

---

# Взаимодействие электронов как основа в понимании заряда, электрического тока, магнитного и гравитационного поля

Макаров Владимир Григорьевич,  
Лавринович Олег Владимирович

Россия г. Москва  
E-mail: [vladimir.g.makarov@gmail.com](mailto:vladimir.g.makarov@gmail.com)

С электрическими и магнитными явлениями в природе и быту мы сталкиваемся ежедневно. Их упрощённое понимание даёт школа, но суть этих явлений остается не настолько понятна, чтобы удовлетворить нас.

Учитывая важность смысловых понятий терминов задачей данной работы является объяснение некоторых электрических и магнитных явлений так, как представляется нам.

При объяснении электрических и магнитных явлений используются представления, основанные на понимании что есть электромагнитное поле, электрический заряд, заряженные тела, электрический ток, индукция. Понимание этих терминов кратко изложены в справочной литературе. Для примера ниже приведены определения, изложенные в БСЭ (Большая Советская Энциклопедия). [1]

1. «Электрический заряд, источник электромагнитного поля, связанный с материальным носителем; скалярная физическая величина, являющаяся мерой электромагнитного взаимодействия.»
2. «Тело, имеющее электрический заряд, называется электрически заряженным телом.»
3. «Электромагнитное поле, особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между электрически заряженными частицами.»
4. «Магнитное поле, силовое поле, действующее на движущиеся электрические заряды и на тела, обладающие магнитным моментом, независимо от состояния их движения.»
5. Электрический ток: «упорядоченное (направленное) движение электрически заряженных частиц или заряженных макроскопических тел.»
6. Электромагнитная индукция: «Возникновение электродвижущей силы (эдс индукции) в проводящем контуре, находящемся в переменном магнитном поле или движущемся в постоянном магнитном поле.»

Целью данной работы — показать возможность объяснения указанных явлений на основе нечто первичном, на свойствах первичной сущности. В качестве такой сущности рассматривается поле, понимая, что первичность поля считаем условной. При этом возникает необходимость в утверждениях, на основе которых строится логическая цепь взаимодействий рассматриваемых сущностей. Утверждения отражены в выводах, которые не противоречат реальным опытам.

**Поле.** Поле материально и является сутью всего материального. Если взять для примера частицу электрон, то следует считать его материальным (полевым) образованием, имеющего массу, а поле является сутью самого электрона. Это поле принято считать электрическим. Мы не знаем границы этого поля. Все другие материальные образования также имеют свои поля, которые также

---

являются их сущностью. К ним относятся как частицы с небольшим временем стабильного состояния или устойчивые, так и материальные тела космических размеров. При таком рассмотрении все взаимодействия между материальными образованиями являются непосредственными, без привлечения чего-либо для объяснения их взаимодействий. Признаком взаимодействия является изменение формы полей взаимодействующих объектов.

Опыты с заряженными телами (например, подвешенные пробные тела) показывают, что их взаимодействие приводит к наблюдаемому изменению их взаимного расположения. Одинаково заряженные тела отталкиваются, разноимённо заряженные — притягиваются. Разноимённо заряженные тела отличаются количеством избыточных электронов у одних и недостатком у других. Логично сделать вывод, что формы полей электронов в свободном состоянии и находящихся на пробном теле, с которыми они находятся во взаимодействии, разные. Искажённое поле электронов на пробном теле нами воспринимается как поле электрическое. Следует заметить, что механическое воздействие на электрически нейтральные тела также могут привести к изменению формы полей электронов самих тел, что проявляется в виде их электрического поля. Примером могут служить электреты, растянутые плёнки из полиэтилена, свежие стружки пенопласта, некоторые диэлектрики после воздействия натиранием.

Следует заметить, что к «заряженности» тел и частиц нет необходимости привлекать понятие «заряд» как сущности, приемлемо как для обозначения их свойств. «Заряженность» тел и частиц определяется величиной и степенью деформации полей.

В соответствии с принятым определением электрический ток есть упорядоченное движение заряженных частиц или тел. В электрическом токе в металлах заряженными частицами принято считать электроны. В нашем представлении свойством электрического тока (в дальнейшем просто тока) является наличие магнитного поля. Следует заметить, что нет такой сущности — «магнитное поле». В действительности мы рассматриваем поле, которые мы условно называем электрическим для одних ситуаций, а для других — магнитным.

