Электромагнитная масса и векторный потенциал

И. Мисюченко

Санкт-Петербург, 29.11.2014

В работе [1] мы различными способами вывели электромагнитную массу m_0 *неточечного* электрона с зарядом q и радиусом r_0 и показали, что она равна:

(1) $m_0 = \frac{\mu_0 q^2}{8\pi r_0}$

Попытаемся теперь получить эту массу на языке векторных потенциалов. Представим себе следующий опыт: берём два **неточечных** одинаковых электрона и располагаем их *предельно близко* друг от друга (рис. 1). Таким образом мы учитываем *конечность* их геометрических размеров. (При этом мы понимаем, что чем-то аккуратно компенсировали силы взаимного Кулоновского отталкивания и впредь о них не думаем). Затем один из них быстро приводим в движение со скоростью v (намного меньшей скорости света) и проанализируем поведение второго электрона. Известно, что движущийся (у нас он *первый*) электрон эквивалентен элементарному току $Idl = qv$ и, соответственно, создаёт векторный потенциал A, равный на произвольном расстоянии R от него [2]:

(2) $A = \frac{\mu_0 qv}{4\pi R}$

Изменение векторного потенциала от нуля (электрон вначале опыта был неподвижен) до величины, определяемой выражением (2) вызовет изменение механического импульса *второго* электрона (т.е. он также придёт в движение и достигнет скорости v. Это, собственно, и есть электромагнитная индукция, такая же как между обмотками трансформатора. Если у трансформатора две одинаковые обмотки, то на холостом ходу или под небольшой нагрузкой ЭДС во вторичной обмотке такая же по величине, как и в первичной). Соответственно при «тесном контакте» электронов изменение векторного потенциала первого электрона (а в данном случае оно равно самому векторному потенциалу, поскольку до начала движения он был нулевым) равно изменению механического импульса второго (а в данном случае самому импульсу, поскольку второй электрон также покоился до начала опыта). Импульс же первого электрона хотя и такой же, но большого значения не имеет, поскольку мы его изменяем силой, *извне*. Соответственно, для второго электрона можем записать изменение его импульса как[3]:

(3) $Aq = mv$

Отсюда, выражая его массу имеем:

(4) $m = \frac{Aq}{v}$

Где A – векторный потенциал, создаваемый первым электроном *в точке нахождения* второго. За точки нахождения первого и второго электронов мы примем расположение их *геометрических центров*. Здесь мы заменяем неточечные электроны на точечные, что, разумеется, является определённой натяжкой. Тем не менее для ряда задач такая замена работает (например, в электростатике можно мысленно заменить заряженную сферу на точечный заряд всюду за пределами самой сферы). Поскольку у нас квазистатический случай, то мы надеемся, что и у нас такая замена модели электрона более-менее приемлема.

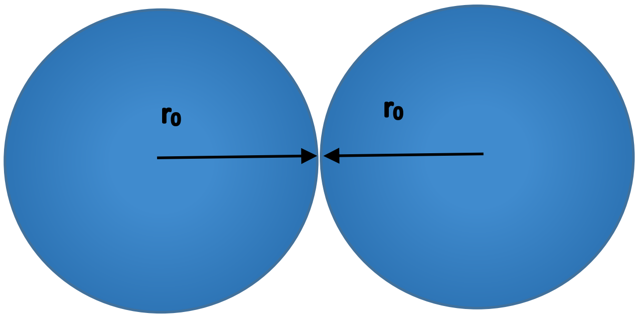

Рис. 1. *Взаимное расположение электронов в опыте*

Как только мы заменили электроны на точечные, сразу стало ясно на каком именно *расстоянии* они находятся друг от друга (для близко расположенных *не*точечных объектов понятие расстояния является гораздо более сложным и невыразимо одним простым числом). Это расстояние (см. Рис. 1) равно:

(5) $R = 2r_0$

Теперь, подставляя в выражение (4) для массы величину векторного потенциала (2) и учитывая (5) получим:

(6) $m = \frac{Aq}{v} = \frac{\mu_0 q^2 v}{4\pi R v} = \frac{\mu_0 q^2}{8\pi r_0}$,

