

ПАРАДОКСЫ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ, ТЕРМОЯДЕРНЫЙ СИНТЕЗ И ТУННЕЛЬНЫЙ ЭФФЕКТ

В статье поднимается вопрос о пересмотре электродинамики Максвелла и отказе от калибровки Лоренца. Сравнительно скромные результаты многолетней работы коллектива НИЦ «Курчатовский институт» над созданием термоядерных реакторов на базе токамаков, во многом обусловлены значительным отличием реальной электродинамики токамаков от электродинамики Максвелла. Туннельный эффект открывает путь к созданию действительно управляемого ядерного синтеза.

Ключевые слова: Токамак (тороидальная камера для плазмы с магнитными катушками), тороидальное (несиловое) магнитное поле, полоидальное (силовое) магнитное поле, векторный потенциал \mathbf{A} .

The paradoxes of electrodynamics, nuclear fusion and tunneling effect

Department of Physical Electronics, Russian State Pedagogical University, St.Petersburg, RCC"Energy", Russia

Abstract: The article raises the question of revision of Maxwell's electrodynamics and the refusal of the Lorentz calibration. Relatively modest results of years of work of the collective of the National Research Centre "Kurchatov Institute" in the creation of a fusion reactor based on the tokamak due to the fact that Maxwell's electrodynamics is very different from the real electrodynamics in a tokamak. The tunnel effect paves the way for a truly controlled nuclear fusion.

Keywords: Tokamak (toroidal chamber with magnetic coils for plasma confinement), a toroidal (non-force) magnetic field, poloidal (force) magnetic field, vector potential \mathbf{A} .

1. Введение

2. Реальная электродинамика токамаков

3. Парадоксы и противоречия в классической электродинамике Максвелла

4. Модернизация классической электродинамики Максвелла

5. Эксперименты

5.1 Эффект Ааронова-Бома

5.2 Опыты А. Солунина и А. Костина

6. Заключение

1. Введение

В 2016 году исполнилось 10 лет (2006) с начала проекта Международного термоядерного экспериментального реактора – ИТЭР (International Thermonuclear Experimental Reactor), реализуемого в настоящее время во Франции совместными усилиями Европейского союза, Индии, Китая, Кореи, России, США и Японии. В июне 2016г появилось сообщение о переносе срока окончания работ с 2020г на 2025г. Сегодня можно говорить о сложной задаче, с которой столкнулись создатели проекта ИТЭР. Сравнительно скромные результаты многолетней работы коллектива Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» над созданием термоядерных реакторов на базе токамаков, во многом обусловлены значительным отличием реальной электродинамики токамаков от электродинамики, описываемой на основании классических уравнений Максвелла [1].

История токамаков началась с письма сержанта срочной службы Олега Александровича Лаврентьева в ЦК ВКП(б) от 22 июля 1950 г., в котором предлагалось создать систему с электростатическим удержанием горячей плазмы для осуществления управляемого термоядерного синтеза (УТС). УТС это синтез более тяжелых атомных ядер из более легких. При температуре около 100 миллионов градусов исходные нуклоны или легкие ядра могут преодолевать силы

отталкивания и сближаться на расстояния действия ядерных сил притяжения. Процесс слияния легких ядер и образование тяжелых атомных ядер сопровождается выделением колоссальной энергии. Природным термоядерным реактором является Солнце, где уже миллиарды лет происходит неуправляемый термоядерный синтез – из тяжелого водорода дейтерия образуется гелий с выделением огромного количества энергии. В земных условиях неисчерпаемым источником водорода может служить вода, что открывает огромные перспективы перед термоядерной энергетикой. В октябре 1950г. А.Д.Сахаров и И.Е.Тамм подготовили теоретическое обоснование магнитного термоядерного реактора (МТР) и сделали первые оценки его параметров. В январе 1951г. И.В.Курчатов поддержал развитие работ по МТР и 5 мая 1951г. Постановлением Совета министров, подписанным И.В.Сталиным, практическая разработка МТР была поручена Лаборатории измерительных приборов ЛИПАН, в настоящее время - Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт». Первая тороидальная установка с сильным продольным магнитным полем ТМП (тор с магнитным полем) была построена в ЛИПАНе в 1955г.