**Упорядоченное движение заряженных тел.** Проведенные ранее опыты с движущимися заряженными телами (опыты Эйхенвальда), повторенные разными исследователями, показали противоречивые результаты. Для обоснованности утверждения в принятом определении электрического тока, как упорядоченного движения заряженных тел и частиц, требуется привести более убедительные аргументы.

Рассмотрим опыт, в которой упорядоченное движение заряженного тела не приводит к появлению магнитного поля. В этом опыте детектором переменного магнитного поля является многовитковая катушка, надетая на магнито-замкнутый сердечник из магнито-мягкого феррита. В сердечнике есть прорезь для введения в полость сердечника части пробного тела в виде металлического кольца. Кольцо расположено между неподвижных обкладок, образует конденсатор из кольца и обкладок. К обкладкам и кольцу подводится переменное напряжение, которое заряжает этот конденсатор зарядом разной полярности. При вращении диска в полости магнитопровода проходит последовательность участков кольца, заряжаемых разной полярностью с переменной величиной зарядов. Величина зарядов определяется ёмкостью диска и напряжением на нём. По величине количества зарядов, проносимых через полость магнитопровода за определённый отрезок времени, рассчитывается величина тока. При этом предполагаемое индуцированное переменное напряжение на катушке должно быть такой же, как и от такого же тока через проводник, проходящего внутри сердечника. Подробнее об этом опыте в [2]. Опыт с проводником, через который пропускаться ток расчётной величины для движущихся зарядов, показал на надёжную его регистрацию. Сигнал от предполагаемого тока при движении предполагаемых зарядов, даже если бы он оказался на порядок меньшим при сравнении с сигналом

---

от тока в проводе, мог бы регистрироваться, но сигнал отсутствовал.

**Вывод.** Упорядоченное движение заряженных тел не сопровождается появлением магнитного поля. Упорядоченное движение заряженных тел нельзя считать электрическим током.

**Упорядоченное движение электронов, анионов и катионов.** Принято электроны и ионы относить к заряженным частицам. Рассмотрим опыт с движущимися электронами. В кинескопе в сфокусированном потоке электроны находятся друг от друга на незначительном расстоянии и имеют одинаковую скорость. Аналогично, в близко расположенных трёх электронных лучах в кинескопе цветного телевизора электроны имеют такую же скорость. Можно считать, что электроны в каждом луче и лучи между собой взаимодействуют незначительно. Незначительное взаимодействия между лучами позволяет сфокусировать их на близко расположенных участках люминофора экрана кинескопа. Мера незначительности взаимодействия может быть представлена в опытах с двумя щелями. После прохождения щелей интерференционные картины, образованные электронами или фотонами, аналогичны. Причиной образования этих картин является взаимодействие в виде притяжения или отталкивания между электронами или фотонами. [3] Незначительное взаимодействие электронов в луче показывает, что электроны ведут себя не как заряженные тела. В то же время летящие мимо заряженных тел электроны взаимодействуют с ними как с заряженными телами. Так же реагируют на заряженные тела анионы (избыток электронов) и катионы (недостаток электронов).

**Вывод.** Электроны не являются заряженными частицами. Недостаток или избыток электронов на телах и частицах определяют их заряженность.

**Электрический ток. Магнитное поле.** Образуется ли магнитное поле при упорядоченном движении электронов в луче? При рассмотрении тока в проводнике, как упорядоченном движении электронов, наблюдается магнитное поле. В электронном луче электроны также движутся упорядоченно. Но электроны между собой практически не взаимодействуют, хотя каждый электрон обладает полем. Но они реагируют на поле тел, относительно которых они движутся. В том числе на заряженные пластины электронных осциллографов или тела-пробники, например, на петлю проводника вокруг электронного луча.

По нашему представлению, магнитное поле проявляется при относительном движении электронов и зависит от величины скорости их относительного движения и расстояния между ними. Явление в виде магнитного поля отражает изменение взаимодействия между электронами, изменение формы их полей.

Образуется ли магнитное поле при упорядоченном (направленном) движении положительно заряженных частиц — катионов? Известно, что при обеспечении разности потенциалов в электролите ионы электролита начинают упорядоченно двигаться: отрицательно заряженные частицы анионы — к аноду, положительно заряженные катионы — к катоду. На аноде анион отдаёт свой электрон в цепь анода, на катоде катион получает электрон из цепи катода. Количество проходящих через цепи анода и катода электронов и переносимых в электролите анионами одинаково. Одинакова и величина магнитного поля вокруг подключенных к электролиту токоведущих проводов и вокруг электролита. Можно утверждать, что упорядоченное движение катионов в электролите участвует в создании упорядоченного движения электронов, но не участвует в создании магнитного поля.

Электроны в проводнике движутся хаотически. Если электроны находятся под действием разности электрических потенциалов, то в хаотическом движении появляется направленная составляющая их движения. На примере с током в электролите показано, какие события происходят на границе электролита и проводов к источнику питания: получение катионом

---

электрона из провода, ведущего к отрицательному электроду и отдача анионом электрона в провод положительного электрода. Каждое из этих событий достаточно краткосрочное и приводит к изменению взаимодействия электронов в цепи, к изменению конфигурации их полей. Отдача анионом электрона в цепь положительного электрода уменьшает в нём недостаточность электронов. В цепи отрицательного электрода электроны сдвинутся в сторону места, в котором находился забранный катионом электрон. Таким образом, после каждого такого события электроны будут направлено смещены в одну сторону, создавая направленное движение электронов в проводах от отрицательного электрода к положительному со скоростью порядка миллиметра в секунду. Это направленное движение электронов принято называть электрическим током.

Распространение изменения взаимодействия от события поступления электрона в провод или его ухода из провода, проявляется в виде короткого электрического импульса, распространяющегося по проводу со скоростью, близкой к скорости света. В реальных условиях мы можем наблюдать подобный импульс от события поступления в провод или выхода из него множества электронов. Если один из концов провода постоянно подключен к отрицательному полюсу источника питания, то при подключении другого конца к положительному полюсу от места подключения начнёт распространяться фронт «разрядки» электронов в виде электрического импульса отрицательной полярности, движущийся от положительного электрода к отрицательному. При постоянном подключении провода к положительному электроду в момент подключения к отрицательному электроду начнёт распространяться фронт «сгущения» электронов в виде электрического импульса положительной полярности, движущегося от отрицательного полюса к положительному. Обозначение полярности условные.

При рассмотрении события от отдельного электрона движение фронта изменения взаимодействия, т. е. изменение формы полей взаимодействующих электронов, мы считаем явлением магнитного поля. Фронт магнитного поля движется синхронно с фронтом распространения изменения состояния полей электронов, участвующих во взаимодействии. Процесс распространяется по цепи со скоростью, близкой к скорости света. Мы определили эту скорость в проводах как 0,83 от скорости света, которую обычно называют скоростью распространения электрического тока.

При рассмотрении событий от множества электронов, как результат суммирования их изменяющихся полей, мы воспринимаем как магнитное поле, связанное с упорядоченным движением электронов, т. е с электрическим током.

Электрический ток, как совокупность электронов, создаёт поток магнитного поля, отражающего интенсивность изменения полей электронов, участвующих в взаимодействии и имеет направление распространения взаимодействия. При протекании через провод электрического тока постоянной величины магнитное поле принято называть постоянным. Оно постоянно в том смысле, что интенсивность поля остаётся неизменной.

**Вывод.** Электрическим током называется упорядоченное (направленное) движение электронов, вызванное воздействием внешнего электрического поля и проявляющееся в том числе и в виде магнитного поля.

Магнитное поле есть проявление изменения полей электронов при их взаимодействии.

Магнитное поле распространяется синхронно со скоростью распространения взаимодействия электронов и в том же направлении.

**Направление распространения электрического тока.** Принято считать, что в цепи ток направлен от плюсового полюса источника питания к минусовому. На примере с током в электролите видно, что направление возмущения от событий при перемещении электрона

---

с катиона в цепь, ведущей к плюсовому полюсу питания источника или события от перемещения электрона из цепи минусового полюса на катион вызывают возмущение взаимодействия электронов, распространяющееся от указанных событий. Нет причины выделять какое-либо направление как направление распространения. Можно заметить, что в указанных событиях электроны переместились в одном направлении. Логично считать это направлением распространения тока.