что в точности совпадает с (1). Отметим, что все более ранние попытки вывести величину электромагнитной массы таким путём из идеи «самодействия» точечного электрона приводили к противоречию – векторный потенциал (2) оказывался равен бесконечности в точке расположения электрона и, следовательно, должен был бы приводить к бесконечно большому импульсу любого, «впритык» расположенного другого заряда. В то же время для самого движущегося электрона векторный потенциал должен быть нулевым (в его собственной системе отсчёта). В тех же случаях, когда (как правило, весьма формально) рассматривалось «самодействие» *не*точечного электрона, всё равно было затруднительно понять, что означает векторный потенциал движущегося электрона для самого этого электрона. Ведь «с точки зрения» самого электрона – он совершенно неподвижен в *собственной* системе отсчёта и никакого векторного потенциала в собственной системе отсчета иметь вообще не должен. И даже *части* его оставались неподвижными друг относительно друга, так что нельзя было рассуждать и о каком-либо динамическом действии одной части электрона на другую. Можно было бы ввести понятие о материальной среде, относительно которой движется такой «самодействующий» электрон и рассматривать возмущающее действие векторного потенциала на эту среду и, соответственно, обратное действие возмущенной среды на электрон. Но это означало бы, фактически, признать реальность эфира, на что в наше время отваживаются всё ещё весьма немногие «официальные» учёные. Мы же показали возможность вывести правильное выражение для электромагнитной массы из идеи векторного потенциала даже не прибегая к страшному слову «эфир», всего лишь предположив конечность размеров элементарных частиц. Это нам представляется полезным, поскольку в электродинамике последних лет явно наметилась тенденция отхода от представления полей силовыми векторами $\vec{E}$ и $\vec{B}$, заменяя их на скалярный φ и векторный $\vec{A}$ потенциалы, соответственно. Раздаются даже голоса, привычно «овеществляющие» потенциалы, рассуждающие, например, о «поле векторного потенциала», как о некотором самостоятельном виде материи.

Вернёмся теперь снова к векторному потенциалу движущегося электрона и вспомним, что он весьма просто выражается через *скалярный* потенциал φ его электрического поля всюду *за пределами* электрона[4]:

(7) $\vec{A} = \dfrac{\varphi \cdot \vec{v}}{c^2}$.

И вспомним *физический смысл* электрического потенциала снаружи электрона. Это просто *энергия*, которую надо затратить на перемещение пробного заряда dq из данной точки (с таким потенциалом) в бесконечно удаленную точку. Но раз потенциал, это энергия W (отнесённая к заряду q), то что такое отношение энергии к квадрату скорости света в (7)? Это, как показал Хевисайд ещё в 19 веке есть масса m. Запишем этот факт в виде:

(8) $A = \dfrac{W/q}{c^2} \cdot \vec{v} = \dfrac{m}{q} \cdot \vec{v}$

Тут уже становится понятным физический смысл и векторного потенциала: это действительно просто отнесенный к заряду механический импульс $\vec{P} = m\vec{v}$ массы, соответствующей некоторой движущейся со скоростью $\vec{v}$ электрической энергии, связанной с этим зарядом Теперь попробуем понять о какой энергии идёт речь в случае движущегося электрона. Для этого возьмём бесконечно малый элемент заряда dq на поверхности сферического электрона радиуса r_0 и перенесём его в бесконечность. Получим некоторую энергию dW. Далее возьмём следующий «кусочек» заряда и проделаем то же самое. Поскольку мы уже унесли один кусочек ранее, то оставшийся заряд электрона стал меньше. И, следовательно, унося следующий кусочек мы получим уже меньше энергии, чем в первый раз. И так далее до самого последнего кусочка, от которого мы уже не получим никакой энергии вообще. Полная энергия, полученная при таком «разрывании» электрона будет равна, как уже несложно догадаться:

(9) $W = \dfrac{1}{2}\varphi_0 \cdot q$,

где φ_0 - потенциал на поверхности нашего сферического электрона:

(10) $\varphi_0 = \dfrac{q}{4\varepsilon_0 \pi r_0}$.

А тогда мы можем переписать (8) для *поверхности* электрона в виде:

(11) $\vec{A}_0 = \dfrac{\varphi_0}{c^2} \cdot \vec{v} = 2 \cdot \dfrac{\mu_0 q}{8\pi r_0} \cdot \vec{v} = 2 \cdot \dfrac{m_0}{q} \cdot \vec{v} = \dfrac{2\vec{P}}{q}$,

