

## МАГНИТНЫЙ МОНОПОЛЬ: МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Моим детям и моим внукам,  
по их просьбе...

В.Ф. Михайлов

Сказка о магнитном монополе, о параллельной Вселенной и о потустороннем  
Мире.

...Впервые моё внимание монополь привлёк после публикации Прайса. В 1975 году Прайс сообщил, что, исследуя стопку ядерных эмульсий, экспонированную в стратосфере на баллоне, он обнаружил трек, который могла оставить энергичная частица, обладающая свойствами монополя Дирака. Естественно, что в прессе немедленно возник торнадо, в результате которого быстро нашлось альтернативное объяснение и от заявления Прайса не осталось камня на камне, но, тем не менее, эта его работа активизировала как теоретические, так и экспериментальные исследования проблемы.

В чем же проблема, что такое магнитный монополь?

Дело в том, что физиков давно уже тревожило нарушение симметрии в природе. Давно уже были известны электрическое и магнитное поля, которые проявляли себя как поля, демонстрирующие некую силу – притягивающую или отталкивающую материальные предметы. Было известно, что источниками электрического поля являются электрические заряды. Физики научились получать эти заряды экспериментально, заряжать нейтральные тела и отделять друг от друга электрические заряды противоположных знаков. Таким образом, были изучены электрические диполи (объекты, имеющие два полюса, образованные отрицательными и положительными зарядами, равными по величине и разделенными пространственно) и электрические монополи – частицы, имеющие только отрицательный (электрон) или только положительный (протон) заряд. Было установлено, что электрические заряды взаимодействуют между собой с силой, изменяющейся с расстоянием по закону обратных квадратов, подобно силе гравитации, причем, в отличие от гравитации это могло быть как притяжение, так и отталкивание.

Была обнаружена и изучена связь между электричеством и магнетизмом, открыты законы электромагнитной индукции, построены теории электродинамики (Вебер, Максвелл, Лоренц), успешно осуществлялось использование полученных знаний в практической деятельности людей. Однако, отсутствие магнитного аналога электрического заряда (магнитного монополя) вызывало у некоторых физиков определенный дискомфорт, чувство некой незавершенности. У некоторых, далеко не у всех.

Основная масса исследователей была вполне удовлетворена гипотезой Ампера: в отличие от электрических полей в природе не существует потенциальных магнитных полей, т.е. таких полей, которые имели бы начало и конец. Существуют только вихревые магнитные поля, что, кстати, подтверждалось и опытом, и они порождаются замкнутыми молекулярными токами, которые возникают в результате вращения электронов вокруг положительно заряженного центра масс молекул. Такая картина легко моделировалась на макро уровне и была весьма убедительна. Более того, на основе теоремы Ампера были построены многие теории, которые дали прекрасные результаты, например, теория ферромагнетизма.

Таким образом, Ампер нанес болезненный удар по идее существования магнитного монополя. Электродинамика прекрасно обходилась без него (правда, справедливости ради, заметим, что в некоторых практических расчетах, в электро - и радиотехнике, понятием монополя широко пользуются. При этом, расчеты существенно упрощаются, однако, монополь считается понятием фиктивным).

Такая ситуация существовала до 1931-го года, пока к проблеме не подключился Поль Дирак. В этом году вышла его статья «Квантовые сингулярности в электромагнитном поле», в которой он показал, что если монополь существует в природе, то величина его магнитного заряда должна быть в  $137/2$  раза больше, чем величина электрического заряда электрона. Это - очень большая величина для субатомного мира, однако некоторый скепсис к такому выводу Дирака был подавлен его авторитетом, признанным после его сенсационных работ, таких, например, как предсказание позитрона (экспериментально позитрон был обнаружен Андерсом в 1932 году). С этих пор интерес к магнитному монополю резко возрос: казалось, что обнаружить частицу с таким большим зарядом – проще простого. Однако, эксперименты положительных результатов не дали. Поиски в земной коре, в метеоритах, в космических лучах и с использованием всего арсенала ускорителей ни к чему не привели.

Мои эксперименты, с предварительным ускорением в поле соленоида и регистрацией газовой сцинтилляционной камерой, на которые я потратил около трех лет, тоже результатов не дали. Установка была нацелена как на регистрацию космических монополей, так и на исследование возможных актов при разрушении урановых минералов. Монополь Дирака не давался. Или монополь не существовал в природе вообще, или теоретические оценки Дирака не соответствовали действительности. Тут уместно заметить, что еще до выхода из печати основополагающей статьи Дирака, И.Е. Тамм исследовал возможность образования между монополем и электроном устойчивых связей (связанных состояний) и пришел к выводу, что в природе такие состояния невозможны, а значит и не существуют. А это значит, что расчеты Дирака не имеют отношения к физике, а являются всего лишь математическим казусом. Может быть, именно оценка величины магнитного заряда, полученная Дираком, и направила поиск его по неверному пути.

