

УДК 621.3.013.1, 537.611.2

ИНТЕРПРЕТАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ КВАНТА МАГНИТНОГО ПОТОКА

В.Д. Павлов

Владимирский электромеханический завод (г. Владимир)

© Павлов В.Д., 2025

Аннотация. Двухчастичной системе коррелированных электронов приписывается квант кинетического момента. Вследствие этого минимально возможный магнитный поток (квант) стал в два раза меньше, чем поток, рассчитанный для одного электрона. Здесь есть противоречие, поскольку магнитный поток – величина аддитивная, поэтому естественнее было бы ожидать его увеличения, а не уменьшения. Цель исследования заключается в разрешении указанного противоречия. Возможность создания магнитного потока двухчастичной системой электронов и его измерения не является оригинальной. Магнитный поток может создаваться и единственным электроном. Подобно тому как при парной корреляции квант магнитного потока вдвое уменьшился по сравнению с квантом Ф. Лондона, при n -кратной корреляции квант уменьшится в n раз. Этому нет разумного объяснения. Приписывание куперовской паре кванта кинетического момента неприемлемо. Квантом кинетического момента следует наделять единственную частицу и не следует наделять систему частиц.

Ключевые слова: квантовая структура, коррелированные электроны, проводник, длина свободного пробега, кинетический момент, магнитный поток.

DOI: 10.46573/2658-7459-2025-1-61-67

ВВЕДЕНИЕ

В 1948 г. Ф. Лондон вычислил квант магнитного потока от электрического тока, созданного одним электроном. Ключевым условием вычисления явилось приписывание электрону кванта кинетического момента \hbar [1].

В 1956 г. Л. Купер описал двухчастичные системы коррелированных электронов (куперовские пары), возникающие в проводниках вследствие электрон-фононного взаимодействия. Приписывание двухчастичной системе кванта кинетического момента \hbar приводит к уменьшению вычисляемого значения кванта магнитного потока вдвое.

В 1961 г. Б.С. Дивер и У.М. Фэрбэнк, а также независимо Р. Долл и М. Небауэр измерили квант магнитного потока. Результат оказался вдвое меньше кванта Ф. Лондона. С тех пор считается, что квант магнитного потока создается исключительно куперовскими парами и что он вдвое меньше кванта Ф. Лондона.

Цель исследования заключается в переосмыслении указанных обстоятельств.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Об исключительности двухчастичных систем при создании магнитного потока

Парные корреляции возникают в проводниках с малой длиной свободного пробега электронов и не возникают в проводниках с большой длиной свободного пробега [2].

Считается, что квант магнитного потока от двухчастичной системы измерен (в 1961 г.) для проводников с малой длиной свободного пробега электронов. Однако это обстоятельство не может исключать возможность измерения кванта магнитного потока от одного электрона в проводнике с большой длиной свободного пробега электронов (в котором парные корреляции не возникают). Это возможно, так как данный квант (Ф. Лондона) в два раза больше измеренного в 1961 г. К тому же и чувствительность измерительной аппаратуры заметно возросла.

Таким образом, возможность создания магнитного потока двухчастичной системой электронов и его измерения не является оригинальной. Магнитный поток может создаваться и единственным электроном.

Магнитное квантование от проводника с большой длиной свободного пробега электронов

Энергия магнитного потока выражается как

$$E = \frac{I\Phi}{2},$$

где Φ – магнитный поток.

Ток от единственного электрона можно выразить по формуле

$$I = \frac{e}{T},$$

где T – время, за которое электрон делает один оборот в круговом контуре:

$$T = \frac{2\pi R}{v},$$

где R – размер кругового контура; v – линейная скорость заряда.

В то же время

$$E = \frac{m_e v^2}{2}.$$

Сопоставление приведенных выражений дает возможность получить Φ :

$$\Phi = \frac{2\pi R m_e v}{e} = \frac{2\pi R p}{e}, \quad (1)$$

где p – количество движения.

Так как электрон не коррелированный (единственный), двояких толкований кванта его кинетического момента не существует:

$$m_e v R = p R = \hbar. \quad (2)$$

Поэтому

$$\Phi_L = \frac{2\pi \hbar}{e} = \frac{h}{e}. \quad (3)$$

Последнее выражение – хрестоматийное значение кванта Ф. Лондона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Магнитное квантование от тока, созданного двумя электронами

Ток от двух движущихся зарядов вдвое больше, чем от одного. При этом не существует никакой разницы в том, коррелированные заряды или нет.

