

МАГНИТНЫЙ МОНОПОЛЬ. МАГНИТНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Гусак Я.О. Духовник А.Н.

Смирнова Г.Ф. - к. ф.-м.н. наук, доцент

В следующих вопросах, мы собираемся установить некоторые свойства магнитных монополей на основе анализа простых модельных ситуаций (мысленных экспериментов). Считаем, что все законы физики действительны. Скорости, рассмотренные в этой проблеме значительно меньше, чем скорость света и, следовательно, мы можем пренебречь релятивистскими изменениями.

Наша повседневная практика показывает, что магнитные полюса всегда существуют в парах Северным и Южным. Фундаментальные законы физики, однако, не противоречат существованию магнитно заряженной частицы, называемой магнитным монополем. Магнитный монополь является объектом обладающим только одним магнитным полюсом, или Северным, или Южным, которые являются аналогами положительного и отрицательного электрических зарядов соответственно. Таким образом, монополь создает статическое магнитное поле, подобно тому как неподвижный заряд создаёт электростатическое поле, то есть его силовых линий начинаются или заканчиваются в точке, в которой находится монополь. Концепция магнитного монополя была введена в 1932 году известным физиком Полем Дираком. На основе квантовой механики он доказал, что существование магнитных монополей может объяснить существование элементарного электрического заряда. Вот почему физики не прекращают попытки обнаружить магнитные монополи в эксперименте.

Используем основные законы электростатики и электродинамики, спроецировав их на наш монополь:

1. Допустим, что при воздействии внешнего магнитного поля с индукцией B , на монополь магнитного заряда q_m действует сила: $F = q_m B$. Получим размерность $[q_m] = \text{кг/А}$, что логично, так как монополь «элемент кругового тока».

2. Предположим, в состоянии покоя, магнитный монополь создает статическое магнитное поле, схожее на электрическое поля производимое статическим электрическим зарядом. Магнитная индукция B в точке позиционно вектора r по отношению к задается уравнением: $B = k_m q_m \vec{r} / r^3$. Получаем $k_m = \mu_0 / 4\pi$

3. Получим формулу для потока $\oint_S (\vec{B}, \vec{S}) = q_m \mu_0$

4. Перемещение электрического заряда создает вихревое магнитное поле. Тогда, движущейся магнитный монополь создает вихревое электрическое. Его напряженность описывается формулой $\vec{E}_m = \frac{\mu_0}{4\pi} q_m \frac{[\vec{v}, \vec{r}]}{r^3}$

5. Аналогия между электрическими и магнитными зарядами наблюдается также в том, как они воздействуют на внешние магнитные и электрические поля соответственно. Аналогично силе Лоренца, действующей на электрический заряд, движущийся в магнитном поле, на магнитный заряд действует сила, когда он движется в электрическом поле. Пусть летит магнитный монополь и электрон, они действуют друг на друга с одинаковой силой. Получаем следующее уравнение:

$$\vec{F} = \frac{q_m [\vec{E}, \vec{v}]}{c^2}$$

6. В своей знаменитой работе по магнитным монополям Поль Дирак утверждал, что если хотя бы один магнитный монопольный существовал во Вселенной, все электрические заряды должны были быть кратным специфичному элементарному электрическому заряду, величина которого связана с магнитным зарядом этого монополя. Исторически, это первая гипотеза в физике, объясняющая существование элементарного электрического заряда. $+q_m$ и $-q_m$ соответственно.

Найдем предполагаемый магнитный заряд монополя: $q_m = \frac{h}{2\mu_0 e}$

Выведем размер электрона, основываясь на его моменте спина. Используем формулу для магнитного момента по аналогии с дипольным моментом.

$$\vec{m} = IS\vec{n} \Rightarrow \vec{m} = q_m * 2r$$

где r – радиус электрона, так как мы предполагаем, что наличие магнитного момента у электрона обусловлено наличием в нем монопольного диполя.

Используя утверждение о том, что магнитный момент электрона равен магнетону Бора $p_m = 9,279 * 10^{-24} \text{ А} * \text{м}^2$, получим $r = 2,89 * 10^{-15} \text{ м}$. Полученное значение очень близко к классическому радиусу электрона.

Список использованных источников:

1. D. J. P. Morris, et all. Dirac Strings and Magnetic Monopoles in the Spin Ice Dy₂Ti₂O₇. Science 16 October 2009. Материалы WoPho 2012