Возможно, на этом бы моя эпопея и закончилась бы, если бы мне на глаза не попала книга Болотовского и Усачёва «Монополь Дирака», из которой я впервые узнал о работах австрийского физика Феликса Эренхафта. За год до первой публикации Дирака, в 1930 году, Эренхафт сообщил, что в облаке ферромагнитных аэрозолей он наблюдал микрочастицы, которые в однородном магнитном поле, при интенсивном освещении, ведут себя подобно магнитным монополям с положительным и отрицательным магнитными зарядами: частицы движутся вдоль силовых линий (по или против, в зависимости от знака заряда) и при инверсии поля меняют направление движения на обратное. Однако величина наблюдаемого заряда оказалась на пять порядков меньше той, что предсказывал Дирак. Методика наблюдения и экспериментальная установка была аналогична установке Милликена, на которой он производил измерения заряда электронов. Можно сказать, что это была магнитная версия установки Милликена: облако аэрозолей, полученных распылением в электрической дуге железных электродов в воздухе (в первых работах Эренхафт попросту пережигал тонкую стальную проволоку) наблюдалось при помощи микроскопа в сфокусированном луче света от дуговой лампы, перпендикулярного оси микроскопа, не в электрическом, а в магнитном поле. В этом случае, при размере частиц в одну миллионную сантиметра, наблюдается не сама частица, а дифракционная картина, возникающая при рассеянии света на ней (т. н. метод ультрамикроскопии). Частицы при этом, выглядят как яркие точки на совершенно чёрном фоне. Естественно, чтобы такую картину получить нужно хорошо постараться.

Эти опыты с неизменным успехом Эренхафт с сотрудниками проводил до конца своей жизни (1952 г). О них знали его современники (Эйнштейн, Дирак, Форд, Уиллер и др.), но никто их не повторял: считалось, что они противоречили теории и делались многочисленные попытки объяснить наблюдаемую картину привлечением радиометрических сил, то есть сил, возникающих за счёт разогревания частицы световым лучом (магнетофотофорез: магнитное поле, взаимодействуя с магнитным моментом частицы, меняет лишь его ориентацию в пространстве, а энергию движения частица черпает из светового луча. При неоднородной поверхности, из-за неравенства температур в различных её точках, на частице может образоваться некое подобие «реактивного двигателя»). Возникла ситуация схожая с ситуацией, с которой столкнулся Лебедев при проведении опытов со световым давлением. Однако Лебедеву, в отличие от Эренхафта, теория помогла: световое давление следовало из электродинамики Максвелла.

Полная библиография работ Ф.Эренхафта дана в обзоре “V.F.Mikhailov, J.Rujicka, Magnetic charge in the experiments by F.Ehrenhaft and their modern development” (Acta physica univ. comen. – XXIX, 1989, Bratislava.).

Мне захотелось повторить опыт Эренхафта и убедиться, что эффект действительно существует. Была изготовлена простенькая установка.

Источником аэрозолей служил электромагнитный искровой прерыватель с железными контактами, а источником света – гелий–неоновый лазер мощностью около 0,1 ватта. Однородное магнитное поле возбуждалось двумя катушками Гельмгольца (около десяти гаусс). Наблюдение велось визуально при помощи микроскопа с увеличением около 20х. Естественно, что спектакль разыгрывался в замкнутом объёме латунной камеры: злейшим врагом эксперимента является конвекция, возникающая в камере при малейшем температурном градиенте, делающая наблюдение эффекта невозможным.

После нескольких дней наладки и доводки установки, я увидел то, о чем сообщал Эренхафт: среди множества частиц, медленно падающих в поле зрения микроскопа, наблюдались частицы, которые не просто падали, но и отклонялись от линии свободного падения при включении магнитного поля. Более того, при перемене направления поля на противоположное эти частицы отклонялись от линии падения в обратную сторону.

Эффект Эренхафта существовал!

Эренхафту не удалось доказать, что эффект обусловлен магнитными зарядами.

Форд и Уиллер посетили лабораторию Эренхафта и воочию наблюдали эффект. Но они встали на альтернативную интерпретацию: радиометрические силы, вращение частицы вокруг оси симметрии, «пропеллирование» и прочие искусственные построения. Бездоказательно, но возможность альтернативы появляется.

Эйнштейн эффекта не видел, но сказал, что это очень интересно; это говорят обычно, чтобы что-нибудь сказать (кстати, Эренхафт в 1916 году выдвигал Эйнштейна на Нобелевскую премию за его теорию броуновского движения, а также за специальную и общую теорию относительности), Они были лично знакомы.

Дирак сказал, что это противоречит его теории, поэтому не может быть связано с магнитным монополем.

После этого, волна, поднятая Эренхафтом, постепенно улеглась. В 1980 году, когда я вплотную приступил к изучению эффекта, я был, кажется, единственным человеком в мире, который продолжал исследование данной проблемы.

При изучении экспериментов Эренхафта первое, что вызывает некое неудовлетворение, - это неуверенность в правомерности использования закона Стокса: можно ли рассматривать падение частиц в газе как движение сферических объектов в вязкой среде? Более того, если даже это – шарообразные тела (лишь в этом случае использование закона Стокса правомерно) какова их масса? Для её определения нужно знать размер и плотность, что совсем не тривиально для частиц такой величины. Всё это порождает лишние споры и создает дополнительные трудности, которые мы постарались в своих экспериментах исключить.

Дело в том, что в аэрозольном облаке всегда есть частицы, несущие на себе электрический заряд, что было известно в результате работ Вильсона, Эренхафта и Милликена ещё в начале прошлого столетия. Если в облаке ферромагнитных аэрозолей существуют частицы, имеющие оба – электрический и магнитный заряды – проблема решается легко. Дело в том, что безразлично, под действием какого поля (электрического или магнитного) совершается движение микрочастицы: сила, действующая на частицу, и в том и в другом случае равна произведению заряда на напряженность соответствующего поля. Сравнивая эти силы, можно исключить силу трения, а, следовательно, и обойтись без необходимости определения параметров, входящих в закон Стокса. Процедура определения магнитного заряда в этом случае полностью обеспечивается измерением напряженности полей, и скорости частицы вдоль этих полей, что не представляет никаких трудностей.

