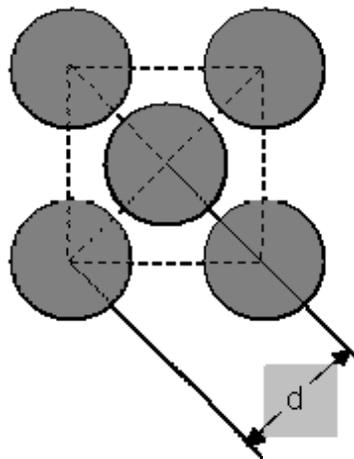


Рис.20 Схема расположения атомов в узлах одной грани элементарной ячейки кристалла алюминия (Al)

Но, во-первых, как уже говорилось выше, необходимым условием образования устойчивой взаимосвязи между двумя ближайшими атомами в кристалле является их объединение с противоположно направленными магнитными моментами. А два замкнутых электрических контура с токами противоположного направления, находящиеся во внешнем магнитном поле, должны подвергаться деформации: один контур – сжатию, другой – растяжению. Аналогичная реакция на действие стороннего магнитного поля с соответствующими параметрами, очевидно, присуща и контурам атомного масштаба. И если такое представление о деформации оболочек атомов верно, то любая модель кристалла должна содержать признак обозначенного магнитного эффекта в виде шаров разного диаметра даже для структур, образованных из однородных частиц.

Во-вторых. Принято считать, что каждый атом в узле кристаллической решетки колеблется подобно маятнику независимо от своих соседей и, например, при нагреве интенсивность теплового движения увеличивается вплоть до того, что атомы покидают свое место «в строю», разрушая при этом кристалл.

Но представим себе несколько другую картинку. Предположим, что при термическом нагревании кристалла алюминия причиной изменения параметров его кристаллической решетки (например, объемного расширения) является увеличение размеров атомов с одинаково направленными векторами магнитных моментов. А процесс плавления металла начинается, образно говоря, с «короткого замыкания» встречных токов этих атомных микроконтуров, сблизившихся до критического предела (рис.21). При нормальных же температурных условиях (0°C) существования кристалла его атомы в узлах пространственной решетки, вероятно, «чувствуют себя гораздо комфортнее».

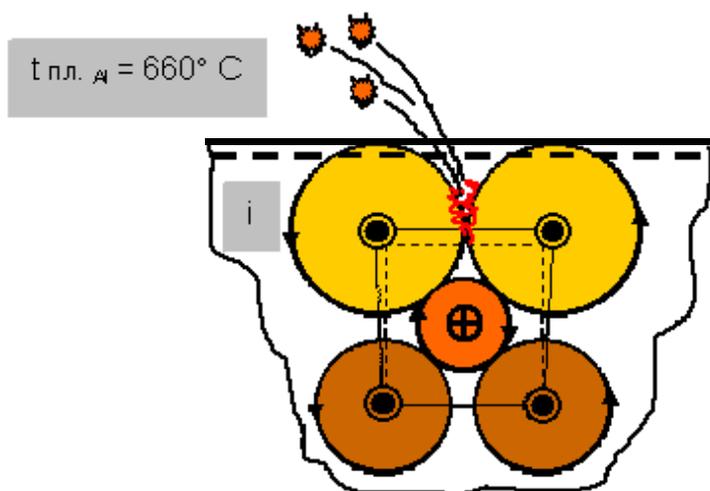


Рис.21 Схема «короткого замыкания» встречных токов (i) атомных микроконтуров в кристалле алюминия

Рассуждать здесь будем следующим образом. Если дается большое количество маленьких шариков равного диаметра и какой-нибудь ящик, то для того, чтобы поместить в него максимальное число этих шариков, их нужно укладывать в определенном порядке. Как известно, одной из наиболее плотных упаковок является кубическая гранецентрированная (рис.22). Она обеспечивает укладку шариков с коэффициентом $k = 0,74$.

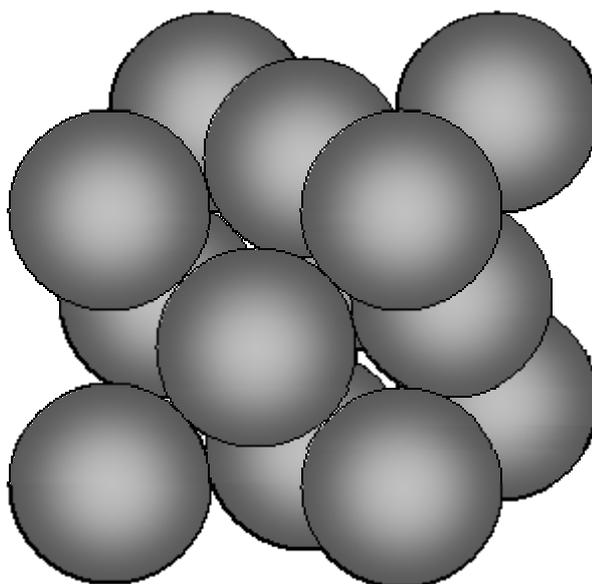


Рис.22

То есть, суммарный объем (ΣV_0) одинаковых шариков, уложенных в кубический ящик единичного объема указанным способом, составит $0,74 \text{ м}^3$. Это больше коэффициента случайного заполнения примерно на 20 %.

Теперь вычислим объем (V_0) одного из таких шариков, как если бы он имел средний размер атома алюминия и в числе других заполнял условный «кристаллический ящик» кубической формы и единичного объема при указанной упаковке:

$$V_0 = \frac{k \cdot M}{N_A \cdot \rho} = \frac{0,74 \cdot 26,98}{6,02 \cdot 10^{26} \cdot 2,7 \cdot 10^3} = 1,2 \cdot 10^{-29} \text{ м}^3, \quad (58)$$

где: $k = 0,74$ – коэффициент заполнения ящика шариками;
 $M = 26,98$ – относительная атомная масса алюминия;
 $N_A = 6,02 \cdot 10^{26}$ кмоль⁻¹ – число Авогадро;
 $\rho = 2,7 \cdot 10^3$ кг / м³ – плотность алюминия в данном примере.

Отсюда, константа d пространственной решетки кристалла алюминия при нормальной температуре (0°C) примерно равна:

$$d = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3V_0}{4\pi}} = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-29}}{4\pi}} = 2,8 \cdot 10^{-10} \text{ м}. \quad (59)$$

Рассмотрим схему (рис.23) одной грани элементарной ячейки кристалла алюминия. Определим радиусы R и r ее углового и центрального атомов при нормальных температурных условиях. Будем полагать, что максимально-допустимый радиус R_{\max} углового атома грани при указанных условиях является предельным, так как его дальнейшее увеличение (например, при нагревании кристалла) приведет к изменению параметров пространственной решетки, в частности – константы d .