**Вывод.** Направление движения тока соответствует направлению движения электронов.

**Магнитная стрелка в поле проводника с током.** Направление градиента поля можно детектировать пробным телом в виде магнитной стрелки. Следует заметить, популярное представление о причине расположения стрелки (магнитный диполь) как касательной к воображаемой силовой линии в опыте с магнитной стрелкой около проводника с током, не является обоснованным. Авторы полагают, причиной такого расположения стрелки является взаимодействие магнитного поля тока проводника и магнитного поля стрелки. У магнитной стрелки напряжённость магнитного поля, на расстоянии больше нескольких ее размеров, максимальна в перпендикулярном направлении к середине стрелки. Как следствие, стрелка пытается развернуться в направлении проводника с током, в котором взаимодействие максимально. Взаимодействие полей тока в проводнике и стрелки отражается в простом опыте, в котором стрелка располагается на плотике. Плотик движется к проводнику с током в направлении от середины стрелки к проводнику. При смене направления тока в проводнике магнитная стрелка разворачивается на сто восемьдесят градусов, после чего продолжает движение к проводнику.

**Магнитный монополю.** Однозначность в определении направления поля с помощью магнитной стрелки показывает, что магнитную стрелку и отрезок проводника с током можно рассматривать как магнитный монополю.

**Электромагнитная индукция.** Если около проводника с током расположить параллельно с ним другой проводник, то он будет находиться в магнитном поле проводника с током. Равномерное поступление электронов в цепь проводника (постоянный ток) приводит к постоянной величине взаимодействия электронов проводника с током и электронами в другом проводнике. Изменение величины тока приводит к изменению взаимодействия в виде волны (фронта), распространяющейся в направлении распространения тока. При конечной скорости распространения волна изменяемого взаимодействия вызывает волну изменения взаимодействия в параллельном проводнике, которая синхронно распространяется в том же направлении, к упорядоченному движению электронов. К такому процессу применим термин «электромагнитная индукция».

Следует заметить, что причиной индуцированного тока является изменение напряжённости магнитного поля в районе проводника и не зависит от причины изменения. При движении проводника в магнитном поле, если каждый отрезок проводника движется в поле с не изменяемой в месте нахождения отрезка напряжённостью, то на проводнике не возникает электрическое напряжение. Как пример, движение отрезка проводника над полюсом кольцевого магнита вокруг его оси. Утверждение о возникновении эдс индукции при движении проводящего контура в принятом определении электромагнитной индукции не соответствует опытной проверке.

При синусоидальном изменении напряжённости магнитного поля от тока в проводнике мы должны наблюдать в параллельно расположенном проводнике напряжение или ток, сдвинутый на девяносто градусов относительно тока в другом проводнике. опыты показывают на обоснованность предположения: при синусоидальном токе максимальное напряжение в параллельном проводе соответствует наиболее быстрому изменению тока в другом проводе, сдвиг девяносто градусов между фазами напряжения или тока.

---

**Вывод.** Магнитная индукция отражает степень изменения магнитного поля.

**Излучение при взаимодействии электронов.** При хаотических взаимодействиях электронов в проводниках создаётся ситуация, в которой искажение полей электронов приводит к созданию полевых образований и их испусканию со скоростью, близкой к скорости света. Эти образования принято считать квантами (фотонами), а их излучение — тепловым. Авторы считают необоснованным требование рассматривать фотоны как безмассовые частицы. Энергия излученных квантов определяется их массой и скоростью. Условно принято энергию квантов выражать в шкале спектров через условную частоту (длину волны) и константу скорости света. Считается, что на шкале распределение тепловых квантов по энергии непрерывное, но дискретное для каждого кванта. Определена область на шкале спектров, которую определили как тепловую.

При рассмотрении электрического тока логично предположить, что изменение его величины, которая соответствует изменению взаимодействию между электронами проводника, приводит к излучению квантов. Интенсивность излучения зависит от скорости изменения тока. Этот процесс в антенне принято называть излучением радиоволн. Таким образом, вокруг проводника с переменным током мы можем детектировать магнитное поле (ближняя зона) и поток квантов (радиоволна).

Распределение интенсивности излучения радио фотонов зависит от диаграммы направленности антенны. Область распределения магнитного поля антенны (проводника с током) принято называть ближней зоной по причине достаточно быстрого уменьшения его напряжённости с расстоянием от антенны. По этой причине детектировать магнитное поле вдали от антенны оказалось невозможным при уверенном детектировании радиоволн (поток фотонов).

При взаимодействии электронов в луче с полем постоянного магнита, при достаточно большом градиенте его поля, наблюдается синхротронное излучение. Излучение исходит из места взаимодействия поля электронного луча и поля электронов в магните. Считать это излучение как излучение отдельных электронов не обоснованно.

