

Торшин В. В., Бусыгин Б. П.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОТКРЫТИЯ ЭФФЕКТА ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА В НЕПОДВИЖНОМ ПРОВОДНИКЕ В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2008/12/60.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по данному вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2008. № 12 (19). С. 184-188. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2008/12/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

3. **Торшин В. В.** Использование логической электродинамики в электрогидравлическом эффекте Юткина // Альманах современной науки и образования. - Тамбов: Издательство «Грамота», 2008. - № 7: Математика, физика, технические науки и методика их преподавания. – С. 197-203.

4. **Торшин В. В., Бусыгин Б. П., Пашенко Ф. Ф.** Логические методы в электродинамике. - М.: ЦП ВАСИЗДАСТ, 2007. - С. 352.

5. **Калашников С. Г.** Электричество. - М.: Наука, 1977. - С. 591.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОТКРЫТИЯ ЭФФЕКТА ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА В НЕПОДВИЖНОМ ПРОВОДНИКЕ В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Торшин В. В., Бусыгин Б. П.
Институт проблем управления РАН им. В. А. Трапезникова

Основные теоретические положения, позволяющие перейти к описанию возможности создания электрического потенциала в неподвижном проводнике, который помещается в постоянное магнитное поле, заключаются в следующем.

1. Электрический ток – это движение электронов от наибольшей их концентрации к наименьшему скоплению. В атоме электроны движутся по разным орбитам и находятся на разных энергетических уровнях. Чем ближе к ядру атома, тем крепче электрон связан с ядром атома и наоборот. Электроны дальних орбит слабо связаны с ядром и могут покинуть атом. Эти электроны являются свободными.

2. Свободные электроны при определенной температуре находятся в хаотическом состоянии. В любом проводнике, на концах его можно измерить малую переменную ЭДС – эффект Джонсона, ибо нельзя представить себе, чтобы один и тот же электрон в одно и тоже время находился на двух концах проводника. Концентрация свободных электронов в металле велика порядка $10^{28} - 10^{29} \text{ м}^{-3}$. Если к металлу приложить электрическое или магнитное поле, то свободные электроны могут получить направленное движение и вызвать электрический ток.

3. В классической электродинамике используется *макроперемещение*, т. е. видимое перемещение конструктивных элементов машин и механизмов, но не всегда учитывается *микроремещение*, т. е. не видимое невооруженным глазом движение микрочастиц. Поскольку микрочастицы находятся в постоянном движении, то почти все законы макромира можно применить и к микромиру. Например, если на неподвижный, с точки зрения макромира проводник, воздействовать постоянным магнитным полем, то можно заставить электроны в нем двигаться определенным образом.

Прежде всего, нас интересует движение заряженной частицы в постоянном магнитном поле. Если за такую частицу принять электрон, то, как известно, при нахождении его в магнитном поле на электрон будет действовать сила Лоренца, которая численно равна [1]

$$\vec{F}_л = q_e [\vec{v} \cdot \vec{B}], \quad (1)$$

где q_e - заряд электрона, \vec{v} - скорость движения электрона, \vec{B} - магнитная индукция магнитного поля.

Принято считать, что этот *элементарный* заряд обладает отрицательным знаком заряда и численно равен $q_e = 1,601 \cdot 10^{-19} \text{ К}$, а масса электрона равна $m_e = 0,91 \cdot 10^{-27} \text{ г}$ [2]. Точно таким же по величине зарядом обладает и протон в атоме водорода, но противоположного знака.

На Рис. 1 показано направление действия силы Лоренца $-\vec{F}_л$ на электрон, движущийся в постоянном магнитном поле, если учитывать знак силы и знак электрона [3].