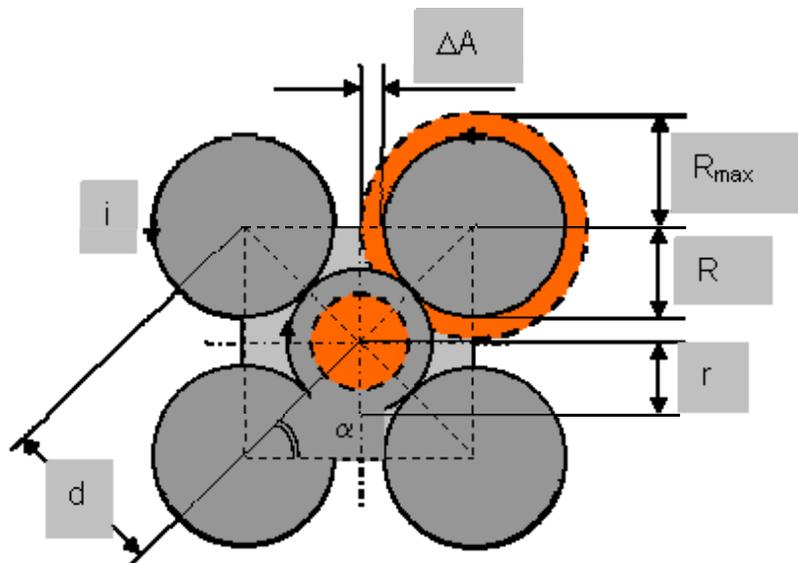


Рис.23 Схема одной грани элементарной ячейки кристалла алюминия

d – константа пространственной решетки (ближайшее расстояние между центрами двух соседних атомов в ячейке);
 R_{\max} – максимально-допустимый радиус угловых атомов ячейки при 0°C;

R и r – средние радиусы центрального и угловых атомов ячейки в данных условиях;

$$\alpha = 45^\circ;$$

ΔA – амплитуда изменения радиуса атома от его среднего значения при 0°C (в модельном представлении,

где атомы колеблются подобно маятникам относительно узлов пространственной решетки, ΔA является

амплитудой этих колебаний и зависит от температуры.

Итак, максимально-допустимый радиус (R_{\max}) углового атома грани при указанных условиях примерно равен:

$$R_{\max} = d \cos \alpha = 2,8 \cdot 10^{-10} \cos 45^\circ = 2 \cdot 10^{-10} \text{ м.} \quad (60)$$

Амплитуда (ΔA) изменения радиуса атома от его среднего значения при 0°C в кристалле алюминия может быть в пределах:

$$\Delta A = \sqrt{\frac{2kT}{Ed}} = 1,9 \cdot 10^{-11} \text{ м,} \quad (61)$$

где: $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж / К – постоянная Больцмана;

$T = 273,15$ К – значение температуры по термодинамической шкале;

$E = 7,1 \cdot 10^{10}$ Н / м² – модуль упругости алюминия;

$d = 2,8 \cdot 10^{-10}$ м – константа кристаллической решетки алюминия.

В таком случае среднее значение радиуса (R) углового атома ячейки при нормальной температуре получается равным:

$$R = R_{\max} - \Delta A = 2 \cdot 10^{-10} - 1,9 \cdot 10^{-11} = 1,8 \cdot 10^{-10} \text{ м,} \quad (62)$$

а средний радиус (r) центрального атома грани в этих условиях будет иметь величину:

$$r = d - R = 2,8 \cdot 10^{-10} - 1,8 \cdot 10^{-10} = 1 \cdot 10^{-10} \text{ м.} \quad (63)$$

Теперь ознакомимся с магнитными свойствами атома алюминия, имеющего в нормальном состоянии основной терм – $^2 P_{1/2}$. Для этого терма (при $J = 1/2$, $S = 1/2$, $L = 1$) множитель Ланде равен $g = 2/3 = 0,67$. Отсюда, усредненный по времени магнитный момент атома алюминия ($P'_{M_{Al}}$), создаваемый одним его некомпенсированным электроном $3p^1$, примерно равен:

$$P'_{M_{Al}} = \mu_B g \sqrt{J(J+1)} = 9,3 \cdot 10^{-24} * 0,67 * 0,87 = 5,4 \cdot 10^{-24} \text{ А * м}^2. \quad (64)$$

Поскольку атом алюминия располагает тремя валентными электронами, то его магнитный момент в кристалле, очевидно, возрастает в 3 раза и достигает величины ($P''_{M_{Al}}$):

$$P''_{M_{Al}} = P'_{M_{Al}} * 3 = 5,4 \cdot 10^{-24} * 3 = 1,6 \cdot 10^{-23} \text{ А * м}^2. \quad (65)$$

Тогда сила тока i_R условного плоского электрического контура, образованного тремя валентными электронами атома алюминия при его среднем радиусе R и площади этого контура $S_R = \pi R^2$, может быть равной:

$$i_R = \frac{P_{M_A}^n}{S_R} = \frac{1,6 \cdot 10^{-23}}{\pi(1,8 \cdot 10^{-10})^2} = 1,6 \cdot 10^{-4} \quad \text{А.} \quad (66)$$

Соответственно, ток i_r контура с радиусом r и площадью $S_r = \pi r^2$ будет иметь величину:

$$i_r = \frac{P_{M_A}^n}{S_r} = \frac{1,6 \cdot 10^{-23}}{\pi(1 \cdot 10^{-10})^2} = 5,1 \cdot 10^{-4} \quad \text{А.} \quad (67)$$

Разница между значениями этих двух токов противоположного направления (Δi) на поверхности алюминиевого кристалла составляет:

$$\Delta i = i_r - i_R = 5,1 \cdot 10^{-4} - 1,6 \cdot 10^{-4} = 3,5 \cdot 10^{-4} \quad \text{А.} \quad (68)$$

Дальше уже знакомо: если элементарный ток Δi определенного направления существует на межатомном расстоянии d , то суммарная величина таких токов ($\Sigma \Delta i$) на отрезке в 1 м получается равной:

$$\Sigma \Delta i = \Delta i \frac{1}{2d} = \frac{3,5 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 2,8 \cdot 10^{-10}} = 6 \cdot 10^5 \quad \text{А.} \quad (69)$$

Отсюда, магнитный момент P_{M_1} условного замкнутого электрического контура в виде квадратной рамки единичной площади (1 м^2) и током в нем $I = \Sigma \Delta i$ приблизительно равен:

$$P_{M_1} = I S = 6 \cdot 10^5 \cdot 1 = 6 \cdot 10^5 \text{ А} \cdot \text{м}^2. \quad (70)$$

Если представить себе кристалл алюминия кубической формы и единичного объема, условно состоящего из набора таких рамок-контуров, то их количество (n) в данной модели соответствовало бы числу атомов алюминия, уместившихся на линии ребра этого кристалла:

$$n = \frac{1}{\sqrt[3]{V_0}} = \frac{1}{\sqrt[3]{1,2 \cdot 10^{-29}}} = 4,4 \cdot 10^9 \quad \text{шт.} \quad (71)$$

Тогда общий магнитный момент P_M этой «конструкции» должен быть близким по величине магнитному моменту реального кубометра алюминия:

$$P_M = P_{M_1} \cdot n = 6,0 \cdot 10^5 \cdot 4,4 \cdot 10^9 = 2,6 \cdot 10^{15} \text{ А} \cdot \text{м}^2. \quad (72)$$

Все вышеизложенные рассуждения в данном примере относительно P_M можно выразить следующей формулой и ее числовым значением (см. рис.23):

$$P_M = \left\{ \frac{3\mu_B g \sqrt{J(J+1)}}{\pi[d - (d \cos \alpha - \Delta A)]^2} - \frac{3\mu_B g \sqrt{J(J+1)}}{\pi[d \cos \alpha - \Delta A]^2} \right\} \frac{S}{2d} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{V_0}} = 2,6 \cdot 10^{15} \text{ А} \cdot \text{м}^2, \quad (73)$$

где: $\mu_B = 9,3 \cdot 10^{-24} \text{ А} \cdot \text{м}^2$ – магнетон Бора;

$g = 0,7$ – множитель Ланде для основного терма атома алюминия ($^2 P_{1/2}$);
 $J = 1/2 = 0,5$ – квантовое число полного момента количества движения атома алюминия;
 $S = 1 \text{ м}^2$ – площадь сечения куба (параллельно одной из его граней);
 $\alpha = 45^\circ$;

$$d = 2^{*3} \sqrt{\frac{3^{*}k^{*}M}{N_A^{*}\rho^{*}4\pi}} = 2,86^{*}10^{-10} \quad \text{м} - \text{константа кристаллической решетки алюминия};$$

(74)

$$V_0 = \frac{k^{*}M}{N_A^{*}\rho} = 1,22^{*}10^{-29} \quad \text{м}^3 - \text{средний объем атома алюминия}; \quad (75)$$

где: $k = 0,74$ – коэффициент суммарного объема атомов алюминия в условном кристалле кубической формы и единичного объема;
 $M = 26,98$ – относительная атомная масса алюминия;
 $N_A = 6,02^{*}10^{26} \text{ кмоль}^{-1}$ – число Авогадро;
 $\rho = 2,7^{*}10^3 \text{ кг / м}^3$ – плотность алюминия в данном примере.

$$\Delta A = \sqrt{\frac{2kT}{Ed}} = 1,93^{*}10^{-11} \quad \text{м} - \text{амплитуда колебаний атомов в кристалле алюминия при } 0^\circ\text{C. Или амплитуда изменения радиуса электронных оболочек атомов (предположение автора – И. В.);} \quad (76)$$

где: $k = 1,38^{*}10^{-23} \text{ Дж / К}$ – постоянная Больцмана;
 $T = 273,15 \text{ К}$ (кельвин) – значение температуры по термодинамической шкале;
 $E = 7,1^{*}10^{10} \text{ Н / м}^2$ – модуль упругости алюминия.

В итоге сила F_M электромагнитного притяжения «куска» алюминия кубической формы и единичного объема, покоящегося на поверхности Земли в районе ее геомагнитного экватора, получается равной:

$$F_M = P_M \cdot \frac{\Delta B_z}{\Delta h} = 2,6^{*}10^{15} \cdot 1^{*}10^{-11} = 2,6^{*}10^4 \quad \text{Н.} \quad (77)$$

Итак, результаты вычислений в примерах с объектами, покоящимися на поверхности Земли, можно считать вполне весомым аргументом в пользу рассматриваемой гипотезы. Но поскольку гравитация имеет статус всемирного физического явления, доказательную часть обсуждаемого вопроса придется несколько расширить.

Примечание 7: величину электрического заряда (q) исследуемого объекта или его магнитного момента (P_M) можно быстро определить через его массу m , используя следующие коэффициенты (k_q и k_M):

■ $k_q = 8^{*}10^{-2} \text{ Кл / кг}$ – для вычисления заряда q объекта через его массу m (например: $q_{NaCl} = k_q \cdot m_{NaCl}$);

■ $k_M = 1 \cdot 10^{12} \text{ А} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}$ – для вычисления магнитного момента P_M объекта через его массу m (например: $P_{MNaCl} = k_M \cdot m_{NaCl}$).

Примечание 8: изложенные выше рассуждения и примеры, подкрепленные расчетами, позволяют также уяснить сущность такого свойства физического тела, как его масса (инертность). Можно полагать, что инертные качества физического объекта, находящегося в электромагнитном поле, характеризуются результирующим магнитным моментом его поверхностных атомов.



часть 3

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ ГИПОТЕЗЫ

3. 1. Орбитальное движение Земли вокруг Солнца

Тему гравитации с электромагнитных позиций можно развивать и дальше вплоть до масштабов звездных скоплений. В качестве примера обсудим в общих чертах орбитальное движение Земли в солнечной системе. Задача проста – показать, что сила гравитационного притяжения Земли к Солнцу может считаться силой их соответствующего электромагнитного взаимодействия.

Однако, при вычислениях здесь желательно брать в расчет и «привязанность» к Земле ее мощного естественного спутника – Луны, так как этот небесный объект, находящийся в земном энергетическом поле, и сам имеет внушительные физические параметры.

Магнитные поля всегда связаны с определенными телами, по которым текут электрические токи. Поскольку Солнце и Земля обладают собственными магнитными полями, будем считать их электрически заряженными телами.

Как известно, на заряд q (заряженную частицу), движущийся со скоростью V в магнитном поле с индукцией B , действует так называемая сила Лоренца $F_L = q V B \cdot \sin \alpha$, где: α – угол между направлениями векторов V и B (рис.24).

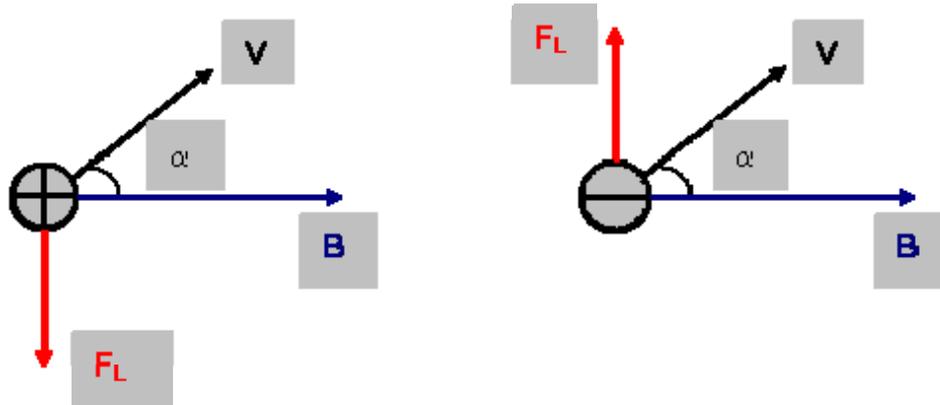


Рис.24

Направление силы F_L зависит от знака заряда и перпендикулярно плоскости, в которой лежат векторы V и B . Сила Лоренца работы не совершает и на скорость движения заряда не влияет. Она изменяет только направление вектора скорости, заставляя заряд описывать криволинейную траекторию.

Если магнитное поле однородное и постоянное, то радиус (R) кривизны траектории – величина постоянная. При $\alpha = 90^\circ$ заряд будет описывать окружность, плоскость которой перпендикулярна направлению поля. Если же составляющая скорости ($V \cos \alpha$) движения заряда вдоль направления поля отлична от нуля, то заряд станет описывать винтовую линию вокруг оси, ориентированной по направлению поля.

Приравняв силу Лоренца $F_L = q V B \sin \alpha$ центростремительной силе $F_C = m V^2 / R$, можно вычислить величину электрического заряда q , если известны остальные параметры этого равенства, то есть:

$$q = \frac{mV}{BR \sin \alpha}, \quad (78)$$

где: m – масса заряда (заряженного тела), кг.

А теперь «посмотрим» на один из звездных спиральных рукавов Галактики, где в плоскости ее диска по своей орбите движется Солнце, вокруг которого обращается Земля. В результате сложения поступательного и вращательного движений траектория перемещения Земли в пространстве относительно плоскости Галактики представляет собой винтовую линию (рис.25).

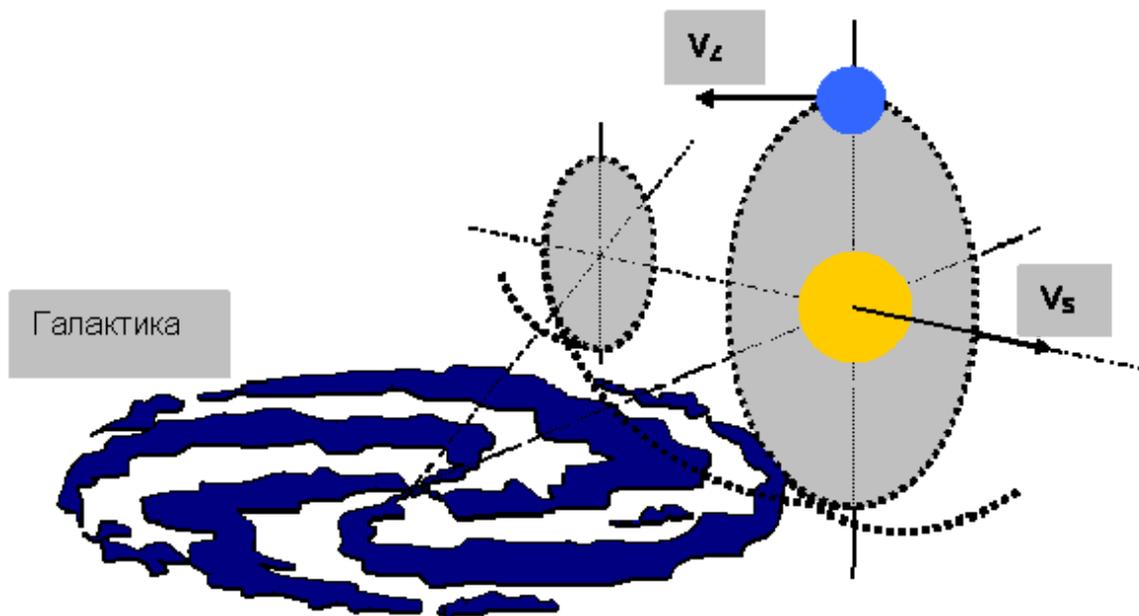


Рис.25 Винтовая траектория перемещения Земли в плоскости галактического диска:
 V_S – скорость обращения Солнца вокруг центра Галактики;
 V_Z – скорость орбитального движения Земли вокруг Солнца.

Это винтообразное движение Земли и создает, очевидно, между плоскостью земной орбиты (эклиптикой) и плоскостью солнечного экватора известный угол $\beta = 7,25^\circ$. А поскольку глобальное магнитное поле Солнца имеет вид диполя с магнитной осью, совпадающей в среднем с осью вращения светила [5], то на уровне земной орбиты между вектором V_Z скорости Земли и вектором \mathbf{B}_S индукции магнитного поля Солнца образуется угол $\alpha = 90^\circ + \beta = 97,25^\circ$ (рис.26).

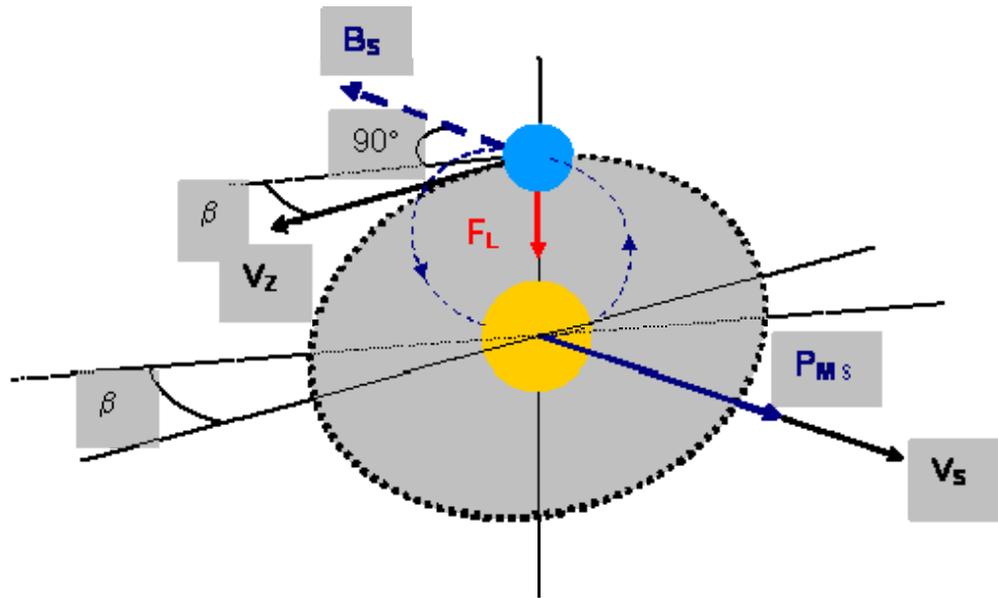


Рис.26

По аналогии с движением заряженной частицы в магнитном поле будем полагать, что условный электрический заряд (Q_Σ) системы «Земля-Луна» по абсолютной величине примерно равен:

$$Q_\Sigma = \left| \frac{M_\Sigma * V_Z}{B_S * R * \sin \alpha} \right| = \frac{6,05 * 10^{24} * 2,98 * 10^4}{6 * 10^{-9} * 1,5 * 10^{11} * \sin 97,25^\circ} = 2 * 10^{26} \quad \text{Кл, (79)}$$

где: $M_\Sigma = m_Z + m_L = 6,05 * 10^{24}$ кг [3] – суммарное значение масс Земли (Z) и Луны (L);
 $V_Z = 2,98 * 10^4$ м / с [3] – средняя скорость поступательного движения Земли по круговой орбите радиуса $R = 1,5 * 10^{11}$ м [3];
 $B_S = 6 * 10^{-9}$ Тл – среднее значение индукции магнитного поля Солнца на уровне земной орбиты [5];
 $\alpha = 97,25^\circ$.

Отсюда, сила электрического тока I_Σ , соответствующего движению заряда (Q_Σ) системы «Земля-Луна» вокруг Солнца, приблизительно равна:

$$I_\Sigma = \frac{Q_\Sigma}{T_Z} = \frac{2 * 10^{26}}{3,16 * 10^7} = 6,3 * 10^{18} \quad \text{А, (80)}$$

где: $T_Z = 3,16 * 10^7$ с [3] – время одного оборота Земли вокруг Солнца (продолжительность тропического года).

Тогда, если площадь земной орбиты $S = \pi R^2 = \pi (1,5 * 10^{11})^2 = 7,1 * 10^{22}$ м², то орбитальный магнитный момент (P_M) системы «Земля-Луна» получается равным:

$$P_M = I_\Sigma * S = 6,3 * 10^{18} * 7,1 * 10^{22} = 4,5 * 10^{41} \text{ А * м}^2. \quad (81)$$

B_1 и B_2 – значения индукции магнитного поля Солнца в указанных выше точках, соответственно;

$$\begin{aligned} \gamma &= 6,672 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2 \text{ – гравитационная постоянная;} \\ M_S &= 1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг – масса Солнца [3];} \\ R &= 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м – средний радиус земной орбиты [3];} \\ r_L &= 3,8 \cdot 10^8 \text{ м – средний радиус лунной орбиты [3].} \end{aligned}$$

Положив $B_1 = 6 \cdot 10^{-9}$ Тл, при $k_M = k_G = 1 \cdot 10^{-2}$ получаем величину ΔB_S :

$$\Delta B_S = B_1 - B_2 = k_M \cdot B_1 = 1 \cdot 10^{-2} \cdot 6 \cdot 10^{-9} = 6 \cdot 10^{-11} \text{ Тл.} \quad (86)$$

Так как $\Delta R = 2 r_L = 2 \cdot 3,8 \cdot 10^8 = 7,6 \cdot 10^8$ м, то средняя скорость изменения индукции магнитного поля Солнца ($\Delta B_S / \Delta R$) на участке пространства между точками B_1 и B_2 лунной орбиты примерно равна:

$$\frac{\Delta B_S}{\Delta R} = \frac{6 \cdot 10^{-11}}{7,6 \cdot 10^8} = 7,9 \cdot 10^{-20} \text{ Тл / м.} \quad (87)$$

В результате сила F_M электромагнитного притяжения системы «Земля-Луна» к Солнцу получается равной:

$$F_M = P_M \cdot \frac{\Delta B_S}{\Delta R} = 4,5 \cdot 10^{41} \cdot 7,9 \cdot 10^{-20} = 3,6 \cdot 10^{22} \text{ Н.} \quad (88)$$

Проверим, насколько вычисленная сила (F_M) отличается от гравитационной силы F_G притяжения Земли (с Луной) к Солнцу:

$$F_G = \gamma \frac{M_Z \cdot M_S}{R^2} = \frac{6,672 \cdot 10^{-11} \cdot 6,05 \cdot 10^{24} \cdot 1,989 \cdot 10^{30}}{(1,5 \cdot 10^{11})^2} = 3,6 \cdot 10^{22} \text{ Н.} \quad (89)$$

где: $M_\Sigma = m_Z + m_L = 6,05 \cdot 10^{24}$ кг [3] – суммарное значение масс Земли (Z) и Луны (L);
 $M_S = 1,989 \cdot 10^{30}$ кг – масса Солнца [3];
 $\gamma = 6,672 \cdot 10^{-11}$ Н * м² / кг² – гравитационная постоянная [6];
 $R = 1,5 \cdot 10^{11}$ м – средний радиус земной орбиты [3];

Итак, наша гипотеза неплохо зарекомендовала себя и в космосе. Для ее дальнейшей проверки рассмотрим пример другого плана. Попробуем, например, прикинуть временной интервал, в течение которого в космическом пространстве могла возникнуть и сформироваться Земля с зарождением и развитием на ней живых организмов.

3. 2. Возраст Земли

Как мы помним из примера (см. раздел 2.1., формула 51), общий магнитный момент монолитного кубометра каменной соли равен $P_M = 2 \cdot 10^{15}$ А * м². Представим себе, что этот

магнитный момент создается всего лишь одной условной рамкой (электрическим контуром) с площадью $S = 1 \text{ м}^2$ (рис. 28).

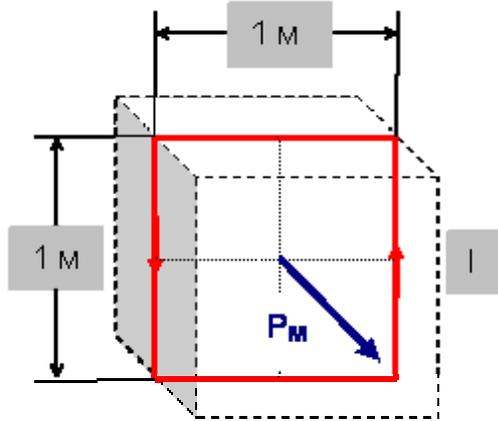


Рис.28

Тогда сила тока (I) в данном электрическом контуре должна быть равной:

$$I = \frac{P_M}{S} = \frac{2 \cdot 10^{15}}{1} = 2 \cdot 10^{15} \text{ А.} \quad (90)$$

Поскольку поверхностная плотность электронного заряда кристалла NaCl примерно равна $\sigma = 29 \text{ Кл / м}^2$ (см. пример 1, формула 17), то период колебаний (T) электрического тока в этом условном контуре составит около:

$$T = \frac{\sigma}{I} = \frac{29}{2 \cdot 10^{15}} = 1 \cdot 10^{-14} \text{ с.} \quad (91)$$

То есть, величина тока в контуре возрастает от нуля до максимума за время $t = T / 2$ секунд.

А теперь подобную аналогию подведем к системе «Земля-Луна». Посмотрим, за какое время «почти из ничего» мог сформироваться в космическом пространстве ее сегодняшний энергетический потенциал в виде электрического заряда $Q_{\Sigma} = 2 \cdot 10^{26} \text{ Кл}$ (см. формулу 79).

В этой задаче особая точность не обязательна. И поскольку магнитное поле Луны в 600 – 700 раз слабее земного, будем считать, что основной вклад в образование электрического заряда системы внесен токами Земли. Для определения величины этих токов, текущих в недрах нашей планеты и ее ионосфере, сведем их к одному условному электрическому контуру с радиусом, равным среднему радиусу Земли $R_Z = 6 \cdot 10^6 \text{ м}$.

В теории электромагнетизма напряженность магнитного поля H_P в точке P , лежащей на оси кругового тока I с радиусом r на некотором расстоянии d от центра (рис.29), выражается формулой:

$$H_p = \frac{I * r^2}{2(r^2 + d^2)^{3/2}} \quad (92)$$

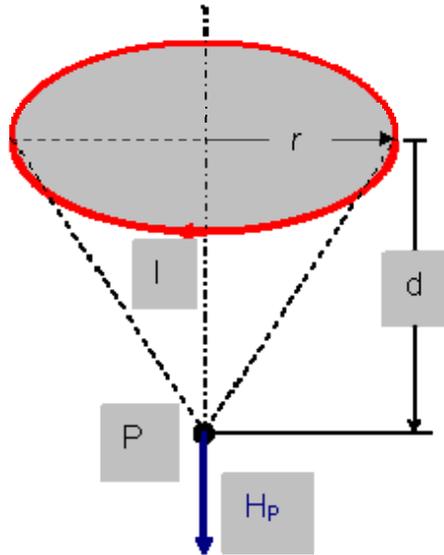


Рис.29

Отсюда, сила кругового тока I равна:

$$I = \frac{2H_p(r^2 + d^2)^{3/2}}{r^2} \quad (93)$$

Применительно к Земле и ее условному электрическому контуру расчет силы тока (I_z) в нем будет выглядеть следующим образом (рис.30).

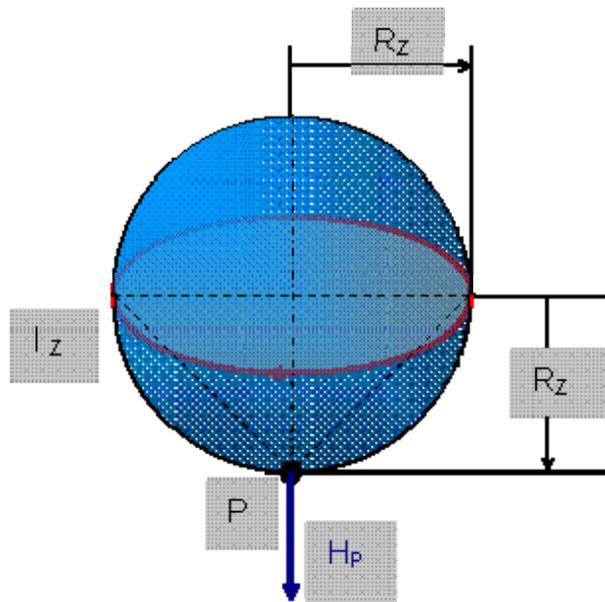


Рис.30

За точку P примем северный магнитный полюс планеты, где напряженность магнитного поля H_p примерно равна:

$$H_p = \frac{B_p}{\mu_0 \mu} = \frac{6,8 \cdot 10^{-5}}{1,257 \cdot 10^{-6} \cdot 1} = 54 \text{ А / м.} \quad (94)$$

где: $B_p = 6,8 \cdot 10^{-5}$ Тл [5] – индукция магнитного поля на поверхности Земли в районе ее северного магнитного полюса (в Антарктиде);

$\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}$ Гн / м (генри / метр) – магнитная постоянная [6];

$\mu = 1$ – магнитная проницаемость среды, окружающей контур с током (для воздуха $\mu \approx 1$).

Тогда сила тока I_z условного электрического контура Земли получается равной:

$$I_z = \frac{2H_p (2R_z^2)^{3/2}}{R_z^2} = \frac{2 \cdot 54 [2(6,4 \cdot 10^6)^2]^{3/2}}{(6,4 \cdot 10^6)^2} = 2 \cdot 10^9 \text{ А,} \quad (95)$$

где: $R_z = 6,4 \cdot 10^6$ м – средний радиус Земли.

Теперь можно определить ориентировочный промежуток времени, в течение которого из космической пыли оформилась Земля и заработала ее «динамо-машина», дающая электрический ток с определенным диапазоном живительного электромагнитного излучения для всего сущего на нашей красавице-планете:

$$t_z = \frac{T}{2} = \frac{Q_z}{2 \cdot I_z} = \frac{2 \cdot 10^{26}}{2 \cdot 2 \cdot 10^9} = 5 \cdot 10^{16} \text{ с,} \quad (96)$$

что составляет приблизительно 1,7 млрд. лет.

По мнению ученых первые формы жизни на Земле возникли немногим более **3,2** млрд. лет тому назад. В таком случае, общий возраст t_{Σ} Земли составляет около:

$$t_{\Sigma} = 1,7 + 3,2 = 4,9 \approx 5 \text{ млрд. лет} \quad (97)$$

Современной наукой общий возраст Земли оценивается в 4,5 – 7 млрд. лет. Как видим, результат и этого примера демонстрирует вполне добротное качество нашей гипотезы. В универсальности данной гипотезы можно убедиться также, рассмотрев некоторые ее возможности в вопросах прикладного характера.

Примечание 9: кстати, – об «определенном диапазоне живительного электромагнитного излучения для всего сущего...». В настоящее время, если верить средствам массовой информации, готовится международная космическая экспедиция людей на Марс. Однако следует усомниться в ее благополучном завершении, если межпланетный корабль не будет оборудован особенной системой жизнеобеспечения экипажа. Речь идет о системе, которая должна располагать кроме всего прочего специальным источником электромагнитного излучения, потребного человеческому организму на уровне клеток, молекул ДНК и т. д. И думается, что было бы неплохо сначала провести сравнительные испытания жизнеспособности хотя бы крыс при наличии такого оборудования и без него за пределами лунной орбиты. Но мы несколько отвлеклись от темы.

3. 3. Электропроводность металлов

Рассмотрим теперь такое свойство металлов, как их [электропроводность](#), на основе расчетных данных, имеющих в вышеизложенном материале.

Классическая электронная теория проводимости металлов объясняет различные свойства вещества наличием в нем свободных электронов (электронного газа), перемещающихся в пределах объема проводника. Однако в некоторых вопросах эта теория приводит к выводам, находящимся в противоречии с опытом. Примером тому является сверхпроводимость. И в подобных случаях прибегают к помощи, например, квантовой теории металлов.

Попробуем взглянуть на механизм электропроводности металлов (на примере с алюминием) несколько по-иному. Но предварительно вспомним о «скин-эффекте», а также определим удельную проводимость алюминия (λ_0) при температуре 0°C по данным из справочника.

Известно, что при очень больших частотах переменный ток практически существует только в тонком поверхностном слое проводника. Это явление и получило название поверхностного или скин-эффекта. Распределение плотности тока по сечению проводника, если он имеет форму пластины, зависит от величины a , которая называется глубиной проникновения тока:

$$a = \sqrt{\frac{2}{\omega \mu_0 \mu \lambda}}, \quad (98)$$

где: $\omega = 2 \pi f$ – круговая частота переменного тока, рад / с (радиан / секунда);
 μ_0 – магнитная постоянная, Н / А²;
 μ – магнитная проницаемость вещества проводника;
 λ – удельная электрическая проводимость См / м (сименс / метр).

Этой же формулой (98) определяется и глубина проникновения в пластину электромагнитной волны, пульсирующей параллельно плоскости пластины. Вследствие скин-эффекта уменьшается действующее сечение проводника и увеличивается его сопротивление.

Будем полагать, что удельное сопротивление вещества есть сопротивление куба с ребром 1 м из данного вещества, выраженное в омах, при токе, параллельном одному из ребер куба. Оно зависит от внутренней структуры проводника и от его состояния, в частности от температуры.

Если: ρ_0 – искомое удельное сопротивление алюминия при 0°C, Ом * м;
 $\rho_{20} = 2,7 \cdot 10^{-8}$ Ом * м – удельное сопротивление алюминия при 20°C [6];
 $\alpha_{20} = 4,3 \cdot 10^{-3}$ К⁻¹ – температурный коэффициент [6];
 $t = 0^\circ\text{C}$ – температура,

то удельное сопротивление алюминия при температуре 0°C должно быть равным:

$$\rho_0 = \rho_{20} [1 + \alpha_{20} (t - 20^\circ\text{C})] = 2,5 \cdot 10^{-8} \text{ Ом * м.} \quad (99)$$

Отсюда, удельная электрическая проводимость (электропроводность) алюминия при температуре 0°C примерно равна:

$$\lambda_0 = \frac{1}{\rho_0} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-8}} = 4 \cdot 10^7 \quad 1 / \text{Ом * м (или См / м, или А / В * м)}. \quad (100)$$

А теперь рассмотрим свой вариант объяснения механизма электрической проводимости металлов. Для этого представим себе условный алюминиевый монокристалл кубической формы единичного объема (1 м³), находящийся под воздействием электромагнитной волны, пульсирующей параллельно одной из его граней (как бы у поверхности токопроводящей пластины с поперечным сечением S) с частотой колебаний f' (рис.31).

