

Потенциальные, соленоидальные и вихревые поля, и их физический смысл

Ф. Ф. Менде

Потенциалом электрического заряда g является скалярная функция

$$\varphi = \frac{g}{4\pi\epsilon r},$$

где ϵ - диэлектрическая проницаемость среды, в которой расположен заряд. Эта функция определяет работу, которую нужно совершить для перемещения единичного заряда из бесконечности в точку наблюдения r .

Градиент этого потенциала, взятый с обратным знаком определяет электрическое поле в точке наблюдения

$$\vec{E} = -grad \varphi = -\frac{g}{4\pi\epsilon r^2}$$

Электрическое поле заряда является потенциальным, а это означает, что для перемещения в нём любого заряда по замкнутой траектории работа не совершается.

Совсем другими свойствами обладают соленоидальные электрические поля, у которых интеграл по замкнутому контуру не равен нулю

$$U = \oint \vec{E} d\vec{l}.$$

Скалярная величина U носит название электродвижущей силы и измеряется в вольтах. Именно эту величину мы определяем, когда измеряем напряжение гальванического элемента, или напряжение в электрической сети. Если замкнутый контур обладает сопротивлением R , то мощность, расходуемая в таком контуре, определяется соотношением

$$P = \frac{U^2}{R}.$$

Именно это свойство электродвижущей силы и используется во всех электрических энергетических системах.

Кроме потенциальных и соленоидальных полей существуют также вихревые поля, которые вводятся при помощи оператора ротор. Таким полем является магнитное поле, которое вводится следующим образом

$$\frac{\partial \vec{H}}{\partial t} = -\frac{1}{\mu} rot \vec{E},$$

где μ - магнитная проницаемость среды.

Попытаемся выяснить физический смысл векторов вводимых при помощи указанной операции.

Векторный анализ является основным математическим аппаратом, используемым в электродинамике. Такие векторные величины, как сила, скорость, ускорение, электрическое поле и ток хорошо демонстрируют физический характер этих величин. Однако при использовании векторного аппарата для описания физических процессов вводятся и такие вектора, которые не отражают физической сущности тех процессов, которые они описывают. Такие векторы будем называть векторами-фантомами. Приведём несколько примеров.

Если имеется диск, вращающийся с угловой скоростью ω , то этот процесс изображают в качестве вектора, который совпадает с осью вращения диска и опирается на его центр. Спрашивается, существует ли такой вектор на самом деле и что он представляет? Нет сомнения в том, что по договоренности такой вектор можно ввести, но какого-либо физического смысла, как, например, вектор скорости, он не имеет. Таким точно образом вводится вектор механического момента. Этот вектор тоже совпадает с осью вращения, опирается на центр плоскости вращения и равен произведению радиальной скорости на радиус. Подобным образом вводится и вектор магнитного дипольного момента, который для кругового тока равен произведению величины тока на площадь обтекаемого током круга. Этот вектор совпадает с осью вращения круга и опирается на его плоскость. Но какого-либо физического смысла эти вектора не имеют.

Вспомним, что такое вектор, представляющий ротор. Этот вектор вводится следующим образом

$$rot \vec{a} = \begin{pmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ a_x & a_y & a_z \end{pmatrix}$$

Чтобы выяснить геометрический смысл ротора рассмотрим твердое тело, которое вращается с угловой скоростью ω вокруг оси z . Тогда линейная скорость тела v в точке (x, y, z) будет численно равна

$$v = \omega r = \omega \sqrt{x^2 + y^2},$$

а слагающие её по осям, для правовинтовой системы координат, будут равны

$$v_x = -\frac{vy}{\sqrt{x^2 + y^2}} = -\omega y,$$

$$v_y = -\frac{vx}{\sqrt{x^2 + y^2}} = -\omega x,$$

$$v_z = 0.$$

Слагающие вектора $rot \mathbf{v}$ при этом определяться соотношениями:

$$rot_x \mathbf{v} = rot_y \mathbf{v} = 0$$

$$rot_z \mathbf{v} = \frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y} = 2\omega$$

И снова получен вектор, направленный параллельно оси вращения и нормальный к плоскости вращения. Этот вектор тоже вводится по договорённости и какого-либо физического смысла не имеет.

Те же рассуждения можно распространить и на векторное произведение.

Таким образом, при использовании векторного исчисления для описания физических явлений вводятся два типа векторов. Первый из них представляет реальные физические вектора, которые характеризуют саму физическую величину с учётом её величины и направления (например, вектора силы, скорости, ускорения, напряженности электрического поля и тока). Другая же категория векторов – это те вектора, которые можно представить с помощью операции ротора или векторного произведения. Эти физические вектора не представляют физические величины и вводятся по договорённости, являясь векторами-фантомами. Именно к вектору такого типа и относится магнитное поле.

Что же происходит далее? При записи уравнений Максвелла ротор от магнитного поля приравнивают полному току

$$rot \vec{H} = \vec{j}_\Sigma$$

и получается так, что ротор от вектора, который вводят по договорённости, даёт реальный физический вектор. Таким образом, вектор магнитного поля представляет типичный вектор-фантом.

Можно привести и другой пример. Силу Лоренца, действующую на движущийся заряд, определяют векторным произведением реального вектора скорости и магнитного поля:

$$\vec{F} = \mu [\vec{v} \times \vec{H}]$$

Опять получается так, что операция векторного произведения, которая сама по себе физического смысла не имеет, действуя на вектор, не имеющий физического смысла, даёт реальную физическую силу с учётом её величины

и направления. В этом и состоит смысл введения векторов фантомов в векторном исчислении. Если посмотреть на математический аппарат физики применительно к векторному исчислению, то оказывается, что этот аппарат представляет смесь реальных физических векторов и векторов фантомов.

Но тогда возникает вопрос, а можно ли вообще исключить из обихода векторы-фантомы, которые вводят только по договорённости и построить электродинамику без их использования. В работах [1-7] убедительно показано, что вся электродинамика может быть построена без использования такого понятия как магнитное поле. При этом в её основу должны быть положены такие фундаментальные понятия как электрическое поле, которое является градиентом скалярного потенциала, а также векторный потенциал, причиной появления которого есть зависимость скалярного потенциала заряда от скорости его относительного движения. Такой подход - это революция в классической электродинамике. Он ставит во главу классической электродинамики скалярный потенциал заряда и его зависимость от скорости и лишает магнитное поле прав физического поля, а также исключает необходимость использования СТО, т.к. все существующие явления в электродинамике находят своё объяснение без её использования.

Понятие магнитного поля как реального вектора существует с тех пор, как учёные заметили, сколь организованно ведут себя железные опилки вблизи магнитов или кольцевых токов. Такое их поведение казалось почти очевидным следствием наличия какого-то силового вектора, действующего на них. И таким вектором было признано магнитное поле. Однако, очевидное не всегда является реальным. Оказывается, что такое поведение железных опилок связано не с существованием магнитного поля как физического вектора, а с тем, что токи обладают потенциальной энергией по отношению друг к другу, и эта энергия для случая устойчивого равновесия всегда стремится к минимуму. Именно по этой причине железные опилки, в которых отдельные атомы представляют микроскопические кольцевые токи, и ведут себя таким образом.

В связи с указанным можно заключить, что с появлением работ [1-7] и данной монографии закончился очень важный и очень противоречивый этап в развитии современной физики, и перед ней открываются новые горизонты. Но история физики и человеческого прогресса говорит нам о том, что такие события не могут быть осознаны обществом сразу, так было с Джордано Бруно, так было с Галилеем, так было с Коперником.

Литература.

1. Менде Ф. Ф. К вопросу об уточнении уравнений электромагнитной индукции. - Харьков, депонирована в ВИНТИ, №774-В88 Деп., 1988.-32с.
2. Менде Ф. Ф. Существуют ли ошибки в современной физике. Харьков,

Константа, 2003.- 72 с.

3. Менде Ф. Ф. Непротиворечивая электродинамика. Харьков, НТМТ, 2008, – 153 с. ISBN 978-966-8603-23-5.
4. Mende F. F. On refinement of certain laws of classical electrodynamics, arXiv, physics/0402084.
5. Менде Ф. Ф. Великие заблуждения и ошибки физиков XIX-XX столетий. Революция в современной физике. Харьков, НТМТ, 2010, – 176 с. ISBN 978-617-578-010-7.
6. Менде Ф. Ф. Новые подходы в современной классической электродинамике. Часть II, Инженерная физика, №2, 2013.
7. Менде Ф. Ф. Проблемы современной физики и пути их решения. Palmarium academic publishing, 2013, 272.

I