**Вывод.** Взаимодействие электронов, сопровождающееся изменением их полей, сопровождается излучением полевых сущностей в виде квантов.

**Закономерность изменения напряжённости магнитного поля.** Закономерность изменения напряжённости магнитного поля зависит от конфигурации проводника с током. опыты при достаточно длинном прямолинейном участке проводника, на расстояниях в несколько раз меньших размеров этого участка, показывают на линейный характер изменения. Если проводник имеет форму кольца, то при пропускании тока в его цепи магнитное поле будет аналогичным полю магнитного диполя. В литературе приводятся расчётные значения величины напряжённости или основанные на опытах, в которых соизмеримы размер диполя и расстояния до него. [4].

Авторы провели опыт с аналогами магнитных диполей в виде катушек из провода при питании одного из них (передатчик) переменным током. Применение переменного тока в диполе-передатчике и узкополосного усилителя сигнала с диполя-приёмника позволило определять относительное изменение напряжённости поля на расстоянии более десяти метров. В качестве приёмника использовалась катушка, аналогичная катушке передатчика. При расположении диполей в одной плоскости закономерность изменения поля между магнитными диполями обратна квадратам от их расстояния.

**Вывод.** Напряжённость поля магнитного диполя, при рассмотрении в плоскости диполя, изменяется пропорционально обратным квадратам от расстояния.

**Обсуждение.** В основу рассмотрения электромагнитных взаимодействий авторы положили взаимодействие полевых образований в виде электронов. При этом понятие о поле, как нечто

---

первичном, считаем условным. Одно из свойств поля образовывать стабильные материальные образования приводит к необходимости наличия более первичного, из которого состоит само поле. При полевой сути всего материального логично рассматривать все взаимодействия как полевые. Свойство инерции полевых (материальных) образований показывает на конечную скорость распространения взаимодействия. Свойства поля электронов, положенные в основу рассмотрения электромагнитных взаимодействий, позволяют получить логично связанные построения и представления при анализе электрических и магнитных явлений, показанных в представленной работе. При этом нет необходимости привлекать представления, выходящие за пределы понимания классической механики.

При построении выше логических связей оказалось достаточным рассмотреть только взаимодействие электронов. Нет необходимости в привлечении других сущностей или утверждений, подобных постулатам.

Закономерность распределении напряжённости магнитного поля в пространстве в соответствии с обратными квадратами от расстояния позволяет рассматривать гравитационные взаимодействия как магнитные. При этом объяснение гравитационных явлений в Галактике и Солнечной системе оказываются достаточно простыми. [5] Это позволяет объединить электромагнитные и гравитационные взаимодействия на общей полевой основе.

Авторы старались создать представление о взаимодействии полевых образований на основе полевых же взаимодействий. Изложенное в тексте представленной работы отсутствуют формулы и графическая интерпретация изложенного. По мнению авторов, упрощённая графическая интерпретация или формулы могут исказить представление и понимание рассмотренных полевых взаимодействий. Авторы понимают также, что некоторые представления могут оказаться не адекватными. Конструктивная критика изложенного позволит избежать этих недостатков.

## Литература

1. Большая Советская Энциклопедия. Москва. «Советская энциклопедия» 1969 — 1978
2. Макаров В. Г. «О зарядах и электрическом токе в эксперименте детектирования магнитного поля при вращении заряженного диска». Евразийский Научный Журнал № 6 2023 <https://journalpro.ru/articles/o-zaryadakh-i-elektricheskom-toke-v-eksperimente-detektirovaniya-magnitnogo-polya-pri-vrashchenii-diska/>
3. Макаров В. Г. «Эксперименты с двумя щелями. Эффекты группирования и „старение“ света». Евразийский Научный Журнал № 2 2022 <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimenty-s-dvumya-schelyami-effekty-gruppirovaniya-i-starenie-svet>
4. Лаб. работа № 53 «Изучение поля магнитного диполя». Государственный университет имени М. В. Ломоносова [http://vega.phys.msu.ru/files/pract\\_i/53.pdf](http://vega.phys.msu.ru/files/pract_i/53.pdf)
5. Макаров В. Г. «Гипотеза о гелиомагнитной гравитации». Евразийский Научный Журнал № 6 2022 <https://journalpro.ru/articles/gipoteza-o-geliomagnitnoy-gravitatsii/>