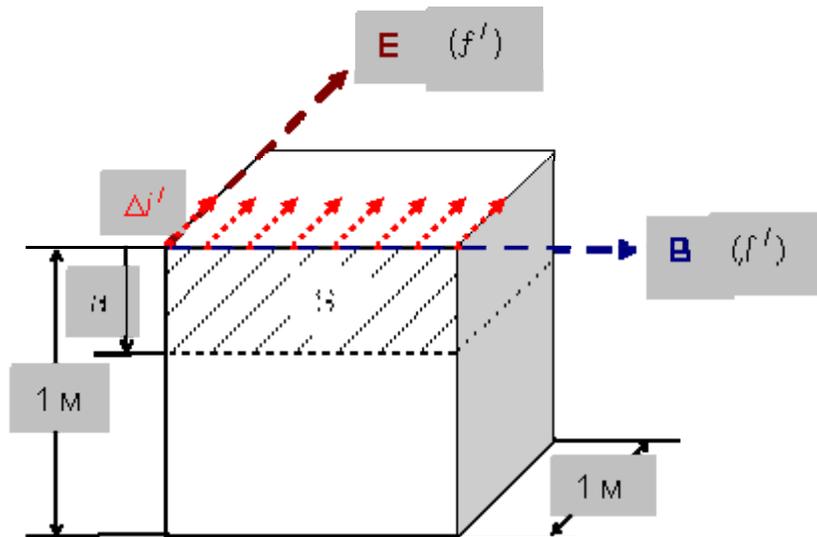


Рис.31

Будем считать, что частота волны f' равна частоте токов $\Delta i'$ поверхностных атомов алюминиевого кристалла (рис.32):

$$\Delta i' = (i_r - i_R) \cos \alpha = \Delta i \cos \alpha = 3,5 \cdot 10^{-4} \cos 45^\circ = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ А} \quad (101), \text{ где:}$$

$$\Delta i = \left\{ \frac{3\mu_B g \sqrt{J(J+1)}}{\pi[d - (d \cos \alpha - \Delta A)]^2} - \frac{3\mu_B g \sqrt{J(J+1)}}{\pi[d \cos \alpha - \Delta A]^2} \right\} = 3,5 \cdot 10^{-4} \text{ А.} \quad (102)$$

[выражение (102) выделено из формулы (73)]

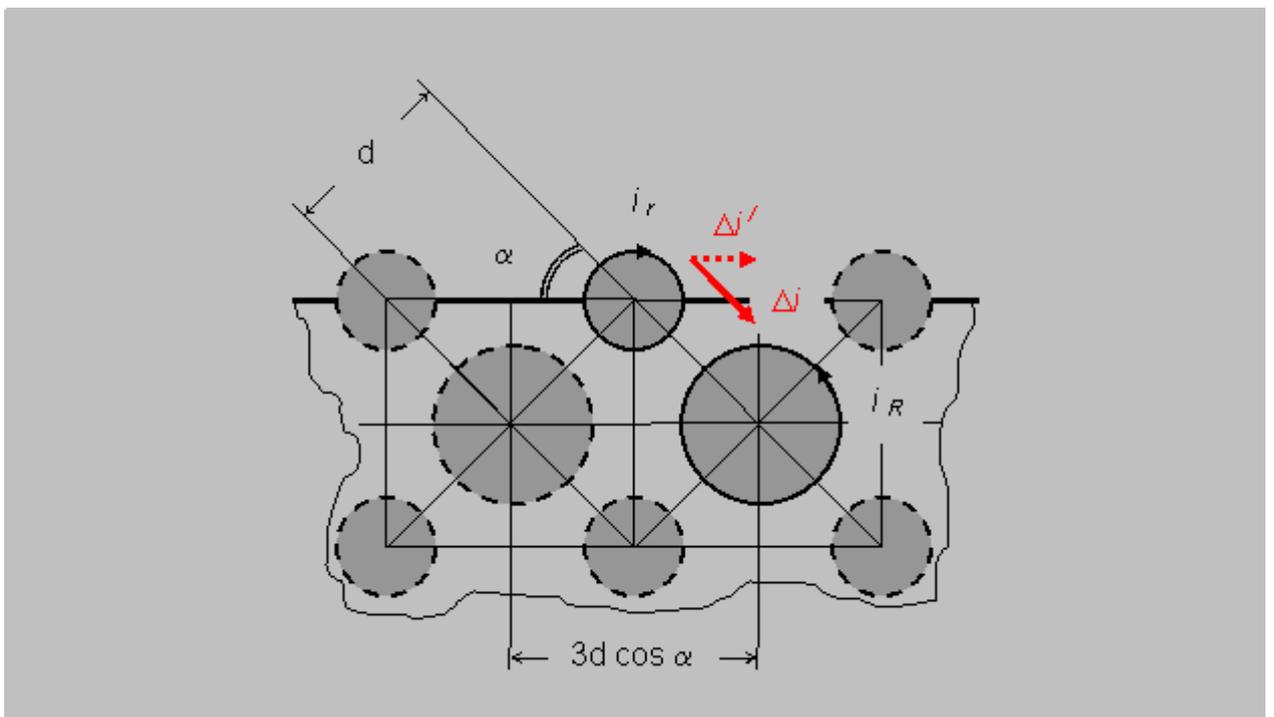


Рис.32

Суммарный заряд q_{Σ} электронных оболочек двух ($N = 2$) взаимодействующих атомов алюминия (рис.32) в их трехвалентном состоянии примерно равен:

$$q_{\Sigma} = e (n + 1,5) N = -1,6 \cdot 10^{-19} (13 + 1,5) \cdot 2 = -4,6 \cdot 10^{-18} \text{ Кл.} \quad (103)$$

Тогда частота колебаний электромагнитной волны f' на поверхности алюминиевого кристалла по абсолютной величине должна быть равной:

$$f' = \frac{|\Delta i'|}{|q_{\Sigma}|} = \frac{2,5 \cdot 10^{-4}}{4,6 \cdot 10^{-18}} = 5,4 \cdot 10^{13} \text{ Гц.} \quad (104)$$

Круговая частота этих колебаний ω' соответствует значению:

$$\omega' = 2 \pi f' = 2\pi \cdot 5,4 \cdot 10^{13} = 3,4 \cdot 10^{14} \text{ рад/с.} \quad (105)$$

Электромагнитное поле с такой частотной характеристикой, очевидно, может проникнуть в алюминиевый кристалл (с индуцированием в нем токов) на глубину a :

$$a = \sqrt{\frac{2}{\omega' \mu_0 \mu \lambda_0}} = \sqrt{\frac{2}{3,4 \cdot 10^{14} \cdot 1,257 \cdot 10^{-6} \cdot 1,000021 \cdot 4 \cdot 10^7}} = 1,1 \cdot 10^{-8} \text{ м} \quad (106)$$

и способно задействовать в качестве токопроводящих частиц n пар атомов алюминия по линии ребра куба (расстояние между парами атомов в глубину равно $1,5 d \cos \alpha$):

$$n = \frac{a}{1,5 d \cos \alpha} = \frac{1,1 \cdot 10^{-8}}{1,5 \cdot 2,86 \cdot 10^{-10} \cdot \cos 45^\circ} = 36 \text{ пар атомов.} \quad (107)$$

В таком случае суммарная величина элементарных токов Δi , проходящих в единицу времени через площадку S алюминиевого куба (см. рис.32) при температуре 0°C , примерно равна (I_0):

$$I_0 = \Delta i \cdot n \cdot \frac{1}{1,5 d \cos \alpha} = \frac{3,5 \cdot 10^{-4} \cdot 36}{1,5 \cdot 2,86 \cdot 10^{-10} \cdot \cos 45^\circ} = 4,2 \cdot 10^7 \text{ А.} \quad (108)$$

Полученное значение $I_0 = 4,2 \cdot 10^7 \text{ А}$ является фактическим показателем удельной электропроводности монокристалла алюминия при данной температуре (сравним с $\lambda_0 = 4,0 \cdot 10^7 \text{ А} / \text{В} \cdot \text{м}$). Следует сказать, что для упрощения вычислений плотность тока по сечению S алюминиевого проводника предполагалась постоянной.

Данный подход к рассмотрению электропроводящих качеств алюминия вполне применим по аналогии к исследованиям и другим веществ, а также их некоторых свойств (в частности такого явления, как сверхпроводимость).



заключение

Итак, даже на основании этого краткого материала, изложенного с учетом возможностей веб-страницы, становится очевидным, что граница, разделяющая понятия о природе гравитации и электромагнетизма, является искусственной. И думается, что ее устранение могло бы помочь в решении некоторых проблем физики. Например, в создании так называемой Стандартной модели, в универсальную формулу которой гравитационное взаимодействие «не желает» пока вписываться и объединяться с остальными (электрослабым и сильным).

Интересны также перспективы, которые открываются в области практических разработок, в частности – транспортных средств с двигательными установками на электромагнитной тяге (*нечто подобное пресловутой «летающей или ныряющей тарелке»*).

+ Всех читателей статьи благодарю за внимание. Жду о ней отзывы и замечания.

+ Специалистам буду признателен за краткую рецензию по принципиальному обоснованию гипотезы и выявленные в материале досадные «ляпы».

С уважением, Валерий Иванов

ivanovv2@ellink.ru

Автор статьи



Иванов Валерий Николаевич

Электронный адрес (e-mail): ivanovv2@ellink.ru
Телефон (моб.): 8 911 366 15 91

Литература

- [1] *Большая советская энциклопедия* (электронная версия). Москва, Научное изд-во «Большая Российская энциклопедия», «Гласнет», 2002.
- [2] К.А. Куликов, Н.С. Сидоренков. *Планета Земля*. Москва, «Наука», 1972.
- [3] *Астрономический календарь* (постоянная часть, изд-е 7). Москва, «Наука», 1981.
- [4] А.Г. Кульман. *Общая химия*. Москва, «Колос», 1979.
- [5] Н.Г. Бочкарев. *Магнитные поля в космосе*. Москва, «Наука», 1985.
- [6] Х. Кухлинг. *Справочник по физике* (перевод с немецкого). Москва, «Мир», 1985.
(PHYSIK. Von Fachschuldozent Horst Kuchling. 15. Auflage. VEB FACHBUCHVERLAG LEIPZIG, 1980).

Термины

Предисловие:

Гравитация – (от лат. gravitas – тяжесть) то же, что тяготение.

Гипотеза – (греч. hypothesis – основание, предположение, от $\mu\upsilon\rho\acute{o}$ – под, внизу и $\theta\acute{\epsilon}s\acute{\iota}s$ – положение) то, что лежит в основе, – причина или сущность. По выражению И. Канта, гипотеза – это не мечта, а мнение о действительном положении вещей, выработанное под строгим надзором разума. Являясь одним из способов объяснения фактов и наблюдений – опытных данных, гипотезы чаще всего создаются по правилу: «то, что мы хотим объяснить, аналогично тому, что мы уже знаем».

Постулат – (от лат. postulatum – требование) предложение (условие, допущение), в силу каких-либо соображений «принимается» без доказательства, но, как правило, с обоснованием, причём именно это обоснование и служит обычно доводом в пользу «принятия» постулата.

СИ – (Système International d'Unités) система единиц физических величин, принятая 11-й Генеральной конференцией по мерам и весам (1960). Сокращённое обозначение системы – SI (в русской транскрипции – СИ).

✚ Гравитация «электростатическая»:

Уровенная поверхность – это воображаемая поверхность среднего уровня океана, как бы покрывающая всю нашу планету.

Конфигурация – (от позднелат. *configuratio* – придание формы, расположение), внешний вид, очертание, образ; взаимное расположение предметов; соотношение составных частей сложных предметов.

Спин – (от англ. *spin* – вращаться, вертеться.), собственный момент количества движения элементарных частиц, имеющий квантовую природу и не связанный с перемещением частицы как целого. При введении понятия «спин» предполагалось, что электрон можно рассматривать как «вращающийся волчок», а его спин – как характеристику такого вращения, – отсюда название «спин».

Валентность – (от лат. *valentia* – сила), способность атома к образованию химических связей.

Аддитивность – (от лат. *additivus* – прибавляемый), свойство величин, состоящее в том, что значение величины, соответствующее целому объекту, равно сумме значений величин, соответствующих его частям при любом разбиении объекта на части.

✚ Гравитация «электромагнитная»:

Диполь – (от *di* и греч. *pólos* – полюс) электрический, совокупность двух равных по абсолютной величине разноимённых точечных зарядов, находящихся на некотором расстоянии друг от друга. Исследование взаимодействий полюсов постоянных магнитов (Ш. Кулон, 1785) привело к представлению о существовании магнитных зарядов, аналогичных электрическим. Пара таких магнитных зарядов, равных по величине и противоположных по знаку, рассматривалась как **магнитный диполь** (обладающий магнитным дипольным моментом). Позднее было установлено, что магнитных зарядов не существует и что магнитные поля создаются движущимися электрическими зарядами, т. е. электрическими токами.

Прецессия – (позднелат. *praecessio* – движение впереди, от лат. *praecedo* – иду впереди, предшествую).

Магнетон Бора – единица измерения *магнитного момента*, принятая в атомной и ядерной физике. Магнитный момент атомных систем в основном обусловлен движением электронов и их *спином*. Измеряется в *магнетонах Бора*.

Кристаллография – (от *кристаллы* и *...графия*), наука о кристаллах и кристаллическом состоянии вещества. Изучает симметрию, строение, образование и свойства кристаллов.

✚ Универсальность гипотезы:

Электропроводность (электрическая проводимость, проводимость) – способность тела пропускать *электрический ток* под воздействием электрического поля, а также физическая величина, количественно характеризующая эту способность.