Для проведения этого эксперимента была изготовлена установка, в которой электрическое поле было направлено вертикально, а магнитное – горизонтально. Кроме того, поля периодически переключались, причем частота инверсии магнитного поля была в два раза больше, чем электрического. Такой режим работы позволял получить своеобразную картину при фотографировании с большой экспозицией: на фото след частицы, имеющей оба – электрический и магнитный – заряда имел вид «птичек» вложенных одна в другую, числом равным числу периодов, укладывающихся во время экспозиции. Эта методика оказалась очень информативной: она позволяла определять не только величину, но и знак магнитного заряда частицы.

Таким образом, было исследовано несколько тысяч треков.

В результате серии проведенных опытов нам удалось определить величину магнитного заряда. Она оказалась того же порядка, что и у Эренхафта.

Здесь уместно остановиться на вкладе, сделанном моей незаменимой помощницей – вашей мамой, Михайловой Людмилой Ильиничной. Именно она обработала – промерила с помощью микроскопа и обчислила – десяток тысяч фотографий, что позволило получить хорошую статистику и иметь надежные результаты. Именно, благодаря этой титанической работе мы увидели, что величину магнитного заряда можно выразить в общем виде простой эмпирической формулой (1) через постоянную тонкой структуры,  $\alpha = 1/137$ . Формула эта похожа на формулу Дирака, полученную теоретически (2), но в нашей формуле  $\alpha$  стоит в числителе, а у Дирака – в знаменателе, что коренным образом меняет результат – величину элементарного магнитного заряда,  $g$ :

$$G = ng = n\alpha e / 6 \quad (1), \quad G_D = ng_D = ne / 2\alpha \quad (2).$$

Здесь:  $e$  – заряд электрона, а  $n$  – целое число. Т.о.,  $g/g_D \approx \alpha^2 = 5,33 \cdot 10^{-5}$ .

Дальше я постараюсь обходиться без формул, но в данном случае это, по моему, - хорошая иллюстрация.

Итак, подтвержден факт существования магнитного заряда (монополя) в природе и измерена его величина, которая оказалась на пять порядков меньше, чем следует из теории Дирака. Результаты этой серии экспериментов впервые были опубликованы в весьма авторитетном журнале “Phys. Letters”, v.130B, n<sub>o</sub>5, 27 October 1983 (ЦЕРН, Женева), не считая препринтов ИФВЭ, в которых были более ранние наши публикации.

Я не могу сказать, что это вызвало оживление в научном мире. Более того, я ездил в Москву и рассказывал о своих работах в нескольких институтах; реакция была вялой. В Дубне отнеслись с одобрением (ЛЯР, ЛЯП), но без желания принять участие, а в ФИАНе и в Институте Физ. Проблем – резко отрицательно:

-Это не монополь!

-А, что же это такое?

-Мы не знаем. Нет никакой гарантии, что магнитное поле у вас однородно. А если поле неоднородно, то вдоль силовых линий будет двигаться и тривиальный диполь.

-Но он же не будет менять направление движения при инверсии поля!

-Ну, ...разбирайтесь сами.

Вот, примерно, так.

Таким образом, возражения всегда находились, но оппоненты не желали тратить время на их обоснования. Пришлось этим заниматься мне самому и большинство последовавших за этим экспериментов были нацелены на то, чтобы доказать, что эффект обусловлен именно взаимодействием магнитного заряда с магнитным полем, то есть, что работу при перемещении взвешенных частиц, в данном случае, совершает не световой луч, а именно магнитное поле.

В науке нет презумпции невиновности.

В первую очередь нужно было решить проблему неоднородности магнитного поля. Можно с пеной у рта доказывать, что если неоднородности и есть, то они столь малы, что не дадут наблюдаемого эффекта. Это бесполезно. Поэтому следовало найти такое неоднородное поле, в котором наблюдаемый эффект можно было бы объяснить только в рамках концепции магнитного монополя. И такое поле нашлось. Это – поле прямолинейного проводника с током.

Как известно, вектор напряженности магнитного поля прямолинейного проводника с током направлен по касательной к окружности, аксиально-симметричной оси тока. Это значит, что сила, действующая на магнитный заряд со стороны этого поля, тоже будет направлена по касательной к такой окружности и будет лежать в плоскости, нормальной к оси тока. Поэтому в

вязкой среде, когда можно пренебречь силами инерции, частица, несущая на себе магнитный заряд, будет двигаться вокруг проводника по окружности. Напротив, магнитный диполь будет дрейфовать вдоль радиуса по направлению к оси проводника, поскольку действующая на него сила определяется градиентом поля. При переключении тока на обратный, монополь изменит направление движения на обратное, а диполь просто изменит ориентацию своих полюсов относительно проводника, и будет продолжать движение в прежнем направлении – от периферии к оси проводника (в сторону более сильного поля).

Эксперимент полностью подтвердил это предположение. Мы наблюдали частицы, которые вели себя как частицы с зарядом. Наряду с этим, наблюдались частицы, имеющие чистый дипольный магнитный момент. Но наиболее интересными оказались случаи, когда на частицу-диполь садился магнитный заряд. Эти случаи несли полезную информацию, позволяющую определить соотношение между магнитным моментом частицы и её зарядом.

Результаты этого эксперимента были опубликованы в виде письма редактору в J.Phys.A: Math.Gen. v.18, L (903-906), 1985 (Великобритания).

Этих двух публикаций оказалось достаточно, чтобы привлечь внимание к моим работам. Естественно, отозвались физики, исследования которых связаны с проблемой магнитного монополя.

В феврале 1986 года неожиданно пришло письмо из Парижа: - «Уважаемый профессор Михайлов! Я только что, с величайшим интересом прочитал Вашу недавнюю статью в Journal of Physics A (1985), по поводу Вашего наблюдения возможных магнитных монополей, возникающих при сильном освещении мелких ферромагнитных частиц. Явно, такие монополи, если они существуют, имеют мало шансов соответствовать тем, которым сейчас приписывают огромные энергии (порядка  $10^{16}$  GeV); но, наоборот, я хотел Вам сообщить, что я недавно предложил теорию очень легких, даже безмассовых монополей, которые описываются очень просто при помощи уравнения Дирака, в котором, оказывается, существует вторая электромагнитная связь, соответствующая магнитному заряду. Эта теория изложена в прилагаемой к письму статье. Такой монополь тесно связан с самим электроном: он совсем не так экзотичен, как некоторые другие и, по моему, может иметь больше шансов появляться в экспериментах подобных Вашим: в общем, я решаюсь Вам предложить свой монополь в качестве «кандидата»!

Я с большим интересом познакомился бы с Вашими прежними работами, которые Вы цитируете, и был бы очень признателен Вам, если бы Вы мне их прислали.

С искренним уважением. Жорж Лошак».

Естественно, я немедленно выслал все, что имел по своим экспериментам и вскоре получил письмо, из которого понял, что встретил родственную душу:

«Большое спасибо Вам за Ваше письмо и за препринты, которые я читал с большим интересом, но, также с таким изумлением, что я чуть не снял «кандидатуру» своего монополя! Не только Вы, по-видимому, нашли какие-то странные вещи, но я с глубоким удивлением узнал, что они подтверждают результаты, о которых шла речь много лет тому назад и о которых перестали говорить потому, что они как бы неприличны. Я немедленно выискал несколько этих работ. К сожалению, я плохо разбираюсь по-немецки, но есть что-то на английском и даже на французском. Все это глубоко удивительно и, конечно, должен сказать, абсолютно непонятно».

И далее: «Мы (то есть Fondation Louis de Broglie) издаем журнал: - Annales de la Fondation Louis de Broglie; с большим удовольствием мы бы опубликовали статью по Вашим работам. В такой статье Вы можете, в этом журнале, писать так же открыто, как и в препринте своего собственного института. Ваши «странные мнения» о величине магнитных зарядов и т.п. будут пугать людей (они и меня пугают!), но это не будет препятствием к публикации» (здесь и далее цитаты даны в редакции автора).

Так состоялось наше знакомство. Так, впервые, я узнал о Фонде Луи де Бройля и получил доступ к журналу, редколлегия которого, бережно сохраняя и развивая идеи Луи де Бройля, не теряет чувства нового и лишена предрассудков и бюрократической сумасшедшинки, присущей многим ортодоксальным изданиям. Так мне тогда показалось.

Так случилось, что наш интерес к магнитному монополю совпал по времени. Когда произошел наш первый контакт я уже воочию убедился, что эксперименты Феликса Эренхафта и его последователей, наблюдавших монополеподобное движение ферромагнитных аэрозолей в магнитных полях при интенсивном освещении - объективный факт, который, по каким то причинам выпал из поля зрения исследователей и не получил дальнейшего объяснения и развития. Чувствовалась необходимость новых теоретических идей: концепция магнетофотофореза казалась слабо аргументированной и бездоказательной. Экспериментальные данные моих многочисленных экспериментов ни разу не вступили в противоречие с версией магнитного заряда, но величина этого заряда, полученная из опыта, ( $g \sim \alpha e$ ) отличалась от теоретического предсказания Дирака ( $g = e/2\alpha$ ) на несколько порядков! В обозримой перспективе маячил тупик.

В этой ситуации как нельзя, кстати, оказались теоретические работы Жоржа Лошака; хотя они и не поставили точку в вопросе, но, тем не менее, послужили сильным катализатором для моих дальнейших экспериментов.



Наиболее существенными, для понимания результатов моих экспериментов, оказались следующие выводы теории Лошака: при рождении монополей нарушается сохранение магнитного заряда, так как оно основано на киральной инвариантности. Рождающиеся пары имеют одинаковый знак магнитного заряда и киральное сопряжение. Появление того или иного знака магнитного заряда равновероятно а priori. Анализируя мои эксперименты Лошак также показал, что численная величина этого заряда может и не быть жестко предопределенной известным соотношением Дирака, поскольку эффект наблюдается только на ферромагнитных микрочастицах (имеющих собственный магнитный момент) и возможно нарушение сферической симметрии, что, в свою очередь нарушает изотропию - необходимое условие возникновения заряда дираковской величины.

Все это означает, что для рождения монополей вовсе не требуются огромные энергии и что величина магнитного заряда, наблюдаемая на опыте, имеет право на жизнь. Это противоречит общему мнению, но согласуется с моими экспериментами.

Вот что по этому поводу мне написал Жорж Лошак: «Тот факт, что Ваш магнитный заряд так резко отличается от Дираковского, ставит очень трудный вопрос. Как Вы видели в моих статьях, соотношение Дирака - прямое следствие электромагнетизма, квантовой теории и изотропии пространства. Значит, в принципе ваш результат представляет собою скандал. Трудно представить, что в эксперименте, подобном Вашему, нарушается квантовая механика или электромагнетизм. Но поскольку этот эффект наблюдается только с ферромагнитными пылинками, то есть с частицами, которые снабжены магнитным моментом, то можно задаться вопросом - действительно ли соблюдена сферическая симметрия? Если изотропия нарушена, то соотношение Дирака падает...» И далее: «Но физика - экспериментальная наука и ни в коем случае никто не вправе отмахнуться от факта только потому, что теоретики не понимают какого-то экспериментального результата».

Особенно хочется отметить усилия Лошака в деле пропаганды моих экспериментов. Я благодарен ему за многочисленные обсуждения их и за многочисленные попытки возбудить интерес физиков- экспериментаторов с целью проверки полученных мной результатов. Увы, пока желающих не нашлось, - по-видимому, о таких вещах до сих пор говорить «неприлично» (тенденция, однако!), но будем надеяться, что любопытство физиков не потеряно, а будущее - велико: между временем Феликса Эренхафта и моим первым аэрозольным экспериментом прошло более тридцати лет!

Возможное нарушение изотропии, однако, не только могло способствовать появлению магнитных зарядов малой величины, но и укрепляло позиции апологетов версии магнетофотофореза. Поэтому, все мои дальнейшие многочисленные эксперименты были направлены на поиск разрешения возникшей дилеммы. Необходимо было найти хотя бы один факт, который противоречил бы концепции магнитного заряда.

Я произвел более десятка опытов с ферроаэрозолями как в постоянных, так и в переменных электрических и магнитных полях различной конфигурации и такого факта не обнаружил. Напротив, такие эксперименты, как эксперимент с диффузионной камерой, где наблюдаемые частицы заключались в жидкую каплю, как эксперимент, показавший разрушение поля сверхпроводника, эффекты в световых лучах различной поляризации и, наконец, последний опыт, в котором изучалось поведение аэрозолей в различных газах, - объяснить с позиций магнетофотофореза не удалось, несмотря на все ухищрения в «конструировании» силы, действующей на частицу. Концепция же магнитного заряда оказывалась плодотворной во всех случаях.

В это же время возник контакт с Д. Акерсом, физиком из Калифорнии. Он, в частности, исследовал проблему массы монополя, и из его работ следовало, что масса монополя невелика. Диалог с Акерсом мне также принёс большую пользу и моральную поддержку.

Далее я немного раскрою упомянутое чуть выше, без деталей, так как я не ставлю своей целью, в данном случае, подробное описание своих дальнейших опытов (всё это описано и опубликовано в *J. of Phys, Annales de la Fondation Louis de Broglie*, в препринтах ИФВЭ и в книгах: “*Courants, amers, ecueils en microphysique*”, Париж, 1993, и “*Advanced electromagnetism*”, Сингапур, 1995).

После того, как я разобрался с неоднородностью магнитного поля, подошло время показать, что на эффект не влияет структура поверхности частицы. Как я говорил выше, магнетофотофорез возможен лишь в том случае, если поверхность частицы неоднородна. Если то, что мы наблюдаем – порождение радиометрических сил, то при отсутствии на поверхности частицы очагов неоднородности эффекта быть не должно. Если же эффект сохранится, - дилемма разрешается в пользу магнитного заряда.

Сделать однородной поверхность частицы можно покрыв её жидкой оболочкой. Это легко достигается при инъекции микрочастиц в атмосферу с пересыщенным паром какой-либо жидкости, например, воды. В этом случае на частице происходит конденсация паров, и она оказывается внутри капли. Это явление с успехом используется в диффузионной камере Вильсона.

Эксперименты показали, что эффект магнитного заряда сохраняется и это – сильный аргумент против идеи магнетофотофореза. Однако измеренная величина магнитного заряда была обескураживающей: она оказалась в точности равной минимальному значению заряда монополя Дирака! В чём здесь дело – неясно. По причинам от нас независимым эти эксперименты были прекращены, и парадокс остался неразрешенным. Во всяком случае, экспериментальная погрешность кажется маловероятной.

В это время у меня завязалась переписка еще с одним физиком-теоретиком из США, с Т. Барреттом. Его статьи периодически появлялись в *Анналах* и представляли для меня определенный интерес, т.к. из его расчетов следовало, что на сферических частицах таких размеров, с какими я имел дело, при условиях, имеющих место в наших экспериментах, могут возникать магнитные заряды (рождается магнитный монополь-инстантон: квазичастица, имеющая определенное время жизни, как говорят теоретики, – локализованная во времени и пространстве). Я не буду углубляться в дебри его исследований: это – высший пилотаж и, по-моему, изложить это популярно просто невозможно.

Из теории Барретта следовало, что величина заряда на микрочастице зависит от интенсивности падающего на неё светового потока (это мы установили ранее) и, что самое интересное, - от вида поляризации света. Барретт утверждал, что при освещении светом с круговой поляризацией, рождающийся на частице заряд будет больше, чем при освещении светом, поляризованным линейно. Это было необходимо проверить, и мы этим занялись.

Мы усложнили нашу установку, добавив устройство для получения света различной поляризации – линейно поляризованного и с круговой поляризацией, право- и левовращающейся.

Измерения показали, что при прочих равных условиях, в свете с круговой поляризацией заряд на частице был примерно в 1,5 раза больше, чем при освещении светом, поляризованным линейно. Барретт оказался прав!

Таким образом, результаты наших экспериментов впервые пригодились теоретикам. Более того, в 2001-м году в *Анналах* была опубликована статья «Empirical Evidence for Non-Abelian Electrodynamics and Theoretical Development» (за подписью пятнадцати соавторов), где именно результаты наших экспериментов рассматривались как «Empirical Evidence».

В этой серии опытов был обнаружен ещё один интересный эффект. Мы сконструировали устройство, позволяющее периодически менять вид поляризации света лазера. Если поляризатор вращать с постоянной скоростью коаксиально световому лучу, то поляризация света будет периодически меняться, проходя стадии: линейная, круговая (против часовой стрелки), линейная, круговая (по часовой стрелке), линейная, ... и так непрерывно (модуляция поляризации). При этом наблюдается интересная картина: частица колеблется вдоль магнитного поля (которое в продолжение опыта сохраняет и величину, и направление) вокруг центра равновесия, т.е. знак заряда частицы, при циркулярной поляризации света, зависит от направления циркуляции и периодически меняется с той же частотой, что и направление циркуляции.

Последовавшие далее эксперименты также подтвердили, что мы имеем дело не с магнетофотофорезом, а именно с магнитным зарядом.

В это время была открыта высокотемпературная сверхпроводимость на керамиках и у нас появилась возможность наблюдать взаимодействие наших частиц со сверхпроводником при температуре кипения азота. Здесь ожидалось интересные эффекты:

1. Эффект Мейснера – отталкивание магнитнозаряженной частицы от поверхности сверхпроводника и
2. Размагничивание сверхпроводящего кольца (в котором предварительно возбуждался электрический ток), при пропускании сквозь него частиц с магнитным зарядом.

Оба эти эффекта наблюдались (этого не должно быть при радиометрическом эффекте).

Результаты работ также опубликованы в журнале *J. of Phys. condensed matter*. Здесь стоит заметить, что из всех наших опытов этот был самым трудоемким и требовал особо тщательной юстировки установки. Малейшие температурные перекосы моментально нарушали нормальный режим ее работы.

И совсем коротко.

В процессе экспериментов неожиданно было открыто новое явление. В скрещенных магнитных полях, одного порядка величины, возникала левитация магнитно заряженных частиц: частицы зависали в луче света в определенной точке пространства и могли находиться в таком «подвешенном» состоянии неопределенно долгое время. Мы наблюдали их по несколько часов! Необходимым условием для возникновения этого эффекта было наличие на пути луча отражающего экрана. Этот эффект наблюдался только для частиц несущих на себе магнитный заряд, и не наблюдался для частиц, имеющих заряд электрический (в электрическом поле, естественно).

В последнем эксперименте я исследовал поведение (эффект магнитного заряда) ферромагнитных частиц в разных газах, при прочих равных условиях (водород, азот). При замене одного газа на другой, количественные характеристики эффекта должны меняться (что и наблюдалось), причем должны меняться по-разному для магнетофотофореза и для магнитного заряда. Анализ результатов показал, что дилемма разрешается в пользу магнитного заряда.

Это был мой последний эксперимент по изучению эффекта магнитного заряда. И это была только присказка, а сказка – впереди.

Мы многое узнали о свойствах эффекта, но не узнали главного – почему в условиях наших экспериментов ферромагнитные аэрозоли приобретают магнитный заряд? Что это – свойство самих частиц, или монополи могут существовать независимо, свободно, и частица выступает лишь в качестве демонстратора, образуя связанное состояние с монополем, как «пробное тело»? На этот вопрос ответа нет. Возможно, в этом – причина индифферентности широкой научной общественности к моим экспериментам, хотя они продолжались 22 года.

А теперь – сказка.

О специфических свойствах ферромагнитных частиц в этом плане я сказать ничего не могу. Не знаю. Во всех экспериментах, в которых наблюдался эффект магнитного заряда, процесс начинался с разрушения ферромагнитных электродов в электрическом разряде. При этом происходило распыление материала электродов – условие, необходимое для образования аэрозолей. Рождаются магнитные заряды в электрическом разряде или существуют априори – неизвестно. Установлено только, что величина заряда частицы зависит от интенсивности света.

А вот о свободных монополях можно поговорить.

Бытует мнение, что если в природе существуют свободные магнитные монополи обоих знаков, то они могут образовывать связанные системы, подобные атомам в нашем электрическом мире. Более того, некоторые физики считают, что может существовать целый мир, образованный из атомов, подобно периодической системе Менделеева (например, В. П. Зрелов, 1979 и С. Daviau, 2005). Если это так, то такой мир должен обладать интересными свойствами и как-то влиять на наш, «электрический» мир, атомы которого построены на электрических зарядах.

Исследуя проблему магнитного монополя С. Daviau показал, что «существует большое различие между электричеством и магнетизмом, и что каждое, существующее в настоящее время, доказательство формулы Дирака предполагает, что заряд одного типа создает потенциал другого типа. Это не является проблемой для людей, которые думают, что потенциал - только удобная запись, без физического смысла. Но если потенциалы - не только удобство, а являются атрибутами самих электромагнитных полей, то они должны иметь ту же самую симметрию, что и заряды, которые создают эти потенциалы. Так что электрический заряд не может создать псевдовекторный магнитный потенциал и магнитный заряд не может создать векторный электрический потенциал, и этот факт достаточен, чтобы отвергнуть любое доказательство справедливости формулы Дирака, которая, таким образом, является ложной.

Только физики, которые делают истинные эксперименты, могут сказать, какова величина магнитных зарядов, если они существуют».

Вот так сказал Давьё. Чтобы было понятно, - расшифрую: и магнитные и электрические заряды являются первозданными, и выразить аналитически величину магнитного заряда через величину электрического (и наоборот) невозможно.

Магнитный и электрический заряды взаимодействуют между собой посредством электромагнитного поля и отсюда вытекают интересные следствия.

Для лучшего понимания дальнейшего сделаем небольшое отступление.

Когда Резерфорд обработал результаты своих опытов по зондированию атомов альфа частицами, полученные результаты оказались ошеломляющими. Если сравнить атом с горошиной, то атом в сто миллиардов раз меньше, а его ядро из опытов Резерфорда получалось меньше самого атома еще в несколько десятков тысяч раз. В исчезающе малом объёме ядра заключена практически вся масса атома; на электроны приходятся лишь сотые доли процента. Плотность ядерного вещества в десять триллионов раз превосходит плотность железа. Это означает, что окружающие нас тела, и мы сами, состоим в основном из... пустоты. Однако эта пустота заполнена электрическим полем, которое и связывает электроны и ядро в единое целое – атом.

Нет оснований полагать, что магнитные атомы, с монополями вместо электронов и протонов, устроены как-то иначе, чем обычные, хотя количественные характеристики, могут быть иными. Но в этом случае поле, связывающее монополи в магнитный атом, будет, естественно, магнитным.

Я несколько упрощаю картину, но в первом приближении этого достаточно.

Отсюда следует вывод: если магнитный и электрический атомы покоятся один относительно другого, то они могут одновременно находиться практически в одной и той же точке пространства и не «видеть» друг друга, т. к. стационарное электрическое поле не действует на покоящийся магнитный заряд, а стационарное магнитное поле не действует на покоящийся электрический заряд. Следовательно, магнитный Мир, Мир «g», образованный из множества магнитных атомов и Мир электрический, Мир «e», образованный из атомов электрических, при оговоренных выше условиях, могут, не мешая друг другу, занимать одновременно одну и ту же область пространства: рядом с нашей Вселенной может существовать параллельная Вселенная, влияние которой на нашу Вселенную проявляется лишь в динамике, то есть тогда, когда эти Миры начнут двигаться один сквозь другой. В этом случае, вокруг электрических и магнитных зарядов возникнут дополнительные поля, и Миры начнут взаимодействовать. Для того чтобы придать ускорение материальному телу в Мире «e» необходимо будет преодолеть сопротивление Мира «g», с которым это тело начинает взаимодействовать. Возникает большой соблазн отождествить это с силой

инерции! Не далекие неподвижные звезды, как считал Э. Мах, а вездесущий Мир «g» - вот причина возникновения силы инерции.

Возможно, что при такой картине Мира, основной постулат теории относительности Эйнштейна – постоянство скорости света и её величина, выступающая как предельное значение всех возможных скоростей, - при ближайшем рассмотрении окажется простым следствием электродинамики и смысл понятия «масса» получит новое звучание.

Возможно, при такой картине Мира, решение проблемы скрытой массы и тёмной энергии в астрофизике окажется достаточно простым и понятным. Всё возможно, но нужно считать и экспериментировать. Как часто, красивые на качественном уровне, рассуждения оказывались несостоятельными при количественном анализе!

Однако вернемся к проблеме образования магнитных зарядов на частицах.

Ферромагнитные аэрозоли – микрочастицы, имеющие размер порядка  $10^{-6}$  см. Такие частицы представляют собой однодоменные образования и, следовательно, имеют спонтанный дипольный магнитный момент. Напряженность магнитного поля вблизи полюса такого диполя достигает нескольких десятков килогаусс. Процесс образования магнитного заряда на такой частице может происходить следующим образом.

а. Поле частицы вызывает поляризацию окружающих её магнитных атомов (эфира).

б. Поле частицы неоднородно: в первом приближении, напряженность его с удалением от частицы убывает как  $r^{-3}$ . Поэтому, поляризованные магнитные атомы будут двигаться в направлении полюсов частицы, образуя на её поверхности обогащенный слой (возможно, этот процесс оканчивается адсорбцией атомов на поверхности частицы).

с. При освещении частицы лучом лазера происходит ионизация адсорбированных атомов, и нейтральный атом распадается на два фрагмента, имеющих противоположные магнитные заряды. Фрагмент с одноименным, относительно полюса частицы, зарядом (монополюс или ион) магнитным полем частицы удаляется в пространство, а второй – связывается с частицей. Таким образом, частица приобретает магнитный заряд. Именно этот заряд и таскает ферромагнитную частицу по или против внешнего магнитного поля (в зависимости от знака заряда).

Если описанный здесь процесс имеет место в действительности, то при увеличении интенсивности светового луча лазера заряд на частице должен также увеличиваться. Более того, он должен увеличиваться дискретно, так как его величина, в конечном итоге, определяется суммой элементарных зарядов ионизированных магнитных атомов, число которых, при этом, также увеличивается.

Наши исследования показали, что эти, вытекающие из предлагаемой гипотезы требования, выполняются. Экспериментально установлено [1, 3, 4,

6, 7], что магнитный заряд частицы, при прочих равных условиях, пропорционален интенсивности светового луча и кратен элементарному заряду:

$$g = \alpha e / 6.$$

На этом, пожалуй, остановимся. Скоро сказка сказывается, да не скоро дело делается. Физика – наука экспериментальная, а Потусторонний Мир пока хранит свои тайны.

Вот так.

Вы просили, я – рассказал.

Ваш папа и дедушка.

PS. Для чего я это публикую? Да – очень просто: ведь дети и внуки есть не только у меня! А – вдруг?

Dr. V.Mikhailov, 2008.

e-mail: mihavf28@gmail.com

## References.

- [1]. V. F. Mikhailov, Phys. Letters, **130B**, 1983, p. 331.
- [2]. V. F. Mikhailov, J. Phys.A, Math. Gen., **18**, 1985, L903.
- [3]. V. F. Mikhailov, Ann. de la Fondation Louis de Broglie, **12**, 1987, p.491.
- [4]. V. F. Mikhailov, L. I. Mikhailova, J. Phys.A, Math. Gen., **23**, 1990, p.53.
- [5]. V. F. Mikhailov, , J. Phys.A, Math. Gen., **24**, 1991, p. 53.
- [6]. V.F. Mikhailov, Light, microparticles and magnetic charge phenomenon, in Courants, Amers, Ecueils en Microphysique, p. 279, Ed. Fondation Louis de Broglie, Paris, 1993.
- [7]. V.F. Mikhailov, Six experiments with magnetic charge, in "Advanced Electromagnetism: Fondation, Theory and Applications, editors: T.W.Barrett and D.M.Grimes, World Scientific, pp. 593-619, 1995.
- [8]. V.F. Mikhailov, Further evidence for magnetic charge from aerosol experiments, AFLB, v. **23**, no 2, pp.98-101, 1998
- [9]. V. F. Mikhailov and J. Ruzicka, Magnetic charge in the experiments by F. Ehrenhaft and their modern development, Acta physica Univ. Comen., **XXIX**, pp 97-148, 1989.
- [10]. Zrelou V. P. On a Hypothetical Possibility of the Search for Dirak's Monopole. Preprint of the JINR, Dubna, 1979,



Д2 12289.

The present investigation for the magnetic charges ‘g’ introduces the independent equations of Maxwell where  $\text{div}\mathbf{B}=4\pi\rho_m$  and  $\text{Div}\mathbf{D}=0$ , i.e. the equations describing electromagnetic phenomena in the world consisting of only magnetic matter (the ‘g’ world). It is postulated that magnetic matter should consist of atoms similar to Bohr’s ones, and the fine structure constant should be universal for our world (the world ‘e’) and the world ‘g’, i.e.  $e^2/\hbar_e c = g^2/\hbar_g c \equiv \alpha$ . As a result, with  $e \neq g$ , the Planck constants  $h_g$  and  $h_e$  of the ‘g’ and ‘e’ worlds are not equal ( $h_g \neq h_e$ ). With the relationship of ‘g’ and ‘e’ predicted by Dirac ( $g = en/2\alpha$ ) it is possible to obtain the relation for  $h_g$  and  $h_e$  as  $h_g = h_e n^2/4\alpha^2$ . Some possible displays of magnetic matter in space and at accelerators are discussed.

[11]. C. Daviau, AFLB, v.**30**, no.1, 2005.

[12]. P.A.M. Dirac, Phys. Rev., **74**, 817, 1948.

[13]. E. Amaldi et al, preprint CERN Report 63-13, Search for Dirac magnetic poles, in book “Dirac’s monopole”, eds. B.M. Bolotovskii, Ju.D. Usachev, Moscow, **MIR**, 1970.

[14] G. Lochak, Sur un monopôle de masse nulle décrit par l’équation de Dirac, et sur une équation générale non linéaire qui contient des monopôles de spin 1/2, Annales de la Fondation Louis de Broglie, **8**, 1983, p. 345 (I). **9**, 1984, p. 5 (II).

[15] G. Lochak, Wave equation for a magnetic monopole, IJTP, **24**, 1985, p. 1019.

[16] G. Lochak, The Symmetry between Electricity and Magnetism and the Problem of the Existence of a Magnetic Monopole, contribution au recueil: Advanced Electromagnetism, Ed. T.W. Barrett, D.M. Grimes, World Scientific, Singapore, 1995, p. 105-148.

[17] G. Lochak, Un lepton magnétique capable d’intervenir dans les interactions faibles, Annales de la Fondation Louis de Broglie, **27**, 2002, p. 727.

[18] G. Lochak, Prikladnaya Phisika, n°**6**, pp. 5 – 9, 2004.

[19] P.K.Anastasovski et al (15 authors), Empirical Evidence for Non-Abelian Electrodynamics and Theoretical Development, Ann. de la Fondation Louis de Broglie, vol.26, no.4, 2001.

[20] Некоторые размышления о механизме образования магнитных зарядов на ферромагнитных аэрозолях, [www.scribd.com/doc/9477767/](http://www.scribd.com/doc/9477767/) -, 2008.

[21] Some speculation about the mechanism of magnetic charges appearance in experiments with ferromagnetic aerosols, [www.scribd.com/.../Some-Speculation](http://www.scribd.com/.../Some-Speculation) -, 2008.