2. Реальная электродинамика токамаков

Токамак представляет собой тороидальную камеру с магнитными катушками, предназначенную для магнитного удержания плазмы с целью достижения условий, необходимых для протекания управляемого термоядерного синтеза. Для создания магнитной ловушки используется комбинация магнитных полей: сильного тороидального поля B_t и более слабого полоидального поля B_p , а также поля B_i тока I , протекающего по плазменному шнуру. Считается, что плазма устойчива в токамаке, если выполняется критерий Шафранова – Крускаля:

$$B_t / B_i > R/\alpha \quad (1)$$

где R - радиус окружности плазменного кольца, α – радиус поперечного сечения плазменного шнура.

Однако, последние работы [1,2] главного научного сотрудника Сибирского отделения РАН, профессора В.В.Аксенова позволили установить, что сложная конфигурация силовых линий магнитного поля внутри токамака отличается от тороидальной, в результате чего частицы горячей плазмы в «бублике» токамака устремляются по силовым линиям магнитного поля произвольной топологии к стенкам токамака и разрушают его. Профессор В.В.Аксенов в статье «Несиловые и силовые электромагнитные поля» обосновал эффект самогенерации сильным тороидальным магнитным полем H_t полоидального магнитного поля H_p и наоборот [1]. Чем напряженнее тороидальное магнитное поле, создаваемое обмотками тороида, а оно в токамаке достигает 3-5 Тл, тем интенсивнее будет созданное им дополнительное полоидальное магнитное поле. Фактически происходит самовозбуждение и бесконтрольное нарастание магнитного поля различной топологии, отличной от тороидальной, за счет самого магнитного поля внутри токамака, при появлении в нем проводящей плазмы. Это приводит к неконтролируемой неустойчивости плазменного шнура. Процесс самовозбуждения будет нарастать практически мгновенно за счет взаимной генерации выше упомянутых магнитных полей. При этом с ростом температуры внутри токамака скорость диффузии также будет нарастать за счет падения проводимости в плазменном шнуре и роста полоидального поля внутри токамака. Сегодня в модернизированном токамаке Т-15 в Курчатовском институте время удержания плазмы в стационарном режиме составляет менее 1с.(в проекте заложено время 5-10с), в токамаке EAST китайского Института физики плазмы удалось добиться рекордного времени удержания плазмы в течении 30с, а в проекте ИТЭР необходимо достигнуть следующие параметры: в стационарном режиме $P_{fus} = 0,4-0,5$ ГВт, $Q > 5$ и довести длительность удержания плазмы до 3000с. В природном Солнечном термоядерном реакторе, регулярно наблюдаются выбросы солнечной плазмы, что указывает на неустойчивость работы Солнечного реактора.

3. Парадоксы и противоречия в классической электродинамике Максвелла

Еще в начале 20-ого века стало ясно, что электродинамика Максвелла требует пересмотра и дальнейшего совершенствования. Но прошло более 100 лет, а эта задача не выполнена и сегодня. Попытки ряда ученых указать на явные противоречия и парадоксы классической и квантовой

электродинамики наталкиваются на полное непонимание и яростное противодействие со стороны апологетов господствующей сегодня в физике СТО и ОТО А.Эйнштейна [1,4,5,10,11]. В результате уравнения Максвелла оказались отделены от исходной модели среды, в которой токи проводимости и смещения играли вполне определенную физическую роль. С этого момента электродинамика Максвелла лишилась практически любой возможности своего дополнения, изменения и совершенствования. В настоящее время в электродинамике накопилось много противоречий и парадоксов, которые в рамках теоретических представлений не имеют объяснения. Вот некоторые из них:

- Парадоксальна роль токов смещения в индукции магнитного поля движущегося заряда, поскольку в электродинамике господствует представление об индукции магнитного поля только токами переноса $j_p(r) \neq 0$:

$$\operatorname{rot}\mathbf{H} = 4\pi/c \mathbf{j}_p, \quad (2)$$

$$\operatorname{div}\mathbf{H} = 0 \quad (3)$$

Что такое токи смещения? Максвелл называл составляющую $j_{cm} = 1/4\pi (dE/dt)$ в своих уравнениях «током смещения», имея в виду, что электрическое поле создается в светоносном эфире за счет относительного движения (поляризации) составляющих его разноименно заряженных частиц, образующих диполе. С одной стороны токи смещения представляют собой физическую реальность, так как без них невозможно понять работу простейшего конденсатора, с другой токи смещения – это математическая формальность, с помощью которой оказывается возможным сделать уравнения Максвелла симметричными. С одной стороны магнитные свойства токов смещения принимаются эквивалентными магнитным свойствам токов переноса, с другой стороны магнитные поля движущихся зарядов определяются почему-то, только токами переноса, как будто токи смещения при этом отсутствуют;

- Ошибочное применение Максвеллом теоремы Остроградского-Гаусса не только для покоящихся зарядов, но и для движущихся. В результате этого произвольного допущения, динамическое состояние движущихся электрических зарядов просто подменяется их статическим состоянием. Однако, экспериментально установлено взаимодействие параллельно движущихся зарядов e_1 и e_2 при $v_1=v_2=v$ и $v(r) = 0$, при этом сила взаимодействия между зарядами при их движении меняется. Закон Кулона (теорема Гаусса - одно из уравнений Максвелла) справедлив только для неподвижных зарядов. В рамках известных представлений в электродинамике, магнитное взаимодействие между двумя движущимися по одной прямой зарядами вообще исключается, хотя экспериментально получена интересная зависимость для магнитных полей взаимодействующих зарядов, движущихся по одной прямой. Экспериментально подтверждено существование продольных сил взаимодействия между зарядами, движущимися по одной прямой;

- Парадоксально, но уравнения Максвелла в своей дифференциальной форме оказываются не приемлемыми для описания явления электромагнитной индукции при работе обычного трансформатора, так как вихревые электрические поля $\mathbf{E}(r)$ индукции, в пространстве около трансформатора, индуцируются вне зависимости от наличия в этом же пространстве изменяемых во времени магнитных полей $\mathbf{H}(r)$, т.е. при условии: $d\mathbf{H}/dt = 0$.

Другими словами, для любой точки пространства r около трансформатора для дифференциальных уравнений Максвелла, индукция вихревого электрического поля \mathbf{E} должна вообще отсутствовать. Однако, реальность существования магнитных полей в электрически восприимчивой среде (ϵ_0, μ_0) для любой точки пространства около обмотки намагничивания первичного контура легко установить, поместив в это пространство обмотку намагничивания второго замкнутого контура. В результате магнитного взаимодействия с первичным полем, во вторичном контуре генерируется энергия, которую можно зарегистрировать. Этот эффект физик-изобретатель Андрей Мельниченко использовал для создания своего «трансгенератора» с КПД > 100% , работающего вопреки всем законам как классической электродинамики Максвелла, так и квантовой электродинамики. В статье «И все-таки она светится» А.Мельниченко описывает простой опыт с двумя лампочками ясно и зримо показывающий, что «энергия вторичного магнитного поля, снимаемого с одного или нескольких вторичных контуров с ферритовыми сердечниками, отделенными от первичной обмотки диэлектриком, дает

существенную прибавку к электроэнергии, получаемой от источника тока» [3]. При замыкании первичного контура, в нем загорается лампочка, точно такая же лампочка загорается и во вторичном контуре, отделенном от первичного небольшим промежутком, но горит она без всяких затрат энергии первичного контура. Дополнительную «даровую» энергию в «трансгенераторе» Андрей Мельниченко объясняет возмущениями среды в пространстве между ферромагнитными сердечниками с обмотками, разделенными относительно небольшими зазорами из диэлектрика (2-3мм.). Ферритовые сердечники, помещенные в это поле, усиливают электромагнитные характеристики среды (ϵ, μ) за счет резонансной спиновой поляризации доменов. Замена ферритовых сердечников на сердечники из электротехнической стали может усилить эффект генерации тока во вторичном контуре в десятки раз, поскольку в ферритах электромагнитная индукция достигает не более 0,4 – 0,5 Тл, а в электротехнической стали магнитная индукция достигает 1,5 – 2 Тл и более. Это подтверждают эксперименты А.Мельниченко;

- Формализм поля векторного потенциала \mathbf{A} оказывается хорошо применим для описания явления электромагнитной индукции тока в проводнике вне сердечника трансформатора, ибо вне сердечника при условии $d\mathbf{H}/dt = 0$ реализуется условие $d\mathbf{A}/dt \neq 0$. Сотрудником Томского политехнического Университета Г.В. Николаевым, через однозначную величину векторного потенциала \mathbf{A} , движущегося заряда $e0$, при ($v \ll c$) $\mathbf{A} = e\mathbf{v}/cr$, в пространстве около него, экспериментально было обнаружено два типа магнитных полей:

$$\text{векторного } \mathbf{H}_T = \text{rot}\mathbf{A} \quad (4)$$

$$\text{скалярного } \mathbf{H}_P = -\text{div}\mathbf{A} \quad (5)$$

и продольная сила магнитного взаимодействия, отличная от поперечных сил Лоренца[4];

- Сам Максвелл указывал на наличие трудностей с применением своих уравнений к незамкнутым электрическим токам и отдельным элементам тока. Трудности эти заключаются в том, что для незамкнутых токов одна, не равная нулю пространственная производная $\text{rot}\mathbf{A} = \mathbf{H}$ векторного потенциала \mathbf{A} , уже не может определять его полностью. Обнаруживается существование еще другой, не равной нулю, пространственной производной $\text{div}\mathbf{A} \neq 0$ этого же векторного потенциала \mathbf{A} . В общем случае векторный потенциал \mathbf{A} можно представить в виде суммы вихревой и потенциальной компонент $\mathbf{A} = \mathbf{A}_T + \mathbf{A}_P$. Оказывается, что прямолинейный бесконечный ток не создает скалярного магнитного поля, а элемент тока конечной длины создает как векторное магнитное поле $\mathbf{H}_T = \text{rot}\mathbf{A}_T$, так и скалярное магнитное поле $\mathbf{H}_P = -\text{div}\mathbf{A}_P$. Поскольку изолированный элемент тока трудно себе представить, так как для этого необходимы исток и сток зарядов, представляет интерес конфигурация полей в более реальном случае замкнутых токов, в частности для этих целей может служить тороид [5];

- Анализируя причины противоречий в современной электродинамике можно отметить общепризнанное нарушение третьего закона механики Ньютона, допускаемое как в квантовой, так и в классической электродинамике. Это выражается в признании одних поперечных сил Лоренца, при полном игнорировании существования равных им по величине и одинаковых по природе продольных магнитных сил реакции. Из факта грубого нарушения третьего закона механики в магнитном взаимодействии перпендикулярных элементов тока следует, что, в силу выполнения принципа суперпозиции, такое же грубое нарушение III закона механики следует ожидать и в магнитном взаимодействии опять же перпендикулярных, но уже макроскопических отрезков тока, составляющих реальный контур токамака;

- Первые уравнения Максвелла содержали полные производные по времени. Эти уравнения были инвариантны относительно преобразований Галилея, а преобразований Лоренца тогда в них не было. Затем Герц и Хевисайд ввели векторный и скалярный потенциалы \mathbf{A} и ϕ и появились неоднородные волновые уравнения второго порядка, а полная производная по времени была заменена частной. Эти уравнения стали окончательной формулировкой электродинамики и сегодня считается, что в них ничего не надо менять. Теперь эти уравнения стали релятивистки инвариантны, но инвариантность относительно преобразований Галилея исчезла вместе с эфиром. Однако, не инвариантность уравнений электродинамики обусловлена не столько существованием скалярного магнитного поля, сколько допущением реальности существования среды и учета эффектов запаздывающих потенциалов и деформации электрического поля движущихся зарядов.

Полная инвариантность уравнений электродинамики допустима только в абсолютно пустом пространстве СТО Эйнштейна.

- Парадоксально, но в классической электродинамике частица может двигаться с постоянным ускорением, генерируя энергию неизвестно откуда. Как известно, в случае движения заряженной частицы в плоском конденсаторе с приложенным постоянным напряжением возникает классическое равноускоренное движение $x = \alpha t^2$. Если при ускорении заряда учитывать также силу его воздействия самого на себя, то возникает сила торможения излучением или сила лучистого трения Планка. Она пропорциональна третьей производной координаты x по времени и экспериментально давно обнаружена. Если записать уравнение движения заряда в отсутствие внешних полей (действие поля заряда само на себя), то будем иметь следующее уравнение движения:

$$m \frac{d^3x}{dt^3} = \frac{2e^2}{3c^3} \frac{d^3x}{dt^3} \quad (6)$$

Легко видеть, что это уравнение, кроме понятного частного решения $v = dx/dt = \text{const}$, имеет общее решение, в котором ускорение частицы α , оказывается, неограниченно экспоненциально возрастает со временем по абсолютно неизвестной причине:

$$\alpha = \frac{d^2x}{dt^2} = C \exp \left[\frac{3mc^3 t}{2e^2} \right] \quad (7)$$

Л.Ландау и М.Лифшиц в своей классической книге «Теория поля» по этому поводу пишут следующее: «Может возникнуть вопрос о том, каким образом электродинамика, удовлетворяющая закону сохранения энергии, может привести к абсурдному результату, в котором свободная частица неограниченно увеличивает свою энергию. Корни этого находятся в бесконечной электромагнитной «собственной массе» элементарных частиц».

В Унитарной квантовой теории профессор Л.Сапогин предложил такое же решение и для уравнения с осциллирующим зарядом [11]. Более того, он показал, что и для уравнения Шредингера возникает физически похожее решение. Пусть потенциал в уравнении Шредингера равен $U(x) = \gamma x$. Тогда полное уравнение Шредингера примет вид:

$$\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\Psi(x,t)}{dx^2} - \gamma x \Psi(x,t) + i\hbar \frac{d\Psi(x,t)}{dt} = 0 \quad (8)$$

Будем искать решение этого уравнения в виде:

$$\Psi(x,t) = b \exp \left(i \frac{m\alpha^2 t^2}{2\hbar} - i \frac{m\alpha x}{\hbar} \right) \quad (9)$$

Такой вид волновой функции обусловлен тем, что скорость в энергии $\hbar\omega = mv^2/2$ и импульсе $\hbar k = mv$ была заменена на $v = \alpha t$. Подставляя (9) в (8) получим:

$$-2m\alpha^2 t^2 + (m\alpha - \gamma)x = 0 \quad (10)$$

Равенство удовлетворяется при:

$$x = \frac{2m\alpha^2}{m\alpha - \gamma} t^2 \quad (11)$$

Если в (11) наложить требование $\gamma \rightarrow 0$ (отсутствие потенциала), то возникает частное решение, в котором частица может двигаться с постоянным ускорением 2α , генерируя энергию неизвестно откуда. Это явление остается, если даже потребовать $\gamma \rightarrow 0$ непосредственно в уравнении (8).

4. Модернизация классической электродинамики Максвелла

Модернизация уравнений электродинамики Максвелла базируется на постулировании дополнительного магнитного поля, которое порождает силу, отличную от поперечных сил Лоренца и действует вдоль направления протекания тока в плазменном шнуре токамака. Выражение для плотности потока электромагнитной энергии имеет вид:

$$\mathbf{S} = (\mathbf{E} \times \mathbf{H}_r) + (\mathbf{E} \times \mathbf{H}_p) \quad (12)$$

Генерация продольного взаимодействия происходит при изменении элемента тока, который порождает не только вихревое магнитное поле, но и скалярное магнитное поле. Изменение скалярного магнитного поля эквивалентно образованию электрических зарядов, изменение которых, в свою очередь, порождает потенциальное электрическое поле. Продольная волна распространяется вдоль оси тороида в плазменном шнуре токамака. Опираясь на результаты экспериментов [6], предлагается отказаться от калибровки Лоренца, а вместо этого принять выражение для плотности потока электромагнитной энергии в виде:

$$\mathbf{S} = -\operatorname{div} \mathbf{A} - \lambda \epsilon_0 \mu_0 d\phi/dt \quad (13)$$

Очевидно, введенные таким образом потенциалы допускают значительную гибкость в использовании уравнений Максвелла. В классическом случае полагается $\mathbf{S} = 0$. При использовании калибровки (13) при $\lambda=0$ получается кулоновская калибровка, а при $\lambda=1$ имеем калибровку Лоренца. Если не предполагать равенства нулю выражения для \mathbf{S} , то при $\lambda=0$ скалярное поле приобретает смысл нового продольного магнитного поля. Дальнейшие преобразования производятся стандартным образом, что в итоге позволяет получить следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} d\mathbf{E}/dt - \operatorname{rot} \mathbf{H} - \operatorname{grad} S &= 0, \\ d\mathbf{H}/dt + \operatorname{rot} \mathbf{E} &= 0, \\ \operatorname{div} \mathbf{E} - dS/dt &= 0, \\ \operatorname{div} \mathbf{H} &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Для простоты восприятия уравнений (14) рассмотрен случай отсутствия токов и зарядов и принято $\epsilon_0 = \mu_0 = 1$ [6].

Для четкого разделения понятия продольной волны в вакууме и продольных электромагнитных волн, существующих в материальных средах, в работе [5] предлагается назвать продольной электромагнитной E-волной такую волну, у которой напряженность магнитного поля равна нулю, а вектор напряженности электрического поля направлен вдоль направления распространения плотности потока энергии. Это некоторая скалярная функция $S_{E//} = \alpha E$, где $\alpha = \alpha(x, y, z, t)$. Аналогично определяется продольная H-волна, порождающая поток энергии $S_{H//} = bH$.

Дифференциальные уравнения для обобщенного электромагнитного поля могут быть получены из представлений о векторе Пойнтинга. Вектор Пойнтинга для электромагнитной волны общего вида, включающего как обычные поперечные моды, так и продольно поляризованные моды, может быть представлен в виде:

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H} + \alpha \mathbf{E} + b \mathbf{H} \quad (15)$$

Соответствующая этому вектору плотность энергии выражается в виде:

$$W = 1/2 (E^2 + H^2) + W_{E//} + W_{H//} \quad (16),$$

где $W_{E//}$ и $W_{H//}$ - дополнительные энергии.

Строгий вывод выражения для дополнительных энергий и дифференциальные уравнения для обобщенного электромагнитного поля приведены в работе [5]. Ценность работ [4,5] состоит в том, что авторами предлагаются сравнительно простые эксперименты по обнаружению продольных волн.

Профессор В.Аксенов в работе [1] предлагает другую модификацию уравнений Максвелла с учетом несиловых электромагнитных полей для тороидальных электрических токов, без учета токов смещения. Модифицированные уравнения Аксенова проливают свет на проблему скин-эффекта в несиловых магнитных полях.

5. Эксперименты

5.1 Эффект Ааронова-Бома

Общепринято считать, что если известно магнитное поле \mathbf{H} , то нет необходимости обращаться к «формальному» векторному потенциалу \mathbf{A} . Однако сам факт того, что в волновом уравнении Шредингера появляется только векторный потенциал \mathbf{A} , был очевиден с момента создания этого уравнения. Безуспешные попытки заменить векторный потенциал \mathbf{A} в уравнениях квантовой механики «физическим» магнитным полем \mathbf{H} говорят о том, что волновая функция любого движущегося заряда в поле векторного потенциала \mathbf{A} , должна отражать собой существование вполне ощутимого взаимодействия движущегося заряда с этим полем. Это взаимодействие может характеризоваться величиной изменения потенциала \mathbf{A} волновой функции. В 1956г. в квантовой физике был продемонстрирован простой опыт, результат которого известен под названием эффекта Ааронова –Бома [7]. Электроны, движущиеся поперек бесконечно длинного соленоида при включенном электрическом токе, испытывают отклонение траектории, несмотря на то, что за пределами соленоида магнитное поле при классическом его определении равно нулю ($\mathbf{H}=0$). Этот эффект имеет несколько объяснений [1,4,7]. Р.Фейнман объясняет этот эффект взаимодействием частицы с векторным потенциалом \mathbf{A} [7], тогда как Г.Николаев и В.Аксенов предполагают, что частица взаимодействует с магнитным полем. В электродинамике Николаева[4] частица взаимодействует с новым продольным скалярным магнитным полем $\mathbf{H}_{||}$, в теории несиловых (тороидальных) и силовых (полоидальных) магнитных полей В.Аксенова[1] частица взаимодействует с несиловым тороидальным магнитным полем \mathbf{H}_t . У Николаева скалярное магнитное поле генерируется токами смещения, у Аксенова несиловое магнитное поле генерируется как токами смещения, так и тороидальными токами. В работе [1] взаимная генерация силовых и несиловых магнитных полей оформляется В.Аксеновым в строго математических формулах, а возникновение этих полей определяется теоремой о полных электрических токах в сферических областях. Все вышеизложенное указывает на ошибочность сосредоточение исследований только на магнитных полях и отказа от изучения электрических токов при расчете электродинамики токамаков. Экспериментально обнаруженное явление силового взаимодействия движущихся электронов с полем векторного потенциала \mathbf{A} в опытах Ааронова-Бома, было подтверждено и в более поздних экспериментах японских ученых (1984) [8]. В ходе экспериментов было обнаружено изменение фазы волновой функции движущегося заряда при отсутствии и наличии в исследуемом пространстве поля векторного потенциала \mathbf{A} , при полном отсутствии в этом пространстве магнитного поля \mathbf{H} . Положительные результаты экспериментов соответствовали только однозначной величине векторного потенциала \mathbf{A} , сопоставляемой с однозначными же параметрами элементарного тока. Изменение фазы волновой функции векторным потенциалом \mathbf{A} определяется выражением:

$$\Delta\varphi = q/\hbar \int \mathbf{A} ds , \quad (17)$$

где интеграл берется вдоль траектории движения частицы. Эксперимент Ааронова-Бома заставляет пересмотреть устоявшиеся представления об одних поперечных магнитных силах Лоренса и признать наличие продольных сил магнитного взаимодействия.

5.2 Опыты А. Солунина и А. Костина [9] .

Для демонстрации явления взаимодействия движущегося заряда с полем векторного потенциала \mathbf{A} на электроннолучевую трубку 1, в месте расположения отклоняющих пластин 2, надета тороидальная обмотка 3. Тороидальная обмотка выполнена из наружного и внутреннего слоев, намотанных медным проводом 0,62 мм с общим количеством витков 500. Необходимость двухслойной намотки вызвана тем, чтобы исключить магнитные поля кольцевого тока (одна обмотка лево-винтовая, другая — право-винтовая). Обмотки включены так, чтобы их магнитные потоки суммировались. Электроны в трубке ускорялись разностью потенциалов 400В. На вертикальные пластины подавалось постоянное отклоняющее напряжение для задания базисного смещения электронного луча на экране (5-20 мм). Ток в обмотке изменялся в пределах 0-5А. Результаты эксперимента представлены на графике. При увеличении тока одного направления

угол отклонения электронного луча увеличивает свою величину по отношению к базисному отклонению. Увеличение угла отклонения электронного луча при неизменном напряжении на отклоняющих пластинах обусловлено уменьшением скорости движения электронов пучка за счет взаимодействия их с полем векторного потенциала A тороидальной обмотки. При изменении тока в обмотке на обратный, угол отклонения электронного луча уменьшает свою величину по отношению к его базисному отклонению, регистрируя эффект увеличения скорости электронов пучка при их взаимодействии с полем векторного потенциала A тороидальной обмотки.

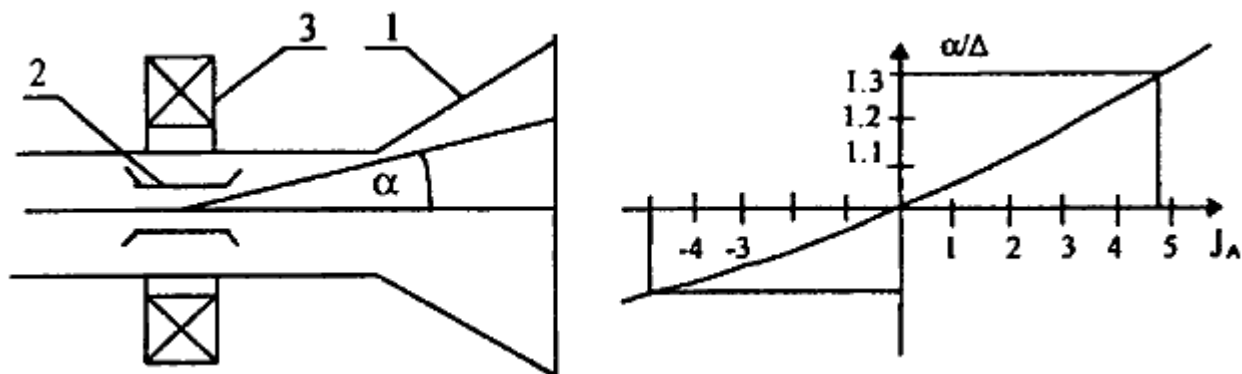


Рис1. Электроннолучевая трубка с тороидальной обмоткой

Таким образом, результаты описываемого опыта однозначно доказывают существование обычного классического аналога известного опыта Ааронова-Бома и подтверждают существование неизвестного ранее в науке явления продольного магнитного взаимодействия.

6. Заключение

В заключение необходимо отметить, что, при всей привлекательности идеи создания рукотворного Солнца – источника неограниченной энергии, строительство термоядерных реакторов большой мощности на основе токамаков связано с большими рисками. Эти риски обусловлены не только отсутствием полноценной теории электродинамики, способной адекватно описывать реальное поведение электрических и магнитных полей и токов в токамаке, но и изучением поведения природного термоядерного реактора, в качестве которого выступает наше Солнце. Регулярные выбросы солнечной плазмы могли бы уничтожить все живое на нашей планете, если бы не удаленность Земли, ее плотная атмосфера и магнитное поле. Для рукотворных термоядерных реакторов, размещенных на Земле, надежную защиту от таких выбросов плазмы создать очень трудно, а управляемость процессов термоядерного синтеза в токамаках находится под вопросом. Все программы термоядерного синтеза основаны на нагреве и сжатии реагирующего материала и при этом имеют прилагательное «управляемый», хотя никакого управления вообще нет. Просто начальное количество реагирующего вещества предусмотрительно берут очень малым. В квантовой механике нет никаких способов влиять на этот процесс. Несмотря на достигнутые успехи, руководитель работ в Англии А.Гибсон считает, что до создания демонстрационной конструкции реактора пройдет не менее 50 лет. Сам реактор, если даже будет когда-нибудь построен, окажется чрезвычайно сложным, дорогим и экологически опасным. В нашей стране, куратор работ по термоядерному синтезу академик РАН Е.Велихов уже не называет никаких сроков окончания работ. Будущее систем действительно управляемого ядерного синтеза будет лежать не на примитивном пути разогрева и сжатия, а на пути столкновения ядер с малыми энергиями, но с тонкой регулировкой. По утверждению профессора Л.Сапогина принципиально это возможно при наложении внешнего управляющего электромагнитного поля на реагирующую систему, которая содержит упорядоченные атомы дейтерия и свободные дейтроны. Такими же свойствами могут обладать специальные геометрии атомных решеток. Дифракционное рассеяние потока дейтронов на таких решетках приведет к автоматической селекции дейтронов по энергиям и фазам. В будущих реакторах в каждый момент времени будет реагировать лишь малая часть всех дейтронов, автоматическая селекция которых

осуществляется фазовыми соотношениями. Это даст небольшое выделение энергии в течении длительного времени, пока не истощится весь запас реагирующих легких ядер. Такой холодный ядерный синтез действительно можно будет назвать управляемым [11]. Обнаруженное А.Пензиасом и Р.Уилсоном тепловой фоновое излучение Вселенной в микроволновом диапазоне 10ГГц – 33ГГц, совершенно необоснованно получило в астрофизике название «реликтового». Речь может идти о процессах холодного ядерного синтеза, протекающих в космической среде с выделением энергии, достаточной для повышения температуры Вселенной до 2,7К. Ядерный синтез происходит тогда, когда заряженная частица преодолевает кулоновский барьер отталкивания и попадает в область действия ядерных сил притяжения. При туннельном эффекте частица приближается к потенциальному барьеру в фазе, когда амплитуда волнового пакета мала и частица в отсутствии заряда преодолевает барьер, «не замечая» его. При другой фазе, когда амплитуда волнового пакета велика, начинается нелинейное взаимодействие и частица может отразиться от барьера, то есть вероятность туннельного эффекта зависит от фазы волновой функции частицы. С позиций Унитарной Квантовой Теории (УКТ) профессора Л.Сапогина движения электронов в туннельных переходах может происходить даже при очень низких температурах [11]. Это подтверждают эксперименты американских ученых, которым удалось зафиксировать туннельные переходы вблизи температуры абсолютного нуля (в жидком гелии) [12]. Опираясь на уравнения УКТ Сапогина можно определить оптимальные условия для реализации процессов ядерного синтеза при достаточно низких температурах. В ядерных реакторах будущего вопрос магнитного удержания горячей плазмы станет не актуален. Природа неисчерпаема, она предлагает различные варианты генерации энергии, от термоядерных реакторов звезд до холодного ядерного синтеза с выделением едва заметного тепла в космической среде Вселенной, выбор за человеком.

Список литературы

1. Аксенов В.В. , Несиловые и силовые магнитные поля, М.: Известия ВУЗов, Физика, №3, 2016.
2. Аксенов В.В., Тороидальное разложение векторного потенциала магнитного поля и его приложения, М.: ВМУ. Серия 3. Физика. Астрономия. №6, 2015
3. Андрей Мельниченко, И все-таки она светиться, Москва: ТМ №10 за 2015г
4. Николаев Г.В. Современная электродинамика и причины ее парадоксальности. Перспективы построения непротиворечивой электродинамики. Теория, эксперименты, парадоксы. Томск 2003
5. Агеев И.М., Шишин Г.Г., Продольные волны, Москва: МАИ, 2014
6. K.J. von Vlaenderen and A.Waser, Generalization of classical electrodynamics to admit a scalar field and longitudinal waves , Hadronic journal, 24, 609-628, 2001.
7. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэнде М. Фейнмановские лекции по физике. кн.6 , М.: Мир, 1977
8. Данос М. Эффект Аронова-Бома, квантовая механика электрического трансформатора. Физика за рубежом, Серия Б, Москва: Мир, 1984.
9. Солунин А.М., Костин А.В., Об эффекте потенциала для тороидального солиноида, Деп.в ВИНТИ рег.№7900-84.
10. Константинов С.И. Эфиродинамика Космоса. – Lambert Academic Publishing, Deutschen Nationalbibliothek, Германия 2015
11. Сапогин Л.Г., Рябов Ю.А., Бойченко В.А. «Унитарная Квантовая Теория и новый источник энергии», Москва: Сайне-Пресс, 2008.
12. K.Liharev, T.Klaeson. Scientific American, #8, 1992.