

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ. ОБЗОРЫ

МАГНЕТИЗМ И ВИРТУАЛЬНЫЕ ЧАСТИЦЫ

Л.Б. Болдырева

Государственный университет управления

boldyrev-m@yandex.ru

Показано, что, учитывая свойства виртуальных частиц, создаваемых движущимися квантовыми объектами, электрический ток можно моделировать вихревой нитью в физическом вакууме и магнитные взаимодействия могут быть описаны уравнениями взаимодействия вихрей в идеальной несжимаемой жидкости с отрицательным давлением. Показано, что возможность спиновых корреляций между спинами виртуальных частиц посредством сверхтекучих спиновых токов может приводить к возникновению в физическом вакууме отрицательного давления.

1. Введение

В настоящее время во всех учебниках физики приведена модель магнитного поля, принятая в СТО (Специальная Теория Относительности). Суть этой модели поясним на примере образования магнитного поля вокруг проводника с током (рис. 1 [1]).

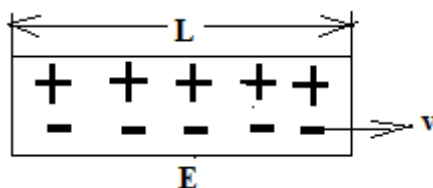


Рис. 1. Провод длиной L с током (отрицательные заряды движутся со скоростью v). В системе движущегося заряда вокруг провода существует электрическое поле E .

При отсутствии тока плотности положительных и отрицательных зарядов одинаковы в любой системе. При движении отрицательных зарядов их плотность за счёт сжатия длины провода изменяется в системе зарядов в $\sqrt{1-(v/c)^2}$ раз. Таким образом, в системе движущихся зарядов провод окажется уже не нейтральным, около него возникнет электрическое поле E , которое и осуществляет магнитные взаимодействия.

До появления СТО многие исследователи, в частности Максвелл и Томсон, рассматривали магнитное поле как вихревое движение “светоносного эфира” [2]. Впоследствии академик Л.И. Седов показал [3], что все магнитные взаимодействия могут быть описаны уравнениями взаимодействия вихрей в идеальной несжимаемой жидкости с отрицательным давлением, то есть жидкости, для которой справедливо следующее:

$$\rho u^2 / 2 - p = const, \quad (1)$$

где u , ρ и p – соответственно скорость, плотность и давление в жидкости. На основе уравнения (1) можно вывести соотношения, устанавливающие связь между динамическими и кинематическими характеристиками такой жидкости и характеристиками магнитного поля. Приведём эти соотношения.

Взаимодействие двух бесконечной длины вихревых нитей и взаимодействие двух бесконечной длины проводов с током.

Сила, действующая на единицу длины каждой из двух бесконечных по длине параллельных вихревых нитей с циркуляцией Γ , равна $F = \rho\Gamma^2 / (2\pi r_w)$, где r_w – расстояние между вихревыми нитями. Сила, действующая на единицу длины каждого из двух бесконечных по длине параллельных проводов с током I , равна [1]: $F = 2I^2 / (r_{w1}c^2)$, где c – скорость света, r_{w1} – расстояние между проводами с током, принимаем $r_{w1} = r_w$. Приравнявая вышеприведённые выражения для сил и учитывая, что в соответствии с уравнением (1) при одинаковом направлении токов, так же как и при одинаковом направлении циркуляции вектора скорости вокруг вихревых нитей, рассматриваемые силы являются силами притяжения, имеем:

$$\Gamma = \frac{2I}{c} \sqrt{\frac{\pi}{\rho}}. \quad (2)$$

Поле скоростей, образованное замкнутой вихревой нитью, и магнитная индукция вокруг петли с током.

Поле скоростей \mathbf{u} , создаваемое замкнутой вихревой нитью с циркуляцией Γ вдоль произвольной петли, охватывающей вихревую нить, определяется как: $\mathbf{u} = \frac{\Gamma}{4\pi} \int_{L'} \frac{d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^3}$, где

$d\mathbf{l}$ – бесконечно малый векторный элемент нити, L' – длина вихревой нити, \mathbf{r} – вектор расстояния между элементом $d\mathbf{l}$ и исследуемой точкой. Структура уравнения для скорости \mathbf{u} совпадает со структурой уравнения для магнитной индукции \mathbf{B} вокруг произвольного провода длины L' с током I (закон Био-Савара): $\mathbf{B} = \frac{I}{c} \int_{L'} \frac{d\mathbf{l} \times \mathbf{r}}{r^3}$. Решая совместно уравнения для \mathbf{u} и \mathbf{B} , получаем уравнение, связывающее \mathbf{B} со скоростью среды \mathbf{u} :

$$\mathbf{B} = 2\sqrt{\pi\rho} \cdot \mathbf{u}. \quad (3)$$

Удельная энергия физического вакуума и удельная энергия магнитного поля.

Кинетическая энергия U_u единичного объёма среды, двигающейся со скоростью u , определяется как:

$$U_u = \rho u^2 / 2. \quad (4)$$

Используя (3) в (4), получаем выражение, совпадающее с выражением для удельной энергии магнитного поля B : $U_u = B^2 / (8\pi)$.

(Приведённые выше уравнения, определяющие магнитные взаимодействия, записаны для вакуума с магнитной проницаемостью $\mu = 1$ и в системе CGSE.)

В данной работе рассматривается модель магнитного поля, которая использует аналогии Л. И. Седова и имеет общие черты с моделью, рассматриваемой в СТО. Предложенная модель базируется на концепции квантовой механики: каждый квантовый объект создаёт в физическом вакууме пару электрически разноимённо заряженных виртуальных частиц. Виртуальные частицы определяют большое количество физических эффектов: спонтанную эмиссию фотонов, эффект Казимира, квантовые флуктуации в вакууме, поляризацию вакуума в электрических полях, рождение электронно-позитронных пар, Лэмбовский сдвиг и другие. Проведённые исследования показывают, что к этим явлениям следует отнести и магнетизм.

2. Свойства пары виртуальных частиц

В работе будут использованы следующие свойства пары виртуальных частиц, создаваемой квантовым объектом [4].

1. Пара виртуальных частиц создаётся в области, размер которой имеет порядок длины волны λ квантового объекта.

2. Пара виртуальных частиц имеет массу m_ν . При определённой энергии пара виртуальных частиц может превратиться в пару реальных частиц с суммарной массой этих частиц, равной m_ν .

3. Виртуальные частицы, составляющие пару, имеют равные и противоположные по знаку электрические заряды. Электрические свойства виртуальных частиц аналогичны электрическим свойствам реальных частиц.

4. Пара виртуальных частиц может превратиться в пару реальных частиц, имеющих спин. Из закона сохранения момента количества движения, следует, что и виртуальные частицы имеют спин, свойства которого аналогичны свойствам спина реальных частиц. Следовательно:

а) Спин пары виртуальных частиц S_ν не имеет определённого направления в пространстве и под величиной спина понимается величина проекции спина на выделенное направление, что можно интерпретировать как прецессию спина относительно выделенного направления. Прецессия характеризуется углами прецессии и нутации, а также частотой прецессии, ω_ν .

б) Между спинами пар виртуальных частиц могут осуществляться спиновые корреляции.

3. Электрический ток как вихревая нить

Представим электрический ток как последовательность электрически заряженных движущихся квантовых объектов. Каждый квантовый объект создаёт в физическом вакууме пару виртуальных частиц. На рис. 2 показаны следующие характеристики пары виртуальных частиц: S_ν – спин; m_ν – масса; ω_ν – частота прецессии; Z_ν – момент количества движения m_ν , $Z_\nu \uparrow\uparrow \omega_\nu$; v_ν – скорость циркуляционного движения m_ν ; θ – угол нутации; α – угол (фаза) прецессии, отсчитываемый относительно линии отсчёта (л.о.); Γ_ν – циркуляция v_ν , определяемая как:

$$\Gamma_\nu = \frac{2\pi Z_\nu}{m_\nu} = \frac{2\pi Z_\nu}{m_\nu} \frac{\omega_\nu}{\omega_\nu}. \quad (5)$$

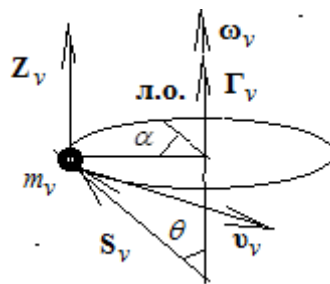


Рис. 2. Характеристики пары виртуальных частиц: S_ν – спин; m_ν – масса; ω_ν – частота прецессии; Z_ν – момент количества движения m_ν ; v_ν – скорость циркуляционного движения m_ν ; θ – угол нутации; α – угол (фаза) прецессии, отсчитываемый относительно линии отсчёта (л.о.); Γ_ν – циркуляция v_ν .

В работе [5] показано, что частота прецессии ω_ν направлена вдоль тока \mathbf{I} :

$$\omega_\nu \uparrow\uparrow \mathbf{I}. \quad (6)$$

Тогда, учитывая, что с каждым квантовым объектом связана циркуляция, направленная вдоль тока, ток можно представить вихревой нитью с циркуляцией Γ_I [6], определяемой как $\Gamma_I = z\Gamma_v$, где z – количество электрически заряженных квантовых объектов (заряд q), движение которых создаёт ток I , $z=I/q$. Используя уравнения (5) и (6) в выражении для Γ_I , получаем: $\Gamma_I = I \cdot 2\pi \cdot Z_v / (m_v q)$.

Примечание.

1. Свойства (включая циркуляцию Γ_I) пар виртуальных частиц, создаваемых движущимися квантовыми объектами, образующими ток, и магнитная индукция B , создаваемая этим током, определяются в одной и той же системе отсчета, а именно относительно «молекулярной системы» провода с током.
2. Согласно свойству 1 (Раздел 2) пара виртуальных частиц образуется в области, размер которой имеет порядок длины волны λ квантового объекта. Значение λ определяется массой m_q и скоростью движения квантового объекта v [7]: $\lambda = h / (m_q v)$, то есть, можно говорить о сжатии области занимаемой парой виртуальных частиц при движении пары.

4. От виртуальных частиц к “возмущённому” физическому вакууму с отрицательным давлением

Согласно свойству 4 виртуальных частиц (Раздел 2), виртуальные частицы имеют спин. Но при создании квантовым объектом виртуальных частиц, его спин не изменяется. В соответствии с законом сохранения момента количества движения это означает, что существует ещё один “источник” спина для образующихся виртуальных частиц. Можно предположить, что физический вакуум имеет внутреннюю степень свободы – спин, который и проявляется при создании виртуальных частиц. То есть, суммарный спин S_v пары виртуальных частиц определяет внутреннюю степень свободы физического вакуума в области создания пары виртуальных частиц.

Согласно свойству 4b (Раздел 2) между спинами могут существовать спиновые корреляции. Эксперименты, проводимые со сверхтекучим $^3\text{He-B}$, показали, что спиновые корреляции могут осуществляться сверхтекучими спиновыми токами [8-10]. Сверхтекучие спиновые токи могут возникать между спинами виртуальных частиц, создаваемыми квантовыми объектами, образующими ток, и спинами, определяющими внутреннюю степень свободы физического вакуума. Сверхтекучий спиновый ток выравнивает характеристики прецессирующих спинов (углы нутации и прецессии), между которыми он возникает, и таким образом прецессия спина виртуальных частиц может “распространяться” в физическом вакууме. В результате каждую точку пространства можно характеризовать частотой прецессии спинов, определяющих внутреннюю степень свободы физического вакуума. (Это не противоречит принятой в квантовой механики концепции о том, что в физическом вакууме могут существовать квантовые гармонические осцилляторы, обладающие так называемой “zero-point energy”. Эта концепция была развита в Германии А. Эйнштейном и О. Стерном в 1913 году [11]). Из свойств виртуальных частиц следует, что с частотой спина связана масса, которая при определённых условиях может превратиться в массу реальных частиц. Возможность рождения частиц в физическом с вакууме означает, что вакуум может работать “на разрыв”, что характерно для среды с отрицательным давлением [3].

Таким образом, согласно уравнению (3), магнитная индукция создаётся движением физического вакуума, в каждой точке которого имеется прецессия спинов, составляющих внутреннюю степень свободы физического вакуума, то есть движением возмущённого вакуума.

Примечание.

1. Такие характеристики физического вакуума как отрицательное давление и положительная плотность, не противоречат существующим моделям “космического” вакуума [12]. Согласно этим моделям, около 70% всей энергии Вселенной существует в виде так называемой тёмной энергии или “квинтэссенции”, характеризующейся однородным распределением положительной плотности и отрицательным давлением.

2. Движение объекта в возмущённом физическом вакууме (с плотностью ρ) равносильно наложению на него магнитного поля с индукцией $\mathbf{B} = -2\sqrt{\pi\rho} \cdot \mathbf{u}$, где \mathbf{u} скорость объекта. Имеются экспериментальные данные, косвенно свидетельствующие о том, что при отсутствии магнитного поля в системе физического вакуума в системе движущегося объекта магнитное поле существует. В рассматриваемых экспериментах данные относятся к нейтрину; на современном этапе развития физики наиболее приемлемой считается концепция массивного нейтрино, имеющего направленный вдоль спина магнитный момент. При движении относительно «космического» вакуума ориентация спина нейтрино противоположна направлению скорости, в то же время при движении в магнитном поле (существенно превышающем магнитное поле Земли) спин нейтрино ориентируется вдоль магнитной индукции [13, 14].

5. Заключение

1. Учёт свойств виртуальных частиц, создаваемых движущимися квантовыми объектами, позволяет моделировать электрический ток вихревой нитью в физическом вакууме и описывать магнитные взаимодействия уравнениями взаимодействия вихрей в идеальной несжимаемой жидкости с отрицательным давлением.

2. Так как сверхтекучий спиновый ток, возникающий между спинами, выравнивает характеристики (углы нутации и прецессии) прецессирующих спинов, прецессия спина виртуальных частиц может “распространяться” в физическом вакууме.

3. Величина магнитной индукции пропорциональна скорости движения физического вакуума, в каждой точке которого имеется прецессия спинов, составляющих внутреннюю степень свободы физического вакуума, то есть, пропорциональна скорости движения возмущённого вакуума.

4. В системе объекта, движущегося в неподвижном (в лабораторной системе) возмущённом физическом вакууме, существует магнитное поле.

Литература

1. Э. Парселл. Электричество и магнетизм. // Берклевский курс физики, том 2. – М.: Наука, 1975.
2. М. Борн. Эйнштейновская теория относительности. – М.: Мир, 1972.
3. Л. И. Седов. Механика сплошной среды. Т. 1-2. – М.: Наука, 1994.
4. F. Mandl, G. Shaw. Quantum Field Theory, // John Wiley & Sons, Chichester UK, revised edition, 56, 176, 1984/2002. ISBN 0-471-94186-7.
5. L.V. Boldyreva. “The Wave Properties of Matter: The Physical Aspect“. // International Journal of Physics, 2(6), 189-196, 2014, DOI: 10.12691/ijp-2-6-2.
6. Л. Б. Болдырева. Что даёт физике наделение физического вакуума свойствами сверхтекучего ${}^3\text{He-B}$. // М., Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 120 с.
7. Э. Вихман. Квантовая физика. // Берклевский курс физики, т. IV. Москва, Наука, 1977.
8. И.А. Фомин. “Критический сверхтекучий спиновый ток в ${}^3\text{He-B}$ ”. // Письма в ЖЭТФ 45 вып.2, стр. 106-108, 25 января 1987.
9. А.С. Боровик-Романов, Ю.М. Буньков, А. де Ваард, В.В. Дмитриев, В. Макроциева, Ю.М. Мухарский и Д.А. Сергацков. “Наблюдение аналога эффекта Джозефсона на спиновом токе”. // Письма в ЖЭТФ 47 вып. 8, стр. 400-403, 1988.

10. В.В. Дмитриев. “Спиновая сверхтекучесть в ^3He ”. Конференции и симпозиумы. // *Успехи физических наук* **175** №1, стр. 85-92, 2005.
11. А. Einstein, О. Stern. “Einige Argumente für die Annahme einer molekularen Agitation beim absoluten Nullpunkt”, // *Annalen der Physik*, **40**(3), 551, 1913.
12. А.Д. Чернин. “Космический вакуум.” // *Успехи физических наук* **171**, стр. 1153-1175. 2001.
13. А.И. Тернов. “Электромагнитные свойства массивных нейтрино.” // *Соровский образовательный журнал* **6** № 10, 2000.
14. S. Eidelman и др. (Particle Data Group): “Leptons in the 2005 Review of Particle Physics.” // *Physics Letters B* **592** issue 1, pp. 1–5, 2004.

MAGNETISM AND VIRTUAL PARTICLES

L. B. Boldyreva

State University of Management

boldyrev-m@yandex.ru

It has been shown that with due account of the properties of virtual particles created by moving quantum entities electric current can be represented by a vortex line in the physical vacuum, and magnetic interactions can be described by the equations for the interactions of vortices in an ideal incompressible liquid with positive density and negative pressure. The sign of the pressure in a medium depends on the nature of internal stresses in it. If the internal stresses are like “omniradial tensions”, the pressure will be negative. It is shown that spin correlations between spins of virtual particles effected by spin supercurrents may result in the rise of negative pressure in the physical vacuum.