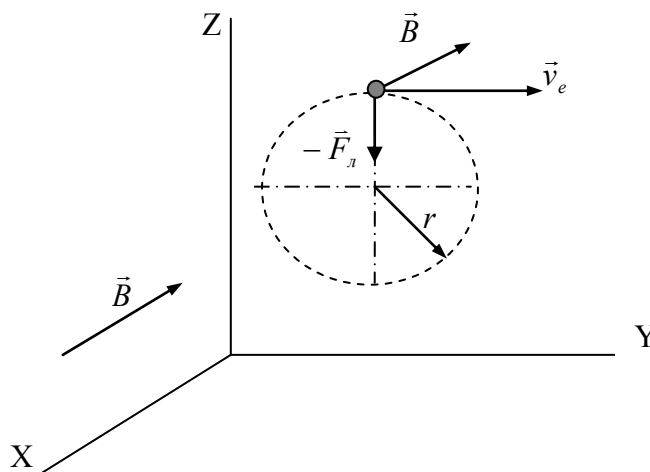


Рис. 1. Направление действия силы Лоренца на электрон

Как видно из рисунка, сила Лоренца является центростремительной силой и направлена перпендикулярно скорости \vec{v} . Сила Лоренца изменяет только направление скорости, не меняя ее величину. Электрон будет двигаться по окружности радиуса r с угловой частотой ω_c , которую называют *циклотронной частотой*. Центростремительное ускорение можно определить по формуле Ньютона как силу F_x , деленную на массу электрона m_e [3]

$$\frac{v^2}{r} = \frac{q_e \cdot v \cdot B}{m_e}, \quad (2)$$

Из выражения (2) следует, что радиус вращения электрона равен

$$r = \frac{v \cdot m_e}{B \cdot q_e}, \quad (3)$$

Время обращения электрона вокруг окружности радиуса r , или период будет равняться

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{v} = \frac{2 \cdot \pi \cdot m_e}{B \cdot q_e}, \quad (4)$$

Откуда следует, что циклотронную частоту можно определить как

$$\omega_c = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{B \cdot q_e}{m_e}, \quad (5)$$

Рассмотрим движение заряженной частицы в неизменном во времени (*постоянном*) магнитном поле, когда скорость электрона *не перпендикулярна* силовым магнитным линиям. Для этого проведем анализ поведения заряженной частицы (например, электрона) *в трех случаях*: в первом электрон будет двигаться в *равномерном* поле, во втором в *неравномерном* поле и в третьем в *неравномерном спиралеобразном* магнитном поле.

1. Движение в *равномерном* магнитном поле. Если электрон движется под некоторым углом α к направлению магнитной индукции \vec{B} в *постоянном* равномерном магнитном поле, то электрон будет перемещаться по *спиралеобразной* траектории, осевой линии которой является линия магнитной индукции, это показано на рис. 2. Говорят электрон «накручивается» на магнитную силовую линию [3].

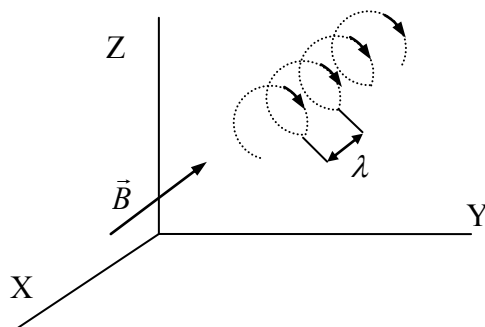


Рис. 2. Движение электрона в равномерном магнитном поле

Радиус образованной спирали можно вычислить по формуле (3), т. е. $r = \frac{v_2 \cdot m_e}{B \cdot q_e}$, а шаг спирали λ можно подсчитать исходя из периода обращения электрона и скорости \vec{v}_1

$$\lambda = T \cdot v_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot m_e}{B \cdot q_e} \cdot v_1, \quad (6)$$

где $v_1 = v_e \cdot \cos \alpha$ - скорость перемещения электрона вдоль осевой линии \vec{B}

2. Движение в *неравномерном* магнитном поле. Если *постоянное* магнитное поле неравномерно, например, сгущается, то при движении по спирали электрон будет попадать в точки поля, где индукция \vec{B} увеличивается.

Тогда, чем больше индукция, тем при прочих равных условиях меньше радиус спирали (3). Дрейф электрона будет происходить с все уменьшающимся радиусом, а угловая скорость вращения электрона будет возрастать. Подобную картину можно представить, если обратиться к Рисунку 3 [3].

На практике создать сгущающееся магнитное поле несложно. Для этого можно использовать, например тороидальную катушку, в которой магнитные силовые линии сгущаются в центральной оси тора. Если бы электрон попадал в расходящееся магнитное поле с уменьшающейся индукцией, то электрон описывал бы расходящиеся окружности.

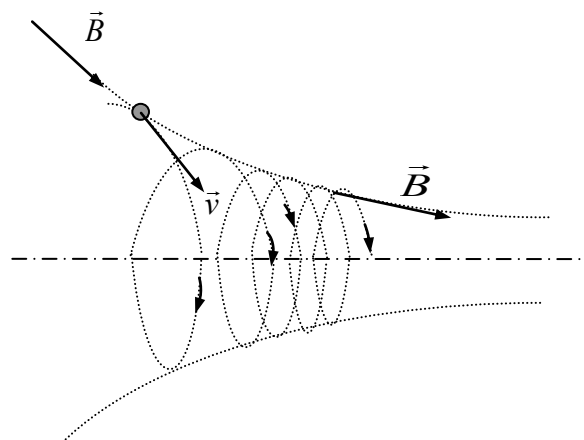


Рис. 3. Движение электрона в неравномерном сгущающемся магнитном поле

3. Движение электрона в неравномерном постоянном спиралеобразном магнитном поле. Этот случай движения наиболее сложный и требует более тщательного разъяснения. В предыдущих случаях были рассмотрены движение заряженных частиц в *равномерном* и *неравномерном* постоянном магнитном поле. Для пояснения характера движения свободных заряженных частиц в *спиралеобразном магнитном поле*, создадим такое постоянное *спиралеобразное* магнитное поле и посмотрим, как воздействует это поле на свободные электроны в металле.

Искривить траекторию движения электрона, заставив его двигаться в нужном направлении, можно с помощью влияния постоянного магнитного или электрического поля. Таким образом, для транспортировки электронов в нужном направлении могут применяться магнитное, электрическое поля или их совокупность. Однако для отклонения электронов все же удобнее использовать *магнитное поле*, чем электрическое. И дело здесь не в различии направления действия силы. Главное, что для придания электронам заметного отклоняющего импульса требуются весьма большое электрическое поле и относительно умеренное магнитное поле.

Магнитное поле направляет частицы, перпендикулярно как их скорости, так и самому полю, например, для частиц, движущихся в *прямолинейном равномерном* магнитном поле, это движение будет таким, как представлено на Рис. 2 и 4.

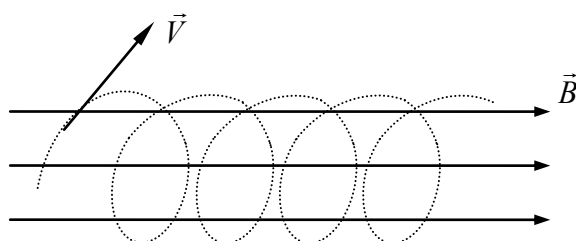


Рис. 4. Движение заряженной частицы в прямолинейном, постоянном магнитном поле

Поместим металлический проводник 1 в *спиралеобразное постоянное магнитное поле*, образованное магнитопроводом 2, выполненный в виде спирали и на который навита соленоидальная катушка возбуждения 3, по которой течет ток возбуждения I_0 , Рис. 5 [4].

Если металлический проводник поместить в спиралеобразное постоянное магнитное поле, то *свободные электроны в металле могут получить возможность направленного движения*. В этом случае металлический проводник может стать *источником* электрической энергии, поскольку направленное движение электронов и есть электрический ток.

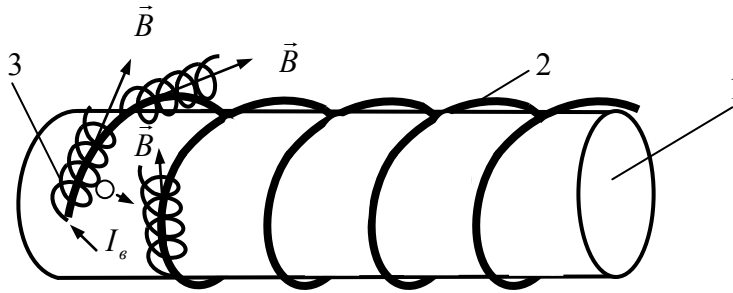


Рис. 5. Металлический проводник в спиралеобразном магнитном поле

Покажем, почему такое событие может произойти. Для этого рассмотрим составляющие вектора магнитной индукции и векторы скорости, которые образуются при таком конфигурировании магнитного поля. В произвольной точке в каждый момент времени t_i вектор магнитной индукции \vec{B} будет направлен по касательной к окружности проводника, и его траектория будет представлять собой кривую, которая описывает спиралеобразную кривую вокруг проводника (Рис. 5).

Тогда общее направление перемещения заряженной частицы в спиралеобразном магнитном поле будет квазипрямолинейным, как это показано на Рис. 6.

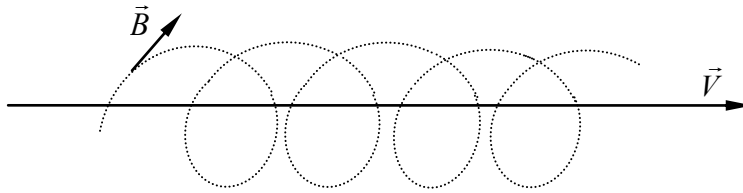


Рис. 6. Направление движения свободного электрона в спиралеобразном постоянном магнитном поле

Пусть q — заряд электрона, V_{\perp} — составляющая скорости электрона, перпендикулярная магнитному полю, \vec{B} — магнитная индукция, F_L — сила Лоренца перпендикулярна как составляющей \vec{V}_{\perp} , так и вектору магнитной индукции \vec{B} . Если направление скорости электрона параллельно вектору магнитной индукции \vec{B} , то сила Лоренца равна нулю, $F_L = 0$, и электрон свободно движется вдоль магнитного поля Рис. 7. Если же скорость движения электрона \vec{V}_{\perp} перпендикулярна силовым магнитным линиям \vec{B} , то сила Лоренца действует в направлении, перпендикулярном скорости движения, и сообщает частице массой m нормальное ускорение a_H .

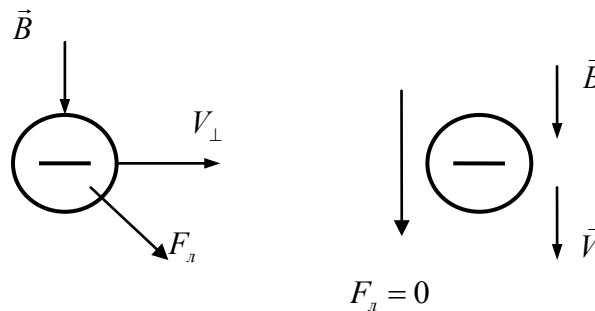


Рис. 7. Сила Лоренца при движении электрона перпендикулярно и параллельно направлению силовых линий магнитной индукции

В этом случае сила Лоренца определяется формулой (1) или

$$F_L = m \cdot a_H = q \cdot V_{\perp} \cdot B = m \cdot V_{\perp}^2 / R$$

уже не равна нулю. В общем случае, когда скорость частицы направлена под произвольным углом к направлению магнитного поля, одно движение накладывается на другое и частица движется по спирали. Заряженные частицы как бы нанизываются на силовые линии магнитного поля и сохраняют способность свободно передвигаться только в направлении вдоль силовой линии Рис. 2, 4.

Таким образом, расположив вокруг металла спиралеобразное постоянное магнитное поле (Рис. 5), мы создали следующую обстановку:

- направили магнитный поток *по траектории силы Лоренца*, т. е. совместили направление силовой магнитной линии с направлением движения электрона, что привело к тому, что сила Лоренца стала равна нулю (Рис. 7);

- исключили торможение магнитным полем продвижения заряженной частицы (электрона) и заставили его двигаться *по квазипрямой линии* на расстоянии лармоновского радиуса от огибающей спирали;

- уменьшили длину пробега электрона за счет изменения траектории движения электрона *со спиралеобразной траектории*, на *квазипрямое* направление движения Рис. 6.

Итак, мы создали такую конфигурацию магнитного поля вокруг проводника, которая дает возможность управлять движением электронов в неподвижном проводнике, т. е. упорядочить движение а, следовательно, создать электрический ток. Такое представление соответствует физической сущности магнитного потока, основанной на электронном строении, взгляда на проводник как на динамичную систему с постоянно движущимися свободными электронами. Кроме этого, это согласуется и с релятивистским представлением об относительности движения.

Напомним, что согласно квантовой теории, магнитное поле, возбуждаемое *спиновыми моментами* частиц, аналогично полю движущихся электрических зарядов и может быть сведено к полю электрических токов, определенным образом распределенных в пространстве. Поэтому во всех случаях, кроме возбуждения магнитного поля переменным электрическим полем, можно считать, что источник магнитного поля – движение заряженных частиц *внутри проводника*.

Исходя из представленных теоретических предпосылок, был открыт *эффект генерации* постоянного электрического поля в неподвижном проводнике, помещенном в *спиралеобразное постоянное* магнитное поле.

Список использованной литературы

1. Грабовский Р. И. Курс физики. - М.: Высшая школа, 1970. - С. 615.
2. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. - М.: Наука, 1968. - С. 939.
3. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. - М.: Высшая школа, 1973. - С. 750.
4. Торшин В. В., Бусыгин Б. П., Пащенко Ф. Ф. Логические методы в электродинамике. - М.: ЦП ВАСИЗДАСТ, 2007. – 352 с.

ЭФФЕКТ ГЕНЕРАЦИИ ПОСТОЯННОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА В НЕПОДВИЖНОМ ПРОВОДНИКЕ В ПОСТОЯННОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Торшин В. В., Бусыгин Б. П., Пащенко Ф. Ф., Круковский Л. Е.
Институт проблем управления РАН им. В. А. Трапезникова

В основе эффекта лежит *факт* появления электрического тока в *неподвижном* проводнике, помещенном в *постоянное* магнитное поле. Только само магнитное поле формируется особым способом. Для того чтобы показать реальность существования *эффекта генерации* постоянного электрического тока в *постоянном* магнитном поле, *без движения проводника*, был проведен ряд научных экспериментов. Схема, изображенная на Рис. 1, реализует указанный эффект.

В *постоянное* магнитное поле, образованное обмоткой возбуждения 3, помещается *неподвижный* проводник 1. Проводник может быть любым, как первого, так и второго рода, т.е. может быть выполнен как из металла, так и электролита, не исключая воду. Обмотка возбуждения 3 располагается на *спиралеобразном магнитопроводе* 2 и подключена к источнику постоянного тока \mathcal{E} . Такое расположение обмотки возбуждения создает *спиралеобразное постоянное* магнитное поле вокруг проводника. В этой электрической цепи протекает ток возбуждения магнитного поля I_e . Как показано на рис. 1, один конец проводника 1 соединяется с обмоткой возбуждения 3, источником питания \mathcal{E} и гальванометром G, а другой конец проводника, только с гальванометром G.

В результате такого соединения образуются два независимых контура: в цепи гальванометра G может протекать ток проводника I_{np} , а в обмотке возбуждения проходить ток возбуждения I_e . Токи в цепи возбуждения и гальванометра протекают *независимо* друг от друга, поскольку имеют *только одну общую точку*, потенциал которой равен отрицательному потенциалу источника питания. Если второй конец проводника соединить с обмоткой возбуждения, то есть с положительной клеммой источника питания, то это означает параллельное соединение проводника и обмотки возбуждения. В случае использования металлического проводника это означало бы *короткое замыкание* источника питания, поскольку сопротивление обмотки возбуждения намного больше сопротивления проводника, значения которого составляют доли Ом. Однако этого не происходит, поскольку второй конец проводника свободен и образует замкнутую цепь *только* с гальванометром G.