Магнитный поток от удвоенного тока вдвое больше, чем от неудвоенного [3, 4].

Таким образом, с учетом выражения (2)

$$\Phi_2 = 2\Phi_L = \frac{2h}{e}.$$

Хрестоматийное значение кванта магнитного потока, созданного куперовской парой, вчетверо меньше:

$$\Phi_0 = \frac{h}{2e}. \quad (4)$$

Получение величины (4) возможно только при сложении величин, обратных выражению (3):

$$\frac{1}{\Phi} = \frac{1}{\Phi_L} + \frac{1}{\Phi_L} = \frac{2}{\Phi_L} = \frac{2e}{h}. \quad (5)$$

Это не согласуется с существующими теориями.

Парные корреляции – не предел

При хрестоматийном вычислении кванта магнитного потока учитывались только куперовские пары электронов, т.е. их парные корреляции.

Вместе с тем в такой же мере или даже в меньшей могут возникать корреляции большего числа электронов.

Подобно тому как при парной корреляции квант магнитного потока вдвое уменьшился по сравнению с квантом Ф. Лондона, при n -кратной корреляции квант уменьшится в n раз:

$$\Phi_0 = \frac{h}{ne}. \quad (6)$$

Аналогично выражениям (4) и (5) выражение (6) не согласуется с существующими теориями.

Магнитное квантование от проводника с малой длиной свободного пробега электронов

Если считать формулу (4) для куперовской пары достоверной, то один электрон создает половину потока, созданного парой:

$$\Phi_0 = \frac{1}{2} \frac{h}{2e} = \frac{h}{4e}.$$

Если имеет место n -частичная корреляция электронов, то

$$\Phi_0 = \frac{1}{n} \frac{h}{ne} = \frac{h}{n^2 e}.$$

Имеется феномен дробления кванта, что недопустимо по определению.

О двойных стандартах

Два коррелированных электрона плохого проводника наделяются квантами \hbar кинетического момента на том основании, что это *квантовая система*. С этим следовало бы согласиться, если бы данный подход распространялся и на другие подобные квантовые системы (например, на два электрона гелия (роль фононов, посредством которых связываются коррелированные электроны, у гелия играет сила притяжения со стороны ядра атома [5])). Предположим, что это верно. Другими словами,

$$2m_e v r_{\text{He}} = \hbar. \quad (7)$$

К электрону приложены три силы: притяжение к ядру, отталкивание от другого электрона и центробежная сила:

$$\frac{2e^2}{4\pi\epsilon_0 r_{\text{He}}^2} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 (2r_{\text{He}})^2} = \frac{m_e v^2}{r_{\text{He}}};$$

$$1,75 \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_{\text{He}}^2} = \frac{m_e v^2}{r_{\text{He}}}. \quad (8)$$

После возвведения выражения (7) в квадрат получаем:

$$4m_e^2 v^2 r_{\text{He}}^2 = \hbar^2;$$

$$r_{\text{He}}^3 = \frac{\hbar^2}{4m_e^2 v^2}.$$

Тогда соотношение (8) приобретает вид:

$$1,75 \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \frac{4m_e^2 v^2}{\hbar^2} = \frac{m_e v^2}{r_{\text{He}}};$$

$$r_{\text{He}} = \frac{m_e v^2 4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{1,75 e^2 4m_e^2 v^2} = \frac{4\pi\epsilon_0 \hbar^2}{1,75 e^2 4m_e} = \frac{a_0}{7}.$$

В количественном выражении

$$r_{\text{He}} = \frac{a_0}{7} = \frac{5,291\,772\,109\,2 \cdot 10^{-11}}{7} \approx 7,56 \cdot 10^{-12} (\text{м}).$$

Результат отличается от табличного значения почти вчетверо.

В то же время если не паре, а каждому электрону приписать квант \hbar кинетического момента, то результат окажется правильным.

Из этой ситуации есть два возможных выхода:

1. Пару электронов гелия не следует наделять квантом \hbar кинетического момента, поэтому во избежание двойных стандартов им (квантом \hbar) *не следует* наделять и прочие многочастичные системы, к которым относится и куперовская пара электронов.

2. Многочастичные квантовые системы *следует* наделять квантом \hbar кинетического момента, в том числе и пару электронов гелия. Однако тогда придется признать, что радиус атома гелия в четыре раза меньше, чем принято считать.

Первый вариант представляется более предпочтительным.

Магнитный поток, обусловленный спином электрона

Геометрическая форма электрона неизвестна, но считается, что это не шар и не сфера. Это следует из формулы его классического радиуса:

$$r_e = \frac{\mu_0 e^2}{4\pi m_e}.$$

В случае шара формула имеет вид

$$r_e = \frac{3}{5} \frac{\mu_0 e^2}{4\pi m_e}.$$

В случае сферы формула выглядит следующим образом:

$$r_e = \frac{1}{2} \frac{\mu_0 e^2}{4\pi m_e}.$$

Полная неопределенность формы электрона позволяет непротиворечиво представить его спин в виде момента импульса, образованного материальной точкой с массой электрона, обращающейся по окружности неопределенного радиуса (сколь угодно малого, причем его величина значения не имеет). Этот подход может иметь недостатки, но также имеет и существенное достоинство в виде возможности использовать готовую формулу (1) (вкупе с предшествующими формулами).

Спин электрона вычисляется по формуле

$$L_{es} = \frac{\sqrt{3}}{2} \hbar.$$

С учетом формулы (1) квант магнитного потока, обусловленного спином электрона, можно выразить как

$$\Phi_{es} = \frac{2\pi Rp}{e} = \frac{2\pi L_{es}}{e} = \frac{2\pi}{e} \frac{\sqrt{3}}{2} \hbar = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\hbar}{e}. \quad (9)$$

Данные, полученные в 1961 г.

Круговой ток в лабораторной трубке, образованный одним электроном, создает магнитный поток (3).

Спин электрона может иметь лишь две проекции на направление магнитного поля потока (3), а именно:

$$L_{esB} = \pm \frac{\hbar}{2}.$$

В силу закона сохранения момента импульса спин противоположен орбитальному моменту. Поэтому

$$L_{esB} = -\frac{\hbar}{2}.$$

Следовательно, магнитный поток, обусловленный спином электрона, вычитается из потока (3) (его проекция).

Таким образом, в 1961 г. измерили орбитальный квант магнитного потока *одного* электрона за вычетом проекции спинового кванта магнитного потока:

$$\frac{h}{e} - \frac{h}{2e} = \frac{h}{2e}, \quad (10)$$

а не квант от куперовской пары.

Совпадение измеренного значения (10) с (4) является совершенно случайным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кинетический момент – это аддитивная величина. Моменты, развивающиеся каждым элементом многочастичной системы, складываются. И если кинетический момент многочастичной системы равен кванту \hbar , то это значит, что одна частица (электрон) имеет кинетический момент, равный дробной части кванта. Однако если квант дробится на части, то это уже не квант.

Таким образом, приписывание куперовской паре кванта \hbar кинетического момента совершенно неприемлемо.

В действительности существуют квант Ф. Лондона (3), квант магнитного потока (9), обусловленный спином электрона, и их суперпозиция (10), т.е. квазиквант. Этот квазиквант и измерили в 1961 г.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов В.Д. Магнитный поток и его квантование // *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2020. № 4. С. 25–28.
2. Сивухин Д.В. Общий курс физики: в 5 т. Атомная и ядерная физика. М.: Физматлит, 2002. Т. 5. 784 с.
3. Попов И.П. Рассеяние магнитного потока в трансформаторах // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2020. № 4 (8). С. 81–88.
4. Попов И.П. Трииндуктивный осциллятор // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2022. № 1 (13). С. 50–55.
5. Павлов В.Д. Противоречия математических моделей атомов гелия и позитрония // *Инженерная физика*. 2024. № 9. С. 45–48.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

ПАВЛОВ Валентин Дмитриевич – кандидат технических наук, начальник научно-информационного отдела, Владимирский электромеханический завод, 600901, Россия, г. Владимир, ул. Ноябрьская, д. 127. E-mail: pavlov.val.75@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Павлов В.Д. Интерпретация результатов измерения кванта магнитного потока // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2025. № 1 (25). С. 61–67.

INTERPRETATION OF MAGNETIC FLUX QUANTUM MEASUREