

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

96-463

P13-96-463 e +

В.А.Богач

ГИПОТЕЗА О СУЩЕСТВОВАНИИ СТАТИЧЕСКОГО
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ЕГО СВОЙСТВАХ

Направлено в журнал «Physical Review D»

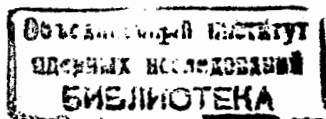
1996

1. Введение

В 1831 г. М.Фарадей изобрел униполярный генератор, позволивший впервые в мире преобразовать механическую энергию вращения ротора в постоянный электрический ток [1, §81-139, 217-230]. Исследуя работу генератора, М.Фарадей склонялся к выводу о том, что силовые линии магнитного поля остаются неподвижными при вращении стержневого постоянного магнита вокруг оси [1, §220].

Таким образом, у Фарадея получилось, что при поступательном движении магнита магнитное поле перемещается вместе с ним, а при вращательном — остается неподвижным. Именно эта точка зрения является общепринятой и до сих пор излагается в самых авторитетных учебниках и монографиях [2, с.276; 3, с.550; 4, с.114-115; 5, с.167, 375-376; 6, с.78].

Этот вывод существенно противоречит теории Ампера о молекулярных токах как источниках магнитного поля постоянного магнита. Ведь если поле вокруг магнита создается суперпозицией полей отдельных конкретных молекул, то перемещение этих молекул относительно заданной точки пространства вызывает в ней соответственное изменение вклада магнитного поля от каждой перемещающейся относительно этой точки молекулы. Именно это и наблюдается при поступательном движении постоянных магнитов в пространстве. То же самое должно происходить и в случае вращающегося симметричного магнита. Отличие лишь в том, что при вращении вклад удаляющейся молекулы соответственно замещается идентичным вкладом приближающейся. Очевидно, что если вращающийся вокруг своей оси магнит имеет неоднородную структуру или несимметричную относительно оси вращения форму, то при его вращении в окружающем пространстве будут наблюдаться синхронные вращению вариации во времени магнитного поля. Но если последовательно брать для экспериментов и равномерно вращать магниты со все более однородной структурой и совершенной симметричной формой, то вариации магнитного поля будут уменьшаться, и у идеально симметричного и однородного по структуре магнита они исчезнут при измерении поля традиционными магнитометрическими спо-



собами. Однако, если бы мы видели отдельные структурные элементы, образующие магнитное поле, то могли бы и в случае идеально симметричного поля наблюдать перемещение этих элементов при вращении. В качестве таких структурных элементов Фарадей использовал понятие о силовых линиях. Ввиду отсутствия подходящих для данного случая альтернативных понятий, мы последуем его примеру.

Здесь уместно провести аналогию с вращающимся на оси колесом. Если оно имеет спицы, то мы и на некотором расстоянии отчетливо видим его вращение. Если же спиц нет, а есть сплошной диск, то при отсутствии специальных меток увидеть вращение не удастся. А уж если наблюдение ведется через аппаратуру, то аппаратурные эффекты и при спицах могут внести полную сумятицу в наши наблюдения. Это хорошо видно при киносъемке, когда вращающиеся спицы колеса по причине стробоскопического эффекта то кажутся остановившимися, то вдруг начинают вращаться в обратную сторону в зависимости от частоты съемки.

В 1885 и 1891 гг. С.Толвер Престон показал [7], что в униполярном генераторе, в котором измеряется индуктированный электрический ток, протекающий в замкнутой электрической цепи, принципиально невозможно экспериментально различить, вращаются или стоят силовые линии магнитного поля. Именно это обусловило вывод Фарадея, так как в обоих случаях показания измерительного прибора будут одними и теми же. Это не позволило однозначно решить в прошлом веке с помощью прямого эксперимента вопрос об этом фундаментальном свойстве магнитного поля.

Кроме упомянутых работ имеется большой массив публикаций, первая из которых принадлежит М.Фарадею [8,с.214], о так называемых униполярных вращениях постоянных магнитов под воздействием электрических постоянных токов и наоборот. Весьма полный обзор их проведен в работе Л.Слепяна [9]. Наиболее интересные эксперименты были выполнены В.Николаевым [10], работы которого были представлены во Французскую академию А.Пуанкаре. В учебнике О.Хвольсона [11,с.676-677] дано их описание. Можно полагать, что описываемые в этих работах экспериментальные факты имеют прямое отношение к обсуждаемому вопросу и свидетельствуют о вращении силовых линий магнитного поля вместе с постоянным магнитом или катушкой с током. Однако они практически забыты и до сих пор не были интерпретированы в этом

направлении. В данной работе они не обсуждаются, так как требуют специального рассмотрения.

В книге Ландау и др. [12,с.390] рассматривается задача о вращении в пустоте намагниченного шара и приводятся формулы для вычисления возникающего при этом вокруг шара электрического поля. Это, безусловно, возможно, только если исходить из реальности факта вращения силовых линий магнитного поля вместе с шаром. Но авторы как в этой задаче, так и при рассмотрении явления униполярной индукции [12,с.326-328] не затрагивают вопрос о вращении силовых линий магнитного поля.

В процессе дальнейшего развития теоретической электродинамики после создания Лоренцем электронной теории и победы концепции дальнего действия [13,с.20] этот вопрос выпал из поля зрения исследователей, возможно, в связи с отсутствием математического аппарата, описывающего поведение силовых линий магнитного поля, как это отмечал Фейнман [2,с.25].

Тем не менее В.Стрельцов в работе [14] рассмотрел общие преобразования для дифференциалов координат, описывающие переход к релятивистски вращающейся системе отсчета, и получил выражения, в том числе для медленного (галилеевского) вращения цилиндрического магнита, для возникающего при этом радиального электрического поля:

$$E_r = \frac{\omega R}{c} H_z, \quad (1)$$

где H_z — ортогональная к вектору линейной скорости ωR в данной точке компонента магнитного поля.

Вплоть до начала текущего столетия ставились эксперименты по поиску магнитного поля, возникающего при вращении электрически заряженного диска вокруг оси симметрии. Классические эксперименты А.Эйхенвальда, описанные во всех учебниках, с высокой достоверностью подтвердили этот факт, см., например, [15]. Как известно, любому физическому эффекту, как правило, всегда соответствует обратный: например, пьезоэффекту — электрострикция и т.д. Поэтому с высокой вероятностью можно ожидать и существования обратного эффекта: при вращении даже симметричного магнитного поля должно возникать электрическое поле. И эта возможность должна быть экспериментально проверена. Поиску упомянутого электрического поля посвящено много опубликованных экспериментальных работ, среди которых часто цитируются [16÷21]. Однако ни в одной из них электрическое поле измерить

не удалось, что можно объяснить, как будет видно из дальнейшего изложения, ошибочными представлениями о свойствах изучаемого поля.

Совсем недавно автору стало известно о статье Н.Е.Заева и В.И.Докучаева "О поведении линий поля вращающегося магнита" [22], в которой описан успешный эксперимент по непосредственному измерению создаваемого вращающимся магнитом электрического поля. Однако полученный авторами фундаментальной важности результат не был замечен и адекватно оценен научной общественностью. В отклике на статью [23] были высказаны соображения о возможных погрешностях в эксперименте, однако нет сообщений о продолжении и развитии этих экспериментов или хотя бы о повторении их другими исследователями. Также прошла незамеченной и работа В.И.Докучаева "Явление униполярной индукции и эффект возникновения эквивалентного электрического заряда" [24], в которой впервые приводится схема конфигурации постоянного электрического поля, возникающего при вращении магнита.

В результате до сих пор нет полной ясности в вопросе о фундаментальном свойстве магнитного поля — вращается оно или нет совместно с источником поля, решение которого чрезвычайно важно для всех дисциплин, где фигурирует магнитное поле, в частности, для электротехники, физики плазмы, ускорительной техники, астрофизики и, как будет показано в данной работе, для физики элементарных частиц. Для иллюстрации последнего приведем цитату из предисловия И.Е.Тамма к книге Я.И.Френкеля: "В последние годы своей жизни Я.И.Френкель пришел к представлению, что первичным и основным является именно поле и что заряженные частицы — лишь узловые точки поля" [25]. Следовательно, изучение всех свойств поля, и в первую очередь экспериментальное, приобретает первостепенное значение. Это актуально также и потому, что в семидесятые годы Г.Джели в ряде статей изложил на основе вращающихся микроскопических магнитных полей оригинальный подход к структуре субатомных частиц [33].

2. О свойствах гипотетического статического электромагнитного поля

Рассмотрим поле вблизи покоящегося идеально симметричного и однородного по структуре намагниченного шара, создающего в окружающем пространстве (в пустоте) идеально симметричное магнитное поле.

С целью анализа только фундаментальных свойств собственно магнитного поля мы не будем при этом учитывать вторичные электрические поля от смещения носителей зарядов в веществе шара под действием первичного электрического поля, возникающего при движении магнитного поля.

Такой шар в разрезе показан на рис.1, 2 и 3. Поверхность шара всюду показана сплошной линией. Пунктиром показаны силовые линии магнитного поля. На рис.1 на силовых линиях стрелками показано их направление при указанной полярности полюсов. Эта картина поля была получена М.Фарадеем [26, §3234÷3240] с помощью ферромагнитных опилок и является классической картиной силовых линий индукции B магнитного поля вокруг равномерно намагниченного шара. Северный и южный магнитные полюсы располагаются на оси АБ, проходящей через центр шара и совпадающей по направлению с магнитным полем внутри шара. Магнитное поле такого шара описывается классическими формулами [27, с.259; 28, с.180].

Внутри шара

$$B_i = \frac{8\pi}{3} M. \quad (2)$$

Во внешнем пространстве вокруг шара

$$B_r = \frac{8\pi}{3} a^3 M \frac{\cos \Theta}{R^3}, \quad (3)$$

$$B_\Theta = \frac{4\pi}{3} a^3 M \frac{\sin \Theta}{R^3}, \quad (4)$$

где a — радиус шара; R — радиус-вектор от центра шара до исследуемой точки; M — намагниченность шара, параллельная его оси; Θ — угол между направлением намагниченности и радиусом-вектором; B_i — индукция магнитного поля внутри шара; B_r — радиальная компонента поля; B_Θ — тангенциальная компонента поля.

Приведем шар во вращение вокруг оси АБ. Теперь рассмотрим два варианта.

1. Если силовые линии магнитного поля, как многими принято сейчас считать, останутся неподвижными, то никаких изменений в изображенной на рис.1 картине поля не произойдет. Вокруг шара будет по-прежнему существовать только симметричное в пространстве и постоянное во времени магнитное поле.

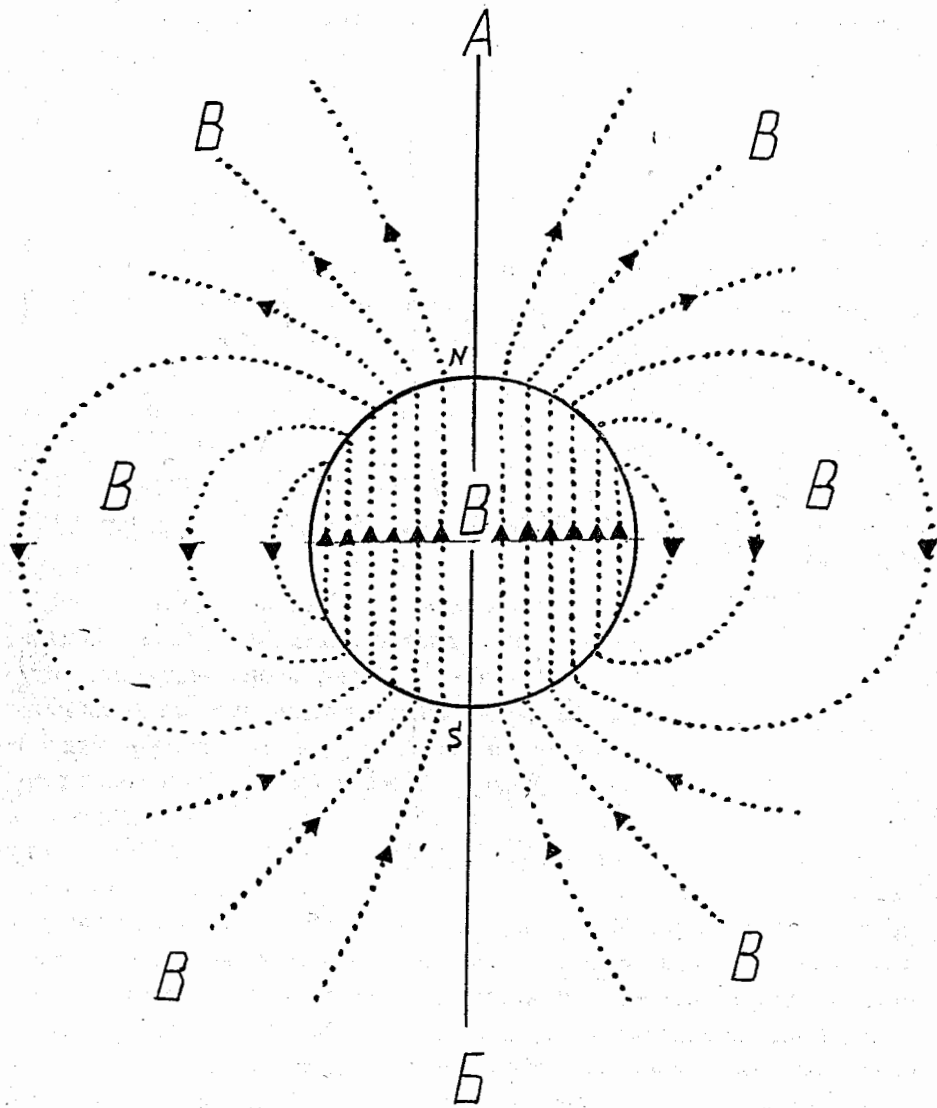


Рис.1. Распределение векторов магнитной индукции у намагниченного шара

2. Если физически справедливы формула, данная Ландау и др. в [12, с.390], и расчеты В.Стрельцова [14], а также правильна схема, приведенная в [24], и достоверны результаты эксперимента Н.Е.Заева и В.И.Докучаева [22], то магнитные силовые линии будут вращаться совместно с шаром и должно возникнуть электрическое поле, обусловленное этим вращением. Тогда должна получиться картина, изображенная на рис.2, где кроме показанных пунктиром силовых линий магнитного поля стрелками (не в масштабе их абсолютных значений) обозначены направления векторов напряженности электрического поля, появляющегося в соответствии с законом электромагнитной индукции Фарадея:

$$\vec{E} = (\vec{V} \times \vec{B}) \frac{1}{c}, \quad (5)$$

где

$$\vec{V} = 2\pi R n \sin \Theta \quad (6)$$

— вектор линейной скорости вращения;

$$\vec{B} = \vec{B}_r + \vec{B}_e \quad (7)$$

— вектор индукции магнитного поля, n — число оборотов шара в секунду.

Так как магнитное поле шара во всех плоскостях сечения, совпадающих с осью вращения, симметрично, то векторы линейной скорости и индукции магнитного поля ортогональны. Также будет ортогонален к этим векторам и вектор напряженности электрического поля, который будет находиться в той же плоскости сечения шара, совпадающей с осью вращения, что и соответствующая силовая линия магнитного поля, проходящая через ту же точку пространства. Поскольку магнитное поле в окружающем пространстве мы приняли идеально симметричным, то при вращении шара вектор магнитной индукции в каждой точке пространства будет во времени оставаться неизменным по величине и по направлению. Поэтому, пользуясь любым из применяемых в магнитометрии методов, мы измерим одни и те же значения вектора индукции магнитного поля в любой точке пространства как при вращающемся, так и при неподвижном шаре. С точки зрения магнитометрии магнитное поле шара будет совершенно идентичным в обоих случаях. Математическое описание картины поля также будет оставаться неизменным и соответствовать выражениям (2), (3) и (4). Получается, что при вращении шара окружающее его магнитное поле вполне соответствует

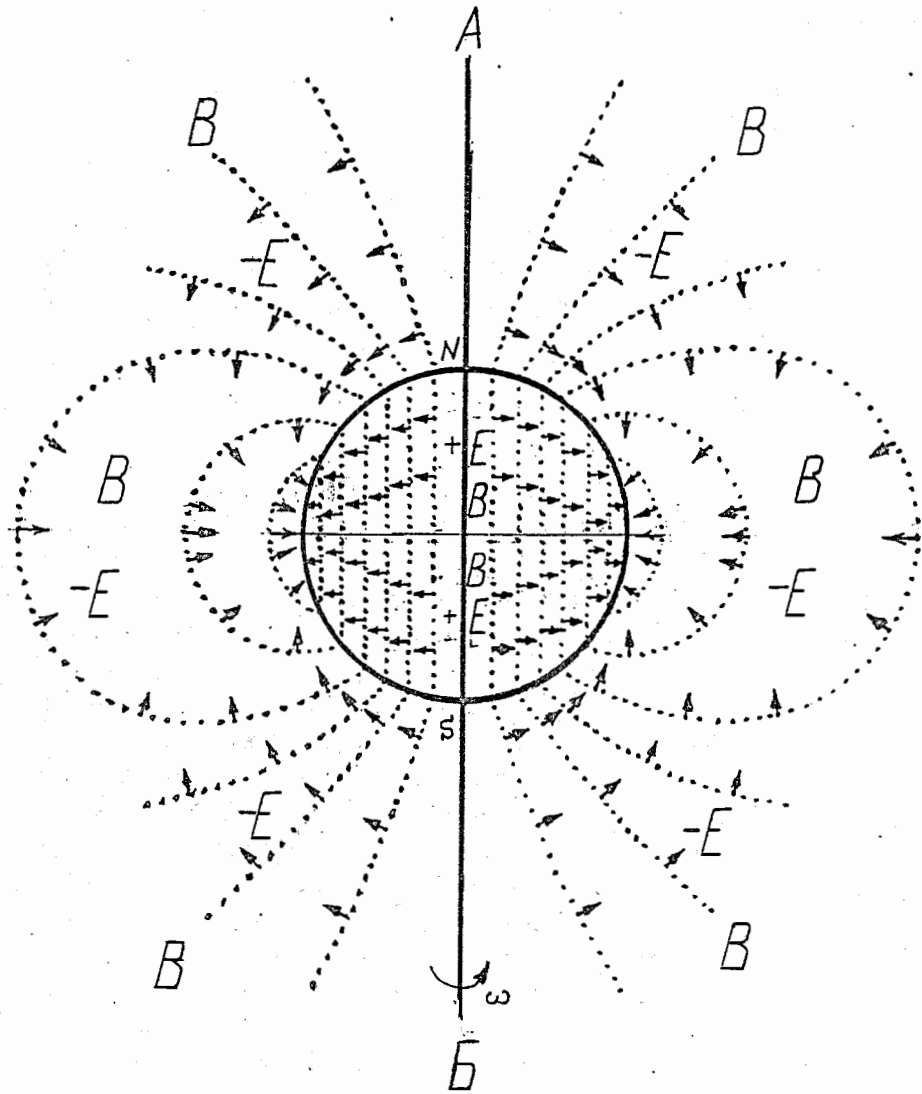


Рис.2. Распределение векторов магнитной индукции и напряженности электрического поля вращающегося намагниченного шара

общеупотребительному термину “магнитоэлектродинамическое”. Тем более что на вектор индукции магнитного поля обсуждавшееся во введении замещение структурных элементов магнитного поля другими идентичными элементами (в данном случае одних силовых линий другими точно такими же) никакого влияния не оказывает, так как не учитывается в современной теории электромагнитного поля.

Следует также иметь в виду, что магнитное поле вращающегося намагниченного шара нельзя назвать “вращающимся” не только по вышеуказанным причинам. Дело в том, что в электродинамике и электротехнике давно широко используются понятия “вращающееся магнитное поле”, “вращающееся электромагнитное поле” и “вращающееся электрическое поле”. Однако этими терминами всегда характеризуют переменные во времени и пространстве поля. Поэтому во избежание терминологической путаницы целесообразно в дальнейшем, если вращение силовых линий действительно существует и будет экспериментально обнаружено, ввести специальный термин, а пока такое поле можно было бы именовать, например, квазистатическим.

Очевидно, что поле векторов окружных скоростей также является строго симметричным, и потому в каждой точке пространства его значение будет постоянным во времени. Поэтому в каждой точке пространства произведение вектора индукции магнитного поля на вектор окружной скорости также будет постоянным во времени как по величине, так и по направлению. Следовательно, индуцированное электрическое поле также должно быть постоянным во времени, т.е. полностью соответствовать понятию “электростатическое”. Это необходимо подчеркнуть, т.к. до сих пор в электродинамике принято считать, что электростатическое поле без поступления электромагнитной энергии извне может быть создано только наличием электрических зарядов. Уравнениями Максвелла предусмотрен только именно этот случай.

В рассматриваемом случае электрическое поле возникает за счет сообщения шару дополнительной энергии для приведения во вращение магнитоэлектродинамического поля. Причем так как рассматриваемая система строго симметрична, то излучения электромагнитной энергии не происходит и, следовательно, если нет других потерь энергии вращения, то созданное вращением электрическое поле будет существовать бесконечно долго, т.е. будет соответствовать понятию “электростатическое”.

Как известно, в электродинамике существует парадокс: энергии электростатического поля при рассмотрении точечного электрического за-

ряда становится бесконечной [2,с.170]. Можно показать, что в нашем случае энергия электростатического поля внутри шара описывается выражением:

$$W = 8\pi \epsilon_0 \Phi^2 n^2 a, \quad (8)$$

где Φ — магнитный поток шара, a — радиус шара, n — число оборотов в секунду.

Как видно из (8), при уменьшении радиуса шара энергия электрического поля уменьшается, а не возрастает, следовательно, парадокс бесконечности отсутствует.

Как известно, в электродинамике принято считать, что электромагнитное поле существует только в виде распространяющейся в пространстве электромагнитной волны. При переходе к статике система уравнений Максвелла распадается на две совершенно не связанные друг с другом системы уравнений для магнитоэлектрического и электростатического полей. В рассматриваемом случае возникает совершенно новая для электродинамики ситуация: магнитное и электрическое поля вращающегося намагниченного шара неразрывно связаны между собой. Если убрать магнитное поле, то исчезнет и электрическое. Если остановить вращение, то магнитное поле останется, а электрическое исчезнет. Энергия электрического поля будет определяться как величиной магнитного поля (т.е. запасенной в нем энергией), так и величиной механической энергии вращения магнитного поля. То есть мы имеем, в сущности, статическое (или квазистатическое) электромагнитное поле, в котором электрическая компонента вторична по отношению к магнитной, так как порождается ею и не может существовать без нее.

На рис.3 для большей наглядности изображены стрелками только направления возникающих при вращении магнита векторов напряженности электрического поля E . Показанная на рисунке картина поля носит качественный характер, т.к. все стрелки нарисованы одинаковыми, несмотря на различие в абсолютных значениях векторов в отдельных точках.

Тем не менее из рис.3 хорошо видно, что конфигурация индуцированного электрического поля совершенно не похожа на потенциальные поля зарядовых систем. Во-первых, электрическое поле на оси вращения всюду будет равно нулю. Во-вторых, если считать, что магнитное поле внутри шара однородно и параллельно оси вращения, то векторы внутреннего электрического поля будут ортогональны оси вращения, а их модуль в соответствии с формулой (13) будет возрастать пропорцио-

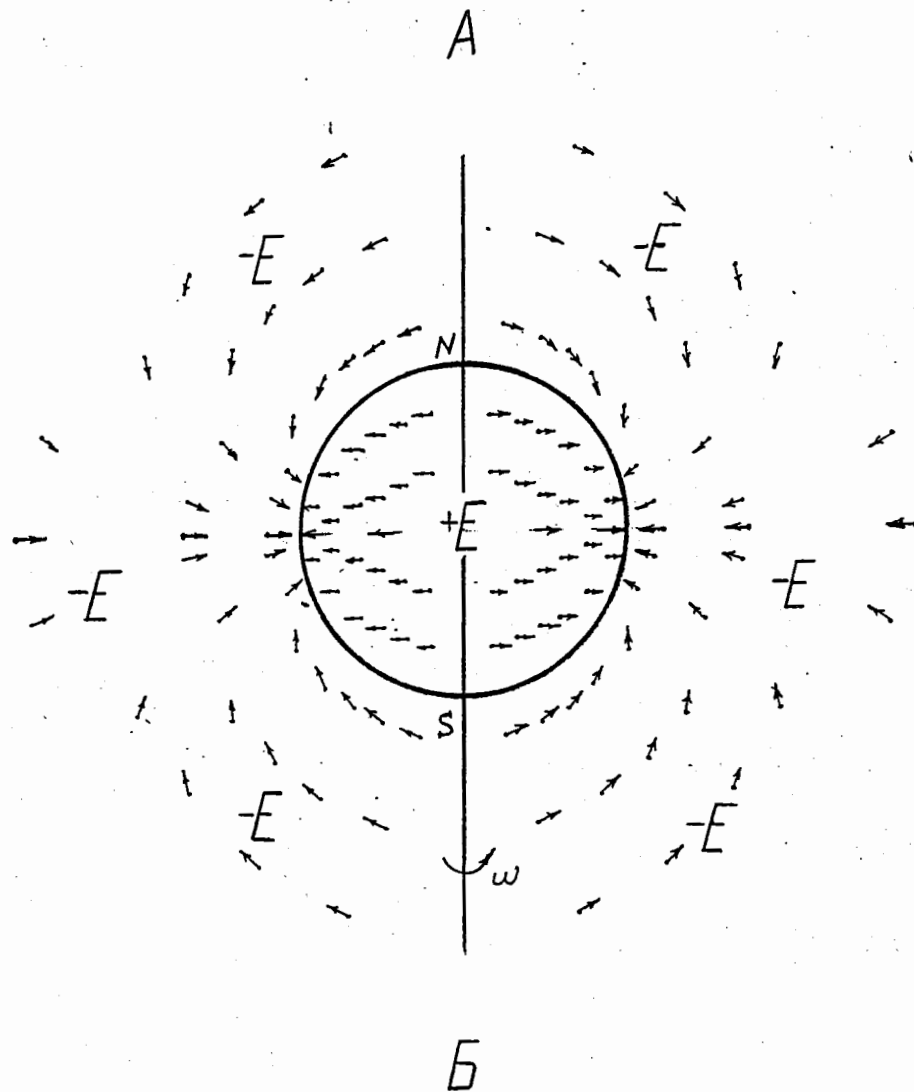


Рис.3. Распределение векторов напряженности электрического поля вращающегося намагниченного шара. Северный полюс вверху. Вращение против часовой стрелки

нально радиусу. В-третьих, электрическое поле в окружающем вращающийся намагниченный шар пространстве описывается формулами (16) и (17). Из рис.3 и 4 видно, что векторы напряженности электрического поля возникают вблизи оси вращения почти ортогонально к ней и претерпевают разрыв на поверхности шара.

Таким образом, линии напряженности электрического поля одной полярности в системе вращающегося намагниченного шара внутри него начинаются с нулевого значения вблизи оси и, увеличиваясь до максимума, заканчиваются у поверхности шара изнутри. В то же время во внешней области линии напряженности электрического поля также начинаются с нулевого значения либо в бесконечности для экваториальной области, либо от оси вращения вблизи полюсов и, плавно изгибаясь и достигая максимума, заканчиваются у поверхности шара снаружи. Причем в экваториальной плоскости векторы электрического поля внутри и снаружи шара имеют противоположную направленность. Как отмечал Зоммерфельд [29,с.487], физически это эквивалентно появлению поверхностного заряда.

Следовательно, силовые линии электрического поля разомкнуты как внутри, так и вне шара, и поэтому всюду

$$\operatorname{rot} \vec{E} = 0. \quad (9)$$

Кроме того, так как в обеих областях отсутствуют электрические заряды ($q_i = 0$), то всюду также

$$\operatorname{div} \vec{D} = 4\pi\rho = 0, \quad (10)$$

где $\rho = \sum q_i \delta(r - r_i)$ — объемная плотность зарядов.

Как известно, в электродинамике все поля сводятся к двум видам [30,с.23,99]:

1) потенциальному, у которого

$$\operatorname{div} \vec{D} = 4\pi\rho \quad (11)$$

$$\operatorname{rot} \vec{E} = 0;$$

2) вихревому, у которого

$$\operatorname{div} \vec{D} = 0$$

$$\operatorname{rot} E = -\frac{1}{c} \frac{dB}{dt}. \quad (12)$$

Как видно из сопоставления уравнений, характеризующих потенциальное и вихревое поля, рассматриваемое нами электрическое поле

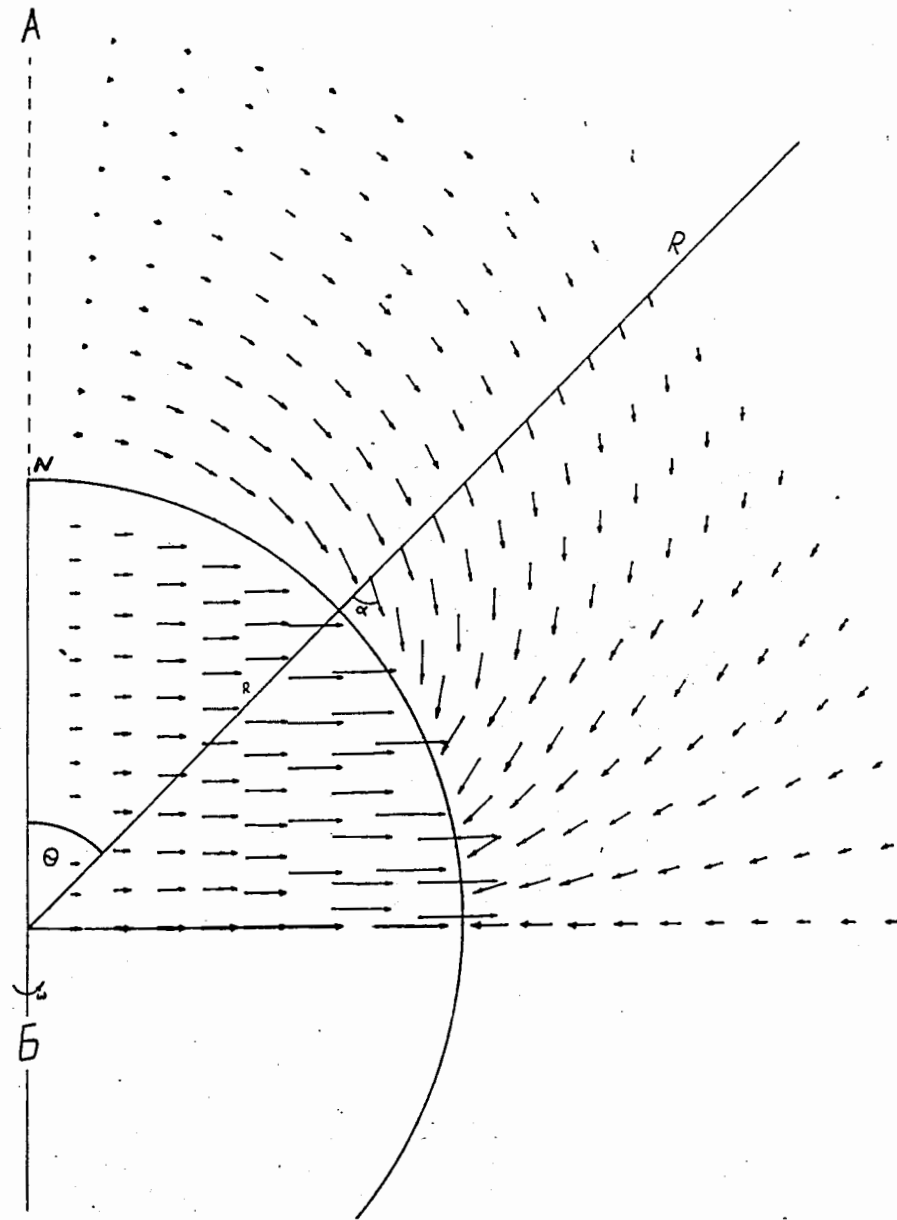


Рис.3а. Распределение векторов напряженности электрического поля вращающегося намагниченного шара (первый квадрант). Северный полюс вверх. Вращение против часовой стрелки

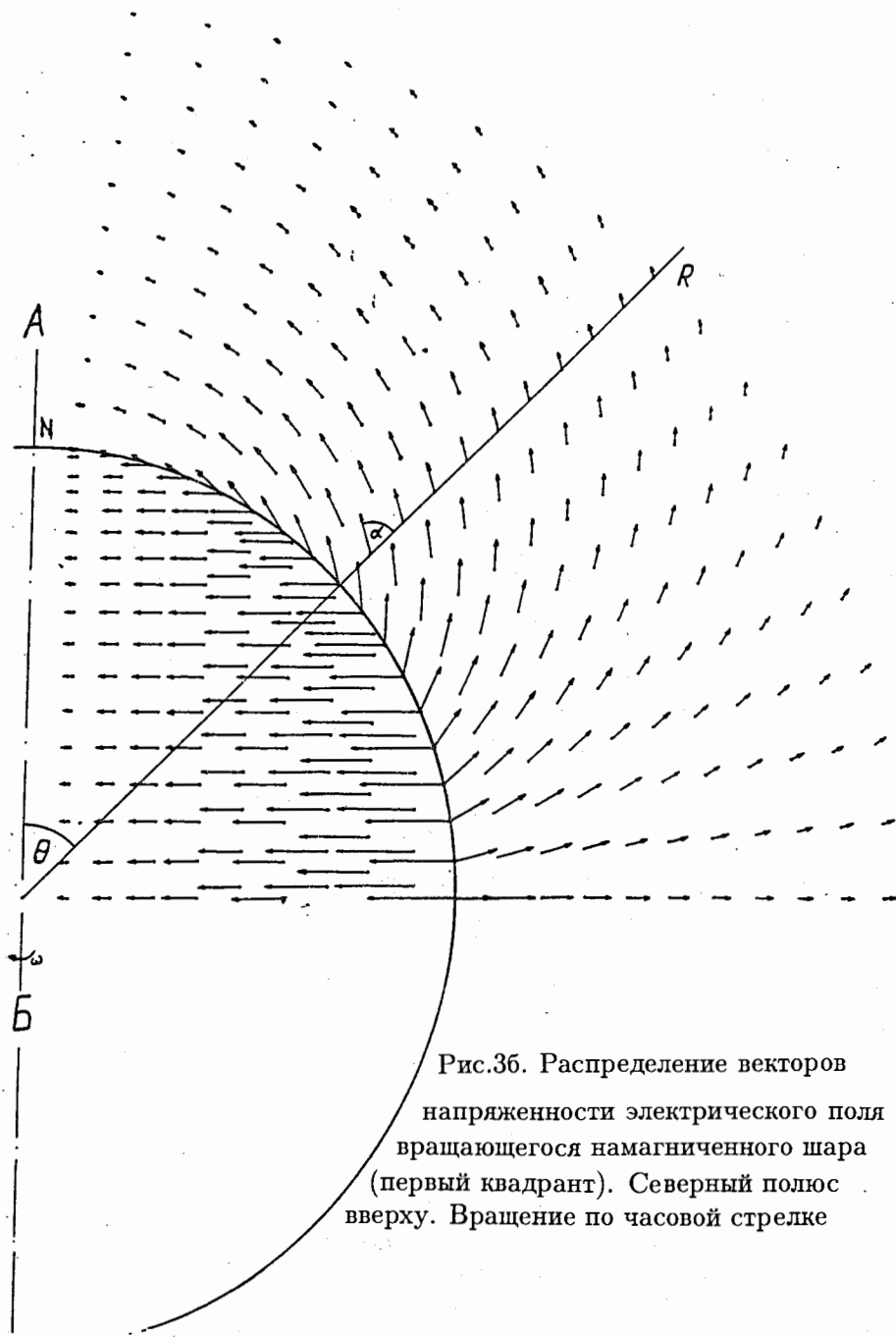


Рис.36. Распределение векторов напряженности электрического поля вращающегося намагниченного шара (первый квадрант). Северный полюс вверху. Вращение по часовой стрелке

характеризуется одновременно уравнениями (9) и (10), что в рамках теории Максвелла формально не соответствует ни вихревому, ни потенциальному видам полей.

Используя приведенные выше формулы (2)÷(7), выпишем выражения для векторов напряженности электрического поля вращающегося намагниченного шара:

а) внутри шара

$$E_i = B_i 2\pi n R \sin \Theta = \frac{16\pi^2 M R n \sin \Theta}{3}; \quad (13)$$

б) для области пространства вокруг шара

— радиальная компонента

$$E_r = B_\Theta 2\pi n R \sin \Theta = \frac{8\pi^2 a^3 n M \sin^2 \Theta}{3R^2}; \quad (14)$$

— тангенциальная компонента

$$E_\Theta = B_r 2\pi n R \sin \Theta = \frac{8\pi^2 a^3 n M \sin 2\Theta}{3R^2}; \quad (15)$$

в) модуль результирующего вектора напряженности электрического поля

$$E = \sqrt{E_r^2 + E_\Theta^2} = \frac{8\pi^2 a^3 n M \sin \Theta \sqrt{3 \cos^2 \Theta + 1}}{3R^2}; \quad (16)$$

г) угол между \vec{E} и \vec{R} (см. рис.3а и 3б)

$$\alpha = \arctan \frac{2}{\tan \Theta}. \quad (17)$$

Как видно из формул (14), (15) и (16), электрическое поле в окружающем шар пространстве обратно пропорционально квадрату радиуса-вектора R .

На рис.3а и 3б показаны картины распределения векторов напряженности электрического поля, вращающегося вокруг оси АБ намагниченного шара для первого квадранта. Векторы в показанных на этих рисунках точках построены в одном масштабе пропорционально вычисленным по формулам (13) и (16) значениям, а для внешней области и под углом α к радиусу-вектору R — в соответствии с формулой (17). На обоих рисунках северный полюс находится вверху. На рис.3а картина поля вычислена для шара, вращающегося против часовой стрелки, если смотреть на северный полюс сверху. Это так же, как

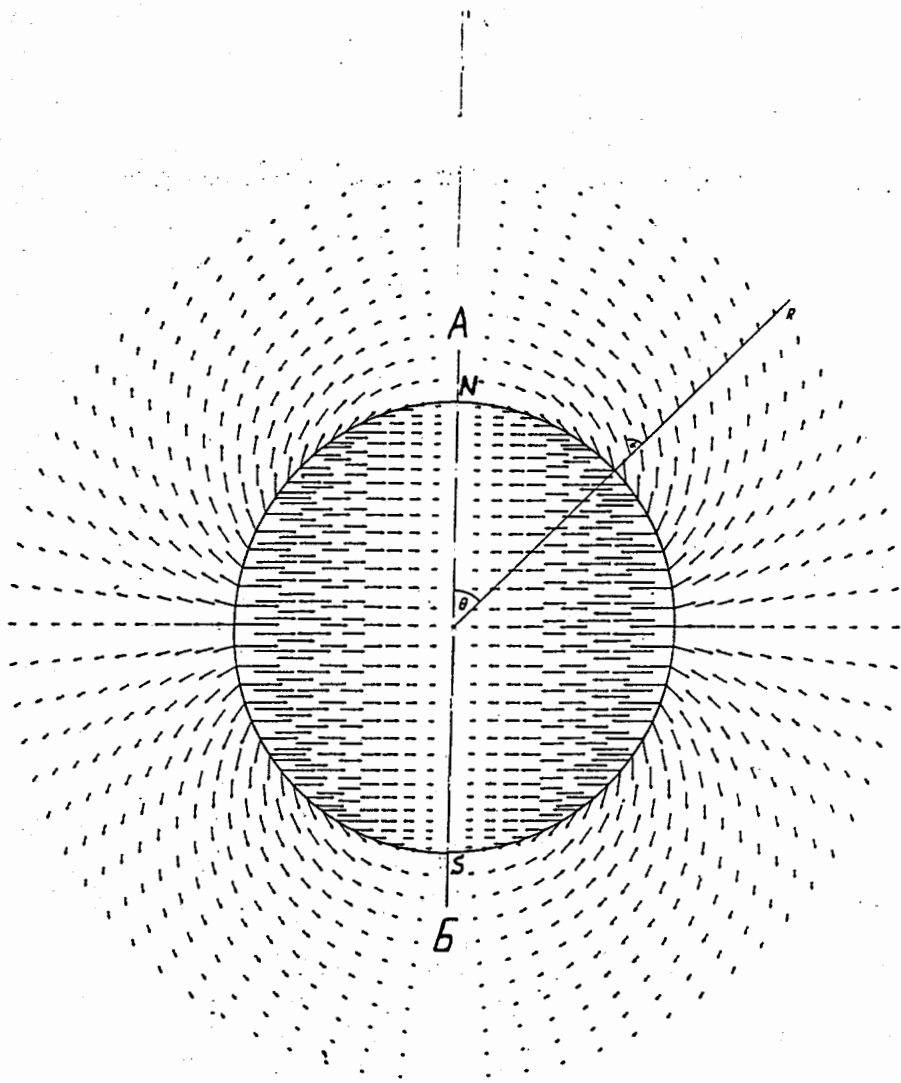


Рис.4. Распределение векторов напряженности электрического поля вращающегося намагниченного шара. Северный полюс вверху. Вращение по часовой стрелке

и на рис.3, в экваториальной плоскости соответствует положительному направлению векторов электрического поля внутри и отрицательному направлению векторов электрического поля вне шара. Картина поля на рис.3б и 4 показана для вращения шара по часовой стрелке. В экваториальной плоскости это соответствует отрицательному направлению векторов электрического поля внутри и положительному направлению векторов электрического поля вне шара. На рис.4 показана картина распределения векторов напряженности электрического поля, вращающегося вокруг оси АБ намагниченного шара, включающая показанную на рис.3б картину для первого квадранта.

Совершенно очевидно, что построенные по формулам (13), (16) и (17) рис.3а, 3б и рис.4 полностью подтверждают изложенные выше соображения о характере электрического поля, основанные на изучении качественной картины поля, показанной на рис.3.

При вращении постоянных магнитов симметричной относительно оси, но не шарообразной формы, конфигурация возникающего статического электромагнитного поля будет заметно отличаться от изображенной на рис.3, 3а, 3б и 4. Для иллюстрации этого рассмотрим картину поля стержневого магнита. На рис.5 и 6 показаны, соответственно, пунктиром силовые линии магнитного поля во внешнем пространстве, а стрелками — векторы напряженности электрического поля цилиндрического постоянного магнита. Чтобы не перегружать рис.5 и 6 деталями, на них не показаны силовые линии магнитного поля внутри магнита, а на рис.6 не показаны силовые линии магнитного поля. Как видно из рисунка, поле магнита такой конфигурации заметно отличается от поля шара и отдаленно напоминает поле точечного заряда, хотя и не повторяет его. В основных чертах этому полю также присущи особенности рассмотренного выше поля шарообразного магнита.

Перечислим еще раз основные свойства гипотетического электромагнитного поля вращающегося намагниченного шара в случае увлечения им магнитных силовых линий:

1. Полученное поле является электромагнитным, т.к. магнитное и электрическое поля в нем связаны неразрывно. Более того, электрическое поле является вторичным, т.е. генерируется вращающимся магнитным полем. Если прекратить вращение — электрическое поле исчезнет, а магнитное останется. Поэтому очевидно, что в электрическое поле преобразуется часть механической энергии, сообщаемой шару при его раскручивании.

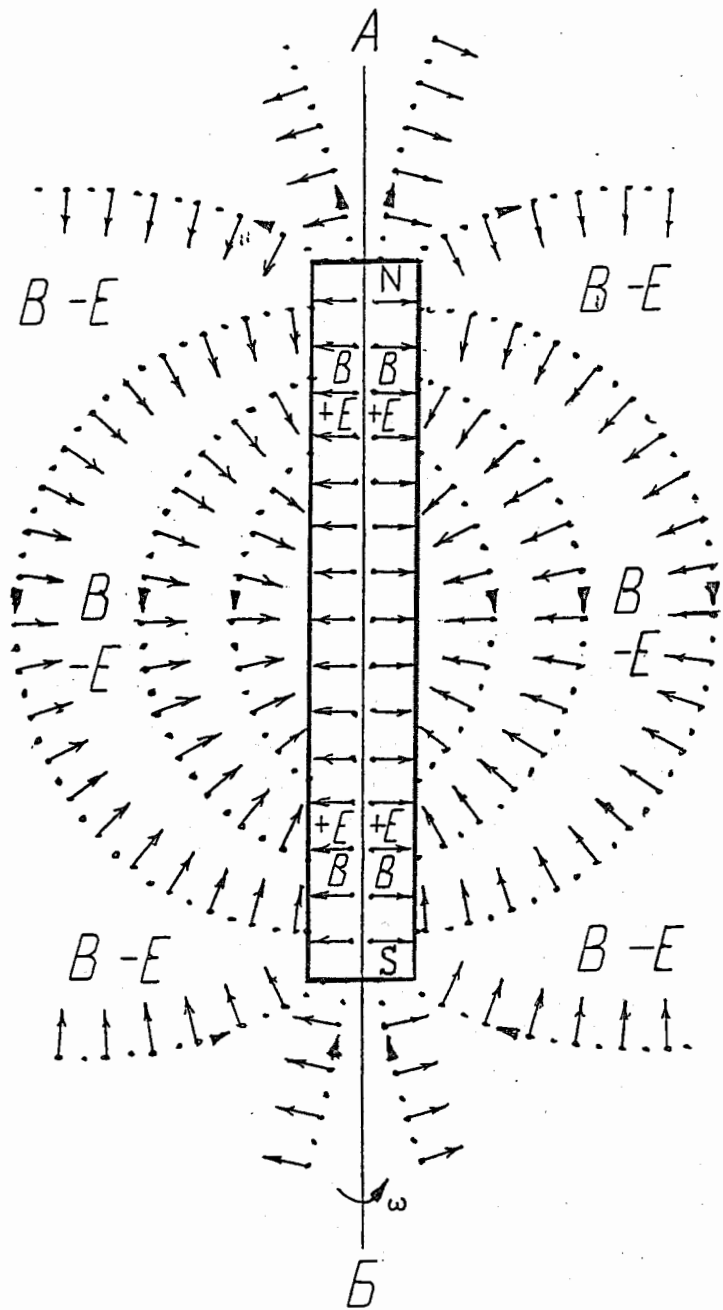


Рис.5. Распределение векторов магнитной индукции и напряженности электрического поля вращающегося намагниченного цилиндрического стержня

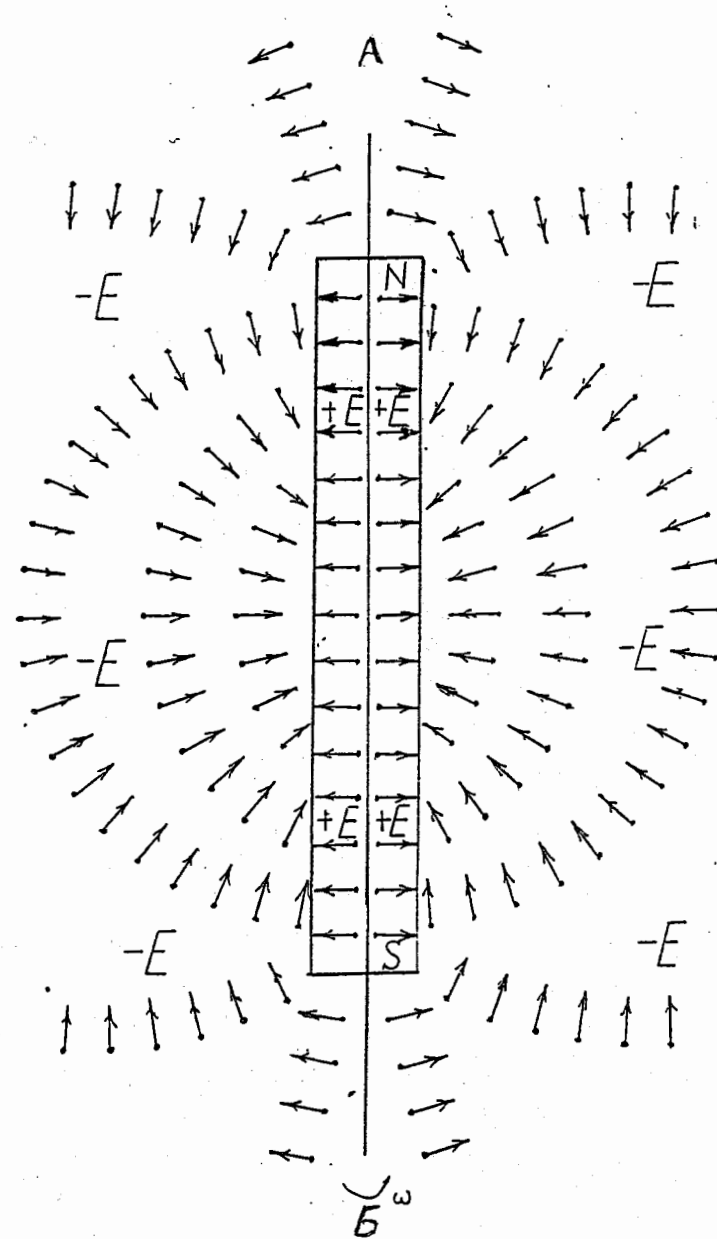


Рис.6. Распределение векторов напряженности электрического поля вращающегося намагниченного цилиндрического стержня

2. И электрическое, и магнитное поля являются постоянными во времени, т.е. статическими. До сих пор в электродинамике существует точка зрения, что электростатическое поле может создаваться только электрическими зарядами. Однако в данном случае силовые линии электрического поля, как видно из рис.2÷6, одновременно являются, во-первых, незамкнутыми и, во-вторых, не начинаются и не оканчиваются на электрических зарядах, как это должно быть в соответствии с уравнениями Максвелла. В рассматриваемом случае потребность в гипотезе электрического заряда отпадает, и, следовательно, снимается актуальная в электродинамике проблема устойчивости точечного заряда от воздействия кулоновских сил [2,с.172;3,с.269]. Тем самым, в принципе, оказывается возможным построение электродинамики на базе только двух первоначальных субстанций: магнитного и электрического полей.

3. Полученное электромагнитное поле не излучает электромагнитные волны, несмотря на вращение. Это обусловлено тем, что ось вращения проходит через центр шара и совпадает с направлением магнитного поля. При невыполнении хотя бы одного из перечисленных условий магнитное и электрическое поля не будут стационарными во времени и вращение будет сопровождаться излучением.

4. Электрическое поле на оси вращения равно нулю.

5. Так как силовые линии магнитного поля всегда замкнуты, то их направления внутри шара и во внешней области противоположны, и поэтому электрические поля внутри и вне шара направлены встречно в экваториальной плоскости.

6. Энергия электрического поля, возникающего при вращении шара, будет равна сумме энергий поля во внешнем пространстве и внутри шара. Энергия электрического поля во внешнем пространстве имеет конечное значение. Энергия электрического поля внутри шара уменьшается с уменьшением радиуса, в соответствии с выражением (8). Полная энергия будет также иметь конечное значение. Поэтому отсутствует парадокс бесконечного возрастания энергии, присущий точечному электрическому заряду.

7. Фундаментальные понятия дивергенции и ротора, равно как и их математическое описание, появились в теории поля в результате анализа наглядных картин: движения потоков жидкости в гидравлике; магнитных полей, образуемых железными опилками; и электростати-

ческих полей, образованных кристаллами хинина или волокнистыми диэлектриками.

Отличная от нуля дивергенция означает наличие разомкнутых линий поля, пересекающих замкнутую поверхность в одном направлении. Из гидравлической аналогии следует, что это возможно только в том случае, если внутри поверхности имеется источник или сток. Собственно, именно эту роль приписывают электрическим зарядам.

Ротор означает наличие замкнутых на себя линий поля, образующих вихрь.

Показанное на рис.2 магнитное поле шара описывается как поле диполя. Как известно, у диполей силовые линии вектора индукции магнитного поля замкнуты и характеризуются ротором этого вектора. Если диполь находится внутри замкнутой поверхности, то дивергенция через нее будет равна нулю.

На рис.3, 3а, 3б и 4 хорошо видно, что вторичное электрическое поле шара, так же, как и показанное на рис.6 поле стержневого магнита, совершенно не похоже на поле диполя. Очевидно, что, по крайней мере, в экваториальной плоскости шара линии вектора напряженности электрического поля уходят в бесконечность, и, следовательно, дивергенция вектора напряженности у этого поля в действительности не равна нулю.

Еще более очевидно наличие дивергенции в электрическом поле стержневого магнита, показанном на рис.6. Здесь область уходящих в бесконечность линий напряженности поля значительно обширнее, чем у шара. Ее относительный размер определяется отношением длины стержня к его диаметру.

Однако исторически сложилось так, что мы имеем в электродинамике для дивергенции лишь одну формулу, определяющую ее только через электрический заряд. Так как в нашем случае электрический заряд равен нулю, как указано выше, то формула (10) автоматически даст нулевую дивергенцию, что противоречит рис.3, 4 и 6.

Исходя из изложенного, можно сделать вывод о том, что возникающее при вращении намагниченного шара электрическое поле обладает не описанными ранее в электродинамике свойствами, отличается от общепринятых вихревого и потенциального видов полей, и поэтому является необходимостью разработки его адекватного математического

описания. Уже сейчас можно выдвинуть предположение, что в формуле для дивергенции должен быть член, определяющий дивергенцию вектора напряженности электрического поля через магнитный поток, скорость его вращения и, возможно, конфигурацию источника магнитного поля. Существенный шаг в решении этой проблемы сделан в [20,21]. Путем интегрирования по объему вектора напряженности электрического поля, возникающего при вращении точечного магнитного диполя, авторами показано, что дивергенция в этом случае не равна нулю, что совпадает с полученным в настоящей работе результатом. Однако нуждается в детальной проработке вопрос о дивергенции в общем случае вращения магнита произвольной формы. Зоммерфельд также рассматривал эту проблему [29,с.487].

8. Электростатическое поле возникает в каждой точке пространства вследствие вращения магнитного поля. Так как ферромагнитные тела при обычных температурах не влияют на распределение магнитных полей, то можно ожидать, что гипотетическое электростатическое поле не будет экранироваться экранами из ферромагнитных тел. Данный вопрос должен быть исследован экспериментально, и не исключено, что и ферромагнитные тела также не будут обладать свойством экранирования этого поля.

9. Так как силовые линии электрического поля разомкнуты, то ротор E равен нулю и электрическое напряжение при обходе любого замкнутого проводящего электрического контура также будет равно нулю, что было предсказано в [7] применительно к исследованию униполярного генератора, который будет рассмотрен далее в разделе 4.

Сформулированные выше свойства гипотетического статического электромагнитного поля позволяют по-новому проанализировать безрезультатные эксперименты по поиску электрического поля, появляющегося при вращении симметричного магнитного поля, созданного вращающимся магнитом или соленоидом. Схемы и методики экспериментов, описанные в наиболее часто цитируемых работах Престона [7], Кеннарда [16], Барнетта [17], Сванна [18], Пеграма [19], Дьюрика [20], Бартлетта [21] были таковы, что при учете гипотетических свойств искомого поля в каждой из них можно указать причины нулевых результатов. Для этого достаточно картины распределения векторов напряженности электрического поля, показанные на рис.2÷6, сопоставить со схемами расположения электрических измерительных цепей в этих экспериментах, и при этом обнаруживается, что фактическое распреде-

ление искомого электрических полей не соответствует примененным в каждом из экспериментов расположениям датчиков и проводников. Необходимо также учесть возможное отсутствие экранирования гипотетического электрического поля примененными в некоторых экспериментах экранами, на которых основывалась идея эксперимента [21].

В то же время единственный эксперимент, в котором фактически было измерено искомое электростатическое поле, выполненный И.Заевым и В.Докучаевым [22], полностью соответствует описанным выше свойствам, что подтверждает справедливость гипотезы. Этот эксперимент детально рассмотрен ниже при анализе униполярного генератора.

3. К вопросу об электромагнитных полях в микромире

Как известно, электродинамика является одним из важнейших инструментов в познании микромира. Однако, как указывалось в [31,с.126], “классическая релятивистская электродинамика как логически замкнутая физическая теория становится внутренне противоречивой при переходе к достаточно малым расстояниям”. В первую очередь это вызвано тем, что теория относительности вынуждает рассматривать в электродинамике субатомные частицы как точечные объекты. Крайне трудным является также введение неточечного взаимодействия и в квантовой электродинамике [31,с.69]. Поэтому, например, электрон в электродинамике должен обладать бесконечными энергией и массой. Кроме того, неизвестно, как может электрический заряд электрона, будучи сконцентрирован в “точечном” объеме, сохраняться в виде стабильного образования, несмотря на действующие между его частями кулоновские силы отталкивания [2,с.172;3,с.269;29,с.377]. Парадоксально, что численные значения электрического заряда, массы, момента количества движения и магнитного момента не могут быть согласованы с допустимыми значениями радиуса и угловой скорости вращения электрона, так как окружная скорость последнего будет превышать скорость света [3,с.269]. В связи с этим Эйнштейн однажды сказал: “Электрон является чужаком в электродинамике” [29,с.327].

Принято считать, что у покоящегося электрона имеются: момент количества движения (спин), постоянное во времени магнитное поле, постоянное во времени электрическое поле, инертная масса и электрический заряд. Как известно, магнитное и электрическое поля имеют массу, энергию и механический импульс. Инертной массе также мо-

жет быть сопоставлена энергия. А вот электрическому заряду, являющемуся одним из основных краеугольных понятий электродинамики, не может быть сопоставлено ничто из перечисленных атрибутов материи. Заряд как таковой не имеет ни массы, ни энергии и, в сущности, он нематериален. Мы просто считаем его источником и носителем электростатического поля, существующего вечно без поступления энергии извне. Исторически понятия электрических положительных и отрицательных зарядов были введены только для объяснения факта наличия электростатических полей двух противоположных видов, наблюдающихся в макром мире. Электродинамика изначально базируется также на гипотезе Ампера о том, что магнитный момент в микромире возникает вследствие наличия кругового молекулярного электрического тока, то есть движущегося положительного или отрицательного электрического заряда. По существу, это означает, что нематериальный объект — заряд — в микромире является носителем механического момента количества движения, то есть что спин “привязан” именно к заряду. Причем электродинамика оперирует двумя видами зарядов, принципиально не сводимыми друг к другу или к чему-то третьему. В то же время создаваемые каждым из этих видов зарядов магнитные моменты совершенно тождественны, что не находит объяснения в рамках современной электродинамики. В результате электродинамика сейчас базируется на четырех введенных аксиоматически краеугольных понятиях: электрическое поле, магнитное поле, положительный электрический заряд и отрицательный электрический заряд, сущность которых не раскрывается. Таким образом, существующая электродинамика, в том числе и квантовая, не является истиной в последней инстанции, и поиск новых подходов к осмыслению электромагнитных полей является объективной необходимостью.

Предлагаемая гипотеза о существовании макроскопического статического электромагнитного поля позволяет попытаться по-новому подойти к построению электродинамики, если предположить, что такое поле имеет место и в микромире. Для этого рассмотрим в первом приближении некоторые соображения относительно возможной структуры субатомных частиц, например электрона. Хорошо известен экспериментальный факт, что у электрона вектор магнитного момента жестко связан с ориентацией вектора механического момента (спина). Впервые это было доказано обнаружением гиромангнитных явлений (механомагнитного и магнитомеханического эффектов) в классических экспе-

риментах Эйнштейна — де Хааза и Барнетта. Именно поэтому оказывается возможным осуществить, например, поляризацию, то есть ориентацию спинов в пучках заряженных частиц путем поворота их магнитного момента воздействием внешнего магнитного поля. Это дает основание предположить, что спин “привязан” не к заряду, а к магнитному полю, которое, как материальная субстанция, вполне может быть его носителем, хотя бы частично. Такое допущение представляется вполне естественным, если вспомнить, что в электромагнитной волне, которая содержит только электрические и магнитные поля, но не электрический заряд, имеет место перенос механического импульса. В этом случае появляется возможность построения новой электродинамики, в своей основе диаметрально противоположной общепринятой. Предлагаемая гипотеза позволяет рассмотреть принципиально иной, чем предложенный Ампером, вариант: пусть изначально существует сам по себе вращающийся сгусток магнитного потока, вокруг которого возникает статическое электрическое поле. В этом случае понятие электрического заряда перестает быть необходимым, и вместе с ним из электродинамики устраняется проблема устойчивости электрона от кулоновских сил расталкивания. Кроме того, как было показано ранее, энергия электростатического поля как внутри электрона в соответствии с (8), так и в окружающем пространстве всегда имеет конечное значение. Следовательно, устраняется парадокс бесконечности энергии и массы. Гипотеза позволяет легко объяснить существование положительных и отрицательных электрических полей у субатомных частиц. Положительное и отрицательное внешнее электрическое поле частицы обусловлено двумя возможными направлениями вращения магнитного потока относительно направления вектора магнитной индукции: по часовой стрелке и против нее. Это наглядно продемонстрировано на рис. 3а и 3б.

Таким образом, понятие заряда, в принципе, оказывается возможным заменить представлением о вращающемся магнитном потоке, и поэтому в основах электродинамики остаются необходимыми вместо четырех только два краеугольных аксиоматических понятия: электрического и магнитного полей.

Разумеется, такая постановка проблемы потребует детального рассмотрения всего комплекса возникающих вновь вопросов. Необходимо отметить, что Г. Джели в своих статьях [33] подробно рассмотрел ряд аспектов электродинамики, в которой основой является вращающееся магнитное поле. Однако пока его гипотеза не получила широкого распро-

странения, видимо потому, что ее серьезной разработке должен предшествовать успешный эксперимент по обнаружению на макроуровне упомянутого электрического поля. Без этого сложнейшие топологические модели Джели не имеют физического обоснования.

4. Униполярный генератор (УГ)

Наиболее остро вопрос о свойствах как электрического, так и магнитного полей всегда стоял в электротехнике. В частности, обсуждаемый вопрос о возникновении электрического поля при вращении постоянных магнитов принципиально важен для теории униполярных машин, получивших промышленное применение уже со второй половины прошлого века. Поэтому, начиная с 1832 г. [9] до последнего времени [20,21,32], печатаются работы, посвященные анализу работы униполярных генераторов. Однако, несмотря на усилия множества исследователей, строгой теории униполярных машин нет до сих пор. Именно поэтому рассмотрение этой фундаментальной проблемы целесообразно продолжить анализом работы униполярного генератора. Для этого автором была построена простая действующая модель такого генератора, изображенная на рис.7. Генератор содержит два ферритовых цилиндрических постоянных магнита 4, намагниченных вдоль оси вращения 7, два ферромагнитных чашечных магнитопровода 2 и латунный диск 5, закрепленный на оси 7 в зазоре между магнитами 2. Немагнитный металлический вал 7 вращается в подшипниках 1 от приводного электродвигателя. Электродвигатель на рис.7 не показан.

Для измерения индуцированного генератором электрического тока в модели предусмотрены:

- неподвижная графитовая щетка 10, закрепленная в держателе 3, контактирующая с валом 7;
- подвижная траверза 6 с графитовой щеткой 11, удерживаемая держателем 3, которая может перемещаться вдоль радиуса диска 5;
- подключенный проводами к щетке 10 и траверзе 6 вольтметр В.

Кроме того, для измерения напряженности электрического поля, возникающего при вращении магнитов 4 и магнитопроводов 2, имеется возможность введения в зазор между ними медного зонда 8, закрепленного в изолирующем держателе 9, который подключен к электрометру Р.

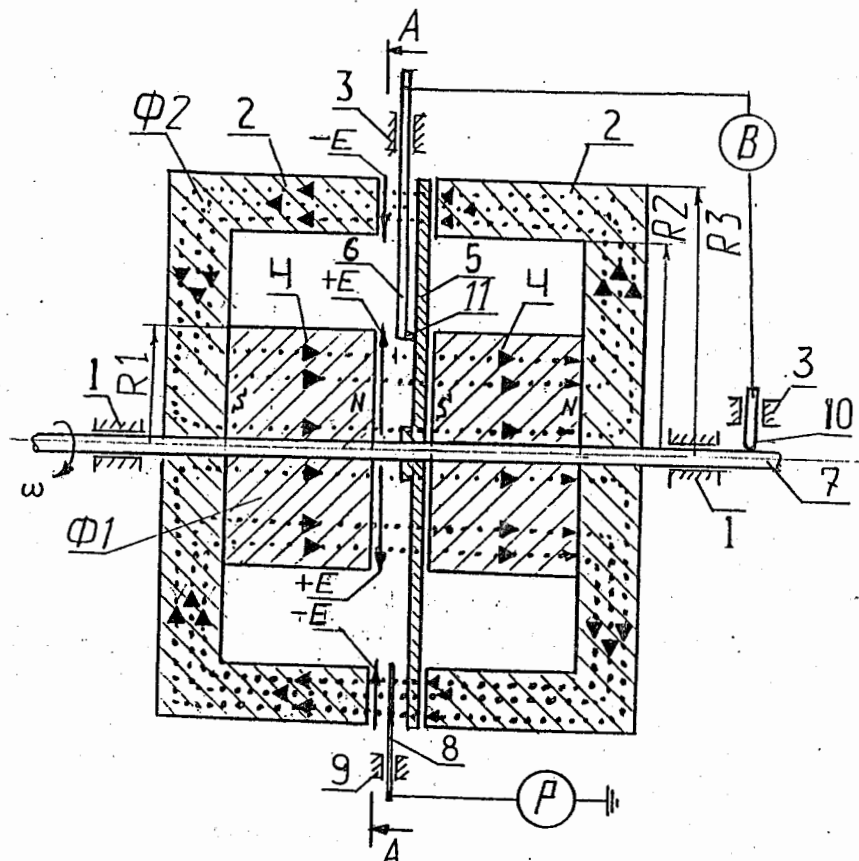


Рис.7. Схема конструкции модели униполярного генератора

Магнитное поле создают два постоянных оксидно-бариевых магнита 4, поля которых, суммируясь, создают магнитный поток $\Phi 1$ и затем замыкаются через магнитопроводы 2, магнитный поток в которых обозначен $\Phi 2$. Силловые линии магнитного поля показаны пунктиром. Их направление обозначено стрелками. Оба потока равны по величине:

$$|\Phi 1| = |\Phi 2|. \quad (18)$$

Из рис.7 видно, что магнитные потоки $\Phi 1$ и $\Phi 2$ пересекают латунный диск 5 в противоположных направлениях. Поэтому возникающие ЭДС будут равны и направлены встречно.

В описываемой модели генератора можно было изучать два режима работы:

1. Вращается только латунный диск 5, закрепленный на оси 7 (вариант 1).
2. Вращаются совместно латунный диск 5, магниты постоянные 4 и магнитопроводы 2 (вариант 2).

Рассмотрим особенности работы генератора в каждом из режимов при видоизменении режимов измерения.

Вариант 1

При вращающемся диске, но неподвижных магнитах 4 и магнитопроводах 2, на электроны проводимости в диске действует сила Лоренца, что эквивалентно возникновению электрического поля "+E" в центральной части диска, где проходит поток Φ_1 , и поля "-E", на периферии диска, где проходит поток Φ_2 .

На рис.8 показана для этого случая схема расположения эквивалентных электрических полей на поперечном разрезе А-А генератора.

Вариант 1.1

Установим щетку 11 на край потока Φ_1 . В этом случае измерительная цепь вольтметра будет включать центральную часть диска, где возникнет электродвижущая сила (ЭДС). Для УГ [3,с.552] $U_1 = \frac{\pi R^2 B n}{c}$. Так как $\Phi_1 = \pi R^2 B$, то

$$U_1 = \Phi_1 n \frac{1}{c}, \quad (19)$$

где c — скорость света, n — скорость вращения, об./с, R — радиус диска, B — индукция магнитного поля.

Последовательно с ней в цепи вольтметра будет включена траверза 6. Так как она неподвижна, то в ней ЭДС наводиться не будет и в цепи вольтметра U_1 будет единственной ЭДС. Ее и покажет вольтметр.

Вариант 1.2

Отодвинем щетку 11 на наружный край потока Φ_2 . Теперь в измерительной цепи вольтметра кроме U_1 появится и ЭДС U_2 , индуцируемая в диске областью пересечения с потоком Φ_2 , обратного по отношению к Φ_1 направления:

$$U_2 = \Phi_2 n \frac{1}{c}. \quad (20)$$

Поэтому в цепи вольтметра напряжение

$$U_{\text{в}} = U_1 - U_2 = \Phi_1 \frac{n}{c} - \Phi_2 \frac{n}{c} = 0. \quad (21)$$

Вариант 2

Будем вращать в том же направлении, что и в варианте 1, совместно диск 5, магниты 4 и магнитопроводы 2. Рассмотрим детально, что будет показывать вольтметр в тех же случаях его подключения.

Вариант 2.1

Предположим, что магнитное поле остается неподвижным при вращении магнитов и магнитопроводов. Тогда это идентично варианту 1. и наблюдаемые результаты повторяют вариант 1.

Вариант 2.2

Теперь предположим, что силовые линии магнитного поля вращаются вместе с магнитом, магнитопроводом и диском. В этом случае ЭДС не будет наводиться в диске, т.к. диск не будет пересекать силовые линии. ЭДС U_1 в центре диска и U_2 на периферии будут равны нулю. Однако входящая в измерительную цепь вольтметра траверза 6 остается неподвижной и вращающиеся относительно нее силовые линии поля, пересекая ее, вызовут появление в ней ЭДС.

Поэтому рассмотрим показания вольтметра при двух положениях траверзы:

Вариант 2.2.1

Щетка 11 находится на краю магнитного потока Φ_1 .

Так как магнитное поле и диск вращаются относительно траверзы в том же направлении, что и раньше, то движение траверзы относительно потока Φ_2 эквивалентно вращению траверзы в обратном направлении относительно неподвижного поля Φ_2 . Поэтому величина ЭДС, наводимая потоком Φ_2 на траверзе, которую покажет вольтметр, будет равна:

$$U_{\text{тр}} = \Phi_2 \left(\frac{-n}{c} \right) = (-\Phi_1) \left(\frac{-n}{c} \right) = \Phi_1 \frac{n}{c}, \quad (22)$$

что полностью совпадает с показаниями вольтметра в варианте 1.1.

Вариант 2.2.2

Передвинем щетку 11 на наружный край диска за зону прохождения потока Φ_2 через диск. В этом случае магнитный поток не будет пересекать траверзу и на ней не будет наводиться ЭДС. Показания вольтметра будут равны нулю, что полностью совпадает с вариантом 1.2.

Таким образом, мы видим, что с помощью замкнутой на вольтметр или гальванометр электрической цепи, в которой производится измерение индуцированного электрического тока, невозможно однозначно определить, вращается магнитное поле при вращении магнита или нет.

т.к. показания вольтметра в обоих случаях одинаковы. Это полностью подтверждает описанное в п.9 раздела 2 свойство статического электромагнитного поля. Именно поэтому усилия многих исследователей оказались безрезультатными.

Для получения ответа на поставленный вопрос необходимо перейти от измерения индуктированного тока в замкнутой электрической цепи к измерению электрического поля на незамкнутом участке пространства.

Поиск электростатической компоненты статического электромагнитного поля, возникающего при вращении намагниченного шара, стержневого магнита или соленоида, существенно затруднен вследствие малых величин индукции рассеянного магнитного поля и, соответственно, малых величин напряженности электростатического поля в окружающем источник магнитного поля пространстве.

Униполярный генератор с внешним магнитопроводом позволяет сравнительно просто существенно увеличить магнитный поток и сконцентрировать его в зазоре, расположенном в медианной плоскости магнитной системы. В результате значительно возрастает напряженность электростатической компоненты гипотетического поля, что облегчает ее измерение. Именно поэтому единственный успешный эксперимент был осуществлен именно на униполярном генераторе [22].

По аналогии с намагниченным шаром или стержневым магнитом в униполярном генераторе, если силовые линии магнитного поля вращаются вместе с магнитами, то в кольцевом зазоре между магнитопроводами 2 должно возникать электрическое поле "E", как это показано на рис.8.

Для решения вопроса достаточно установить в зазоре ориентированный вдоль электрического поля неподвижный проводящий зонд 8, подсоединенный к электрометру P. При возникновении электрического поля электроны проводимости зонда будут смещаться по его длине и произойдет поляризация зонда. На его концах появятся заряды, которые необходимо измерить нетоковым способом, например, с помощью электрометра. Разность потенциалов, развиваемая на длине зонда, равна ЭДС униполярной индукции U_1 , измеренной в замкнутой электрической цепи.

Описанная выше модель имела следующие параметры.

Магнитное поле между полюсами составляло 2000 Гс, скорость вращения 2760 об./мин, $R_1 = 26$ мм, $R_2 = 44$ мм, $R_3 = 50$ мм. Измеренное в

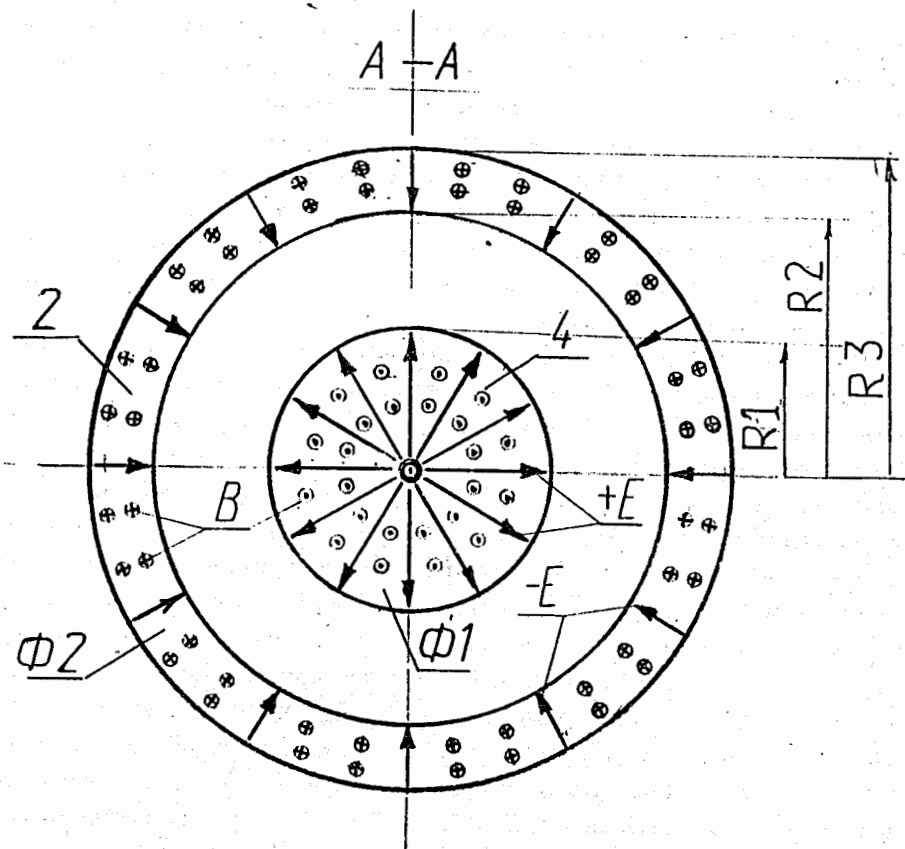


Рис.8. Распределение векторов напряженности электрического поля в средней плоскости модели униполярного генератора

замкнутой на вольтметр электрической цепи напряжение униполярной индукции составило 30 мВ.

Аналогичный эксперимент описан в [22]. В этом случае такая же, в принципе, модель имела несколько большие размеры: $R_3 = 105$ мм, $R_2 = 90$ мм. Магнитное поле создавалось катушкой с током. Величина магнитного поля не измерялась. Авторами сообщается, что ЭДС униполярной индукции составляла 100 мВ. Для измерения электрического заряда, возникающего на зонде, установленном в кольцевом зазоре магнитопровода, использовался серийный электрометр СГ-2М. При вращении совместно катушки с током и магнитопровода авторы наблю-

дали появление на зонде напряжения $98 \div 116$ мВ. При изменении направления вращения знак напряжения изменялся на противоположный. На основании полученных результатов авторы пришли к выводу о том, что силовые линии магнитного поля вращаются вместе с магнитной системой, которая включала магнитопровод и катушку с током. Однако Д.Городский [23], рассмотрев статью [22], указал на необходимость принятия мер по устранению возможной погрешности измерений, связанной с электризацией зонда движением воздуха, увлекаемого вращающимся магнитопроводом.

Ввиду важности разрешения вопроса о том, вращаются ли силовые линии магнитного поля совместно с магнитами при их вращении, совершенно необходимо поставить решающий эксперимент. При его разработке необходимо в конструкции генератора предусмотреть возможность измерения и устранения побочных эффектов, в частности, от электризации воздуха, электромагнитного поля от электродвигателя, возникающих в зонде напряжений от промышленных помех электромагнитного свойства, об учете которых не сообщают авторы работы [22].

Исследование на модели позволяет сделать вывод о том, что для повышения достоверности эксперимента целесообразно увеличить напряжение униполярной индукции до 10–12 В. Для этого следует увеличить диаметр внешнего магнитопровода до 1 м, применить катушку с током и получить магнитное поле с индукцией 14–15 кГс. Тогда соотношение между полезным сигналом и помехами достигнет кратности 10–20 раз и можно будет получить однозначный результат. Принципиально важно для измерения возникающего в зонде электрического заряда применять именно электростатические электрометры. Для получения достоверных результатов целесообразно тщательно экранировать измерительную цепь и модернизировать какой-либо из известных типов электрометров, обеспечив требуемую чувствительность и помехоустойчивость, что потребует тщательного проведения эксперимента.

Уточненная схема эксперимента показана на рис.9. Обозначения на нем соответствуют обозначениям на рис.7. Экспериментальная установка состоит из магнитного блока, включающего цилиндрический постоянный магнит (или катушку с током) 4 и внешний магнитопровод, образованный двумя ферромагнитными чашками 2, между которыми имеется рабочий зазор. В зазоре размещен медный зонд 8, заключенный в неферромагнитный кожух 12, в котором создается вакуум откач-

кой через патрубок 13. Магнитный блок приводится во вращение от постороннего двигателя, не показанного на схеме.

Если силовые магнитные линии вращаются совместно с магнитным блоком, то в зазоре возникает электрическое поле “-E”, показанное на рис.9 стрелкой. В этом случае на концах зонда 8 появится индуцированный электрический заряд, который будет измерен электрометром Р.

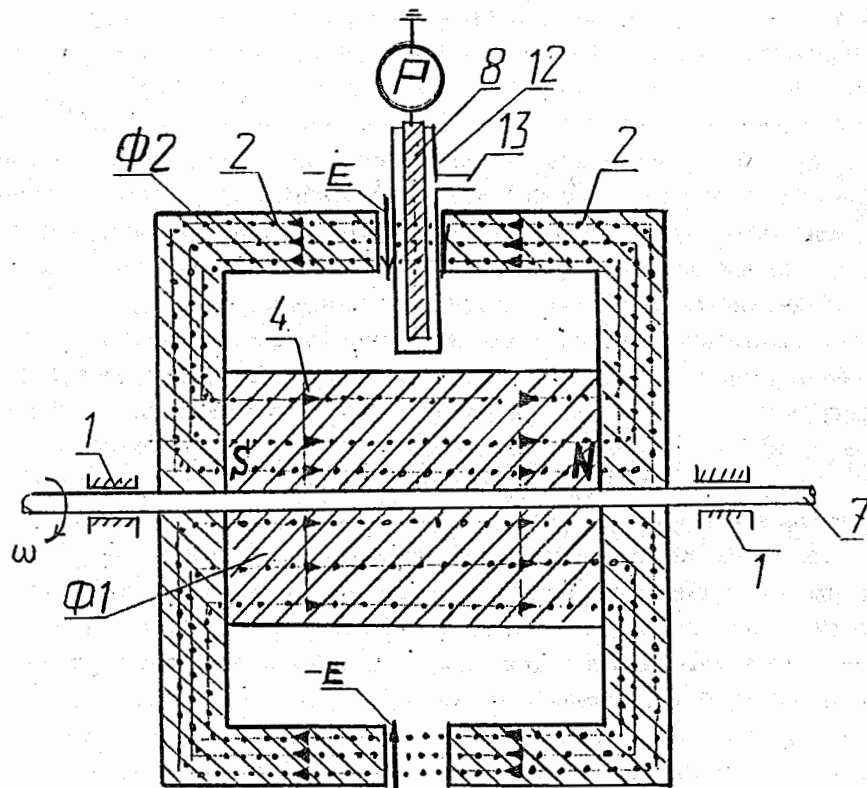


Рис.9. Схема эксперимента по поиску электростатической компоненты гипотетического статического электромагнитного поля, возникающего при вращении цилиндрического магнита с магнитопроводом

Если силовые линии магнитного поля остаются неподвижными при вращении магнитного блока, то не будет электрического поля $-E$ и показания электрометра будут равны нулю.

Таким образом, эксперимент может дать однозначное решение проблемы.

5. Заключение

До настоящего времени остается нерешенным вопрос о том, вращается ли строго симметричное магнитное поле при вращении создавших это поле постоянных магнитов или катушек с током. Эта проблема обсуждается и экспериментально исследуется, начиная с 1832 г. до настоящего времени [5,9,20,21]. Ее решение зависит от экспериментального обнаружения вначале на макроуровне индуцированного электростатического поля. Однако все эксперименты, кроме одного, из числа известных автору, не дали однозначного ответа на поставленный вопрос, который, как очевидно из вышеизложенного, имеет фундаментальное значение для современной науки и техники.

Предлагаемая гипотеза позволила заново рассмотреть всю проблему и сформулировать основные свойства искомого поля. Оказалось, что все эксперименты, кроме одного, эти свойства не учитывали, что и обусловило нулевой результат. Напротив, использование наиболее существенных из этих свойств обеспечило успешный результат эксперимента Н.Засва и В.Докучаева [22].

Однако важность проблемы обуславливает, на взгляд автора, необходимость постановки дополнительных экспериментов, учитывающих критические замечания по поводу работы [22], с использованием современных материалов и технологий, которые существенно повысили бы точность и достоверность полученных в ней результатов.

Схема такого эксперимента предлагается в данной работе. По нашей оценке стоимость такого эксперимента несопоставимо мала по сравнению со стоимостью ядерно-физических установок.

В дальнейшем большой интерес представило бы математическое моделирование гипотетического статического электромагнитного поля для источников различной формы. При существенном повышении чувствительности и точности известных методов измерения электростатических полей в последующем было бы весьма интересно провести экспериментальные измерения картины распределения напряженности электроста-

тического поля вращающихся магнитных полей разной конфигурации и сопоставить их с расчетными данными.

В заключение автор считает приятным долгом поблагодарить ведущих сотрудников ОИЯИ Л.М.Сороко, Г.Н.Афанасьева, В.М.Дубовика и А.А.Тяпкина за благожелательные критические обсуждения вышеизложенной гипотезы и вытекающих из нее следствий, а также профессора В.А.Никитина за предоставление возможности выступить на семинаре.

Автор выражает особенную благодарность начальнику фазотрона Н.Г.Шакуну и другим сотрудникам отдела и Лаборатории ядерных проблем за содействие в проведении экспериментов с униполярным генератором, а также сотрудникам библиотеки ОИЯИ за помощь в подборе научной литературы.

Л и т е р а т у р а

1. М.Фарадей. "Экспериментальные исследования по электричеству". т.1, М., 1947.
2. Р.Фейнман и др. "Фейнмановские лекции по физике", вып.5, М., 1977.
3. И.Тамм. "Основы теории электричества". М., 1966.
4. Р.Поль. "Учение об электричестве". М., 1962.
5. В.Пановский и др. "Классическая электродинамика". М., 1963.
6. Э.А.Меерович и др. "Методы релятивистской электродинамики в электротехнике и электрофизике". М., 1987.
7. S.Tolver Preston. Phil.Mag., 1885, v.19, p.131, 215; Phil.Mag., 1891, v.31, p.100.
8. М.Фарадей. "Экспериментальные исследования по электричеству". т.П, М., 1951.
9. Л.Слепян. "Проблема униполярной индукции". В кн.: Известия Петроградского Политехнического института, 1914, т.ХХП, вып.1, с.55-175.
10. L'Eclairage Electrique, 1899, t.XX, p.348; t.XXI, p.66.
11. О.Хвольсон. "Курс физики", т.4, Берлин, 1923.
12. Л.Д.Ландау и Е.Лифшиц. "Электродинамика сплошных сред". М., 1992.
13. Г.Лорентц. "Теория электронов". М., 1956.
14. В.Н.Стрельцов. "О релятивистски вращающихся системах отсчета". ОИЯИ, Р2-80-20, Дубна, 1980.

15. А.Эйхенвальд. "Электричество". М.-Л., 1933.
16. E.H.Kennard. Phil.Mag., 1912, v.23, p.937; 1917, v.33, p.179.
17. S.J.Barnett. Phys.Rev., 1912, v.35, p.323; 1913, v.2, p.323; 1918, v.12, p.95; 1920, v.15, No.3, p.527.
18. W.F.G.Swann. Phys.Rev., 1920, v.15, No.3, p.365.
19. G.V.Pegram. Phys.Rev., 1917, v.10, No.6, p.591.
20. J.Djurić. J.Appl.Phys., 1975, v.46, N 2, p.679.
21. D.F.Bartlett et al. Phys.Rev.D, 1977, v.16, N 12, p.3459.
22. Н.Е.Заев и В.И.Докучаев. "О поведении линий поля вращающегося магнита". "Электротехника", N 11, М., 1964, с.64.
23. Д.Городский. "Электротехника", 1965, N 5, М., с.64.
24. "Униполярные электрические машины". Доклады конференции Информэлектро. М., 1969, с.117.
25. Я.И.Френкель. "Электродинамика", т.1, М., 1956.
26. М.Фарадей. "Экспериментальные исследования по электричеству", т.Ш, М., 1959.
27. Абрагам-Беккер. "Теория электричества", т.1, М.-Л., 1936.
28. Д.Джексон. "Классическая электродинамика". М., 1965, с.180, §10.
29. А.Зоммерфельд. "Электродинамика". М., 1958.
30. В.В.Батыгин и др. "Сборник задач по электродинамике". М., 1970.
31. Л.Ландау и Е.Лифшиц. "Теория поля", М., 1988.
32. А.Родин. "О неизвестных опытах по электромагнитной индукции". "Электричество", N 7, 1994.
33. Н.Jehly. Phys.Rev.D: v.3, p.306 (1971); v.6, p.441 (1972); v.11, p.2147 (1975).

Рукопись поступила в издательский отдел
14 декабря 1996 года.

Богач В.А.

P13-96-463

Гипотеза о существовании статического электромагнитного поля и его свойствах

Рассматривается поставленный М.Фарадеем, но не решенный до сих пор вопрос: вращается или остается неподвижным строго симметричное магнитное поле при вращении создавших его постоянных магнитов или катушек с током? Обсуждается история проблемы. На базе теоретического анализа выдвигается гипотеза, объясняющая безуспешность множества экспериментов и согласующаяся с единственным результативным экспериментом. Сформулированы важнейшие свойства статического электромагнитного поля, не сводимого ни к потенциальному, ни к вихревому видам полей, электростатическая компонента которого создается вращающимся магнито-статическим полем. Обсуждается альтернатива электрическому заряду, снимающая парадоксы бесконечности собственной энергии и массы, а также устойчивости заряженных частиц. Объясняется униполярная индукция.

Резюмируется, что вопрос о вращении магнитного поля совместно с магнитом является фундаментальной проблемой, требующей безотлагательного экспериментального разрешения.

Предлагается схема ключевого эксперимента для однозначного решения проблемы.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1996

Перевод М.И.Потапова

Bogach V.A.

P13-96-463

Hypothesis of Existence of Static Electromagnetic Field and its Properties

The paper deals with the question, raised by M.Faraday and remaining open so far, as to whether the strictly symmetrical magnetic field generated by permanent magnets or current coils rotates together with the magnets or the coils. The history of the problem is discussed. Based on the theoretical analysis, a hypothesis is put forward which accounts for the failure of many experiments and fits the only effective experiment. The most important properties of a static electromagnetic field, which cannot be reduced to the potential or the eddy one and whose electrostatic component is produced by the rotating magnetostatic field, are formulated. An alternative to the electric charge is discussed which eliminates the paradoxes of eigenenergy and eigenmass infinity and charged particle stability. The unipolar induction is explained.

The conclusion is drawn that the problem of magnetic field rotation together with the magnet is a fundamental problem calling for immediate experimental solution.

A scheme of the key experiment for unambiguous solution of the problem is proposed.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 1996