Где m_0- масса электрона, соответственно (1) и (6). То есть *векторный потенциал на поверхности движущегося электрона равен его удвоенному механическому импульсу, отнесённому к его электрическому заряду*. За пределами же частицы он убывает обратно пропорционально расстоянию, подобно электромагнитной волне. Таким образом, векторный потенциал есть ***электромеханическая*** характеристика, связывающая механику с электродинамикой. Своеобразный «мостик», позволяющий выразить все механические величины через величины электродинамические и дающий нам понимание, того факта, что все механические явления в своей глубинной сути являются электрическими. Вспомним, что единица измерения векторного потенциала [*В*с/м*]. Все единицы электрические и кинематические. В то же время согласно (11) его можно измерять и в [*кг*м/с/Кл*]. Здесь масса – механическая характеристика. Отсюда можно определить размерность массы в электрических и кинематических единицах: [*кг=В*Кл*с*^{2}*/м*^{2}]. А значит и *все* механические единицы можно выразить через электрические. Кроме того, векторный потенциал ясно указывает нам на то, что механическое движение частицы вызывает электрические явления неограниченно далеко за пределами этой частицы и это заставляет нас усомниться в привычных представлениях о «локальности» частиц. О том, что частицы, якобы «сосредоточенны» в некоторой области пространства. Выходит, что напротив, частица «распространяется» на всю Вселенную, хотя и имеет определенную локализованную «особенность» характерного размера, от которой как раз и зависит такая её механическая характеристика, как масса.

И, напоследок, уже выведя соотношение векторного потенциала на поверхности движущегося электрона и его механического импульса, попробуем получить эту связь ещё раз, уже *не привлекая* для вывода *второй* электрон. Рассмотрим движущийся сферический электрон на рис. 2.

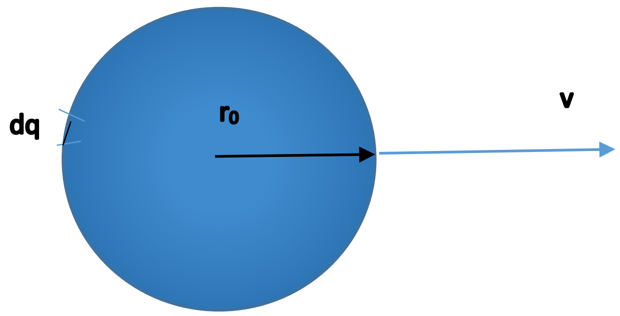

Рис. 2. *Движущийся и «рассыпающийся» электрон*

Представим себе движущийся электрон, который по мере движения «рассыпается». От него отделяются мелкие заряды dq и «прилипают» к окружающей электрон среде (т.е. становятся неподвижными в лабораторной системе отсчёта). Когда отделится первый элемент заряда dq, то он передаст окружающей среде механический импульс:

(12) $dP = A_0 dq$

Затем «вывалится» следующий элемент dq, но переносимый им импульс уже станет меньше, поскольку уже уменьшился заряд частицы q и, соответственно уменьшится величина векторного потенциала A_0. Понятно, что самый последний элемент заряда не перенесёт уже никакого импульса и, следовательно, полный импульс $\overline{P}$, который передаст окружающей его среде «рассыпавшийся» на ходу электрон будет равен:

(13) $\overline{P} = \frac{1}{2} A_0 q = \frac{1}{2} 2 \cdot \frac{\mu_0 q^2}{8\pi r_0} \cdot v = m_0 v$

Это и есть полный ***собственный*** механический импульс движущегося электрона, который можно измерить, остановив электрон, например, какой-либо мишенью. Причем этот импульс можно назвать ***потенциальным***, поскольку он проявится только тогда, когда мы попытаемся остановить электрон, он существует «в потенции». Отсюда понятно и очевидно Ньютоновское свойство инерции – пока нет никаких причин для изменения собственного импульса электрона (а значит его векторного потенциала) потенциал, а значит и импульс будут сохраняться. А значит тело будет сохранять состояние покоя либо равномерного прямолинейного движения. Такое простое решение проблемы «электромагнитной массы» вполне могло быть получено ещё в конце 19 века.

Литература

1. И. Мисюченко. Последняя тайна Бога. Глава 5. с.120-138. http://electricaleather.com/d/358095/d/poslednyaya-tayna-boga.pdf

2. Ф.Ф. Менде Скалярно-векторный потенциал и функция Лагранжа заряда. с.4. http://fmnauka.narod.ru/P55.pdf

3. Википедия. Статья «Векторный потенциал» https://ru.wikipedia.org/wiki/%C2%E5%EA%F2%EE%F0%ED%FB%E9_%EF%EE%F2%E5%ED%F6%E8%E0%EB

4. Википедия. Статья «Электростатический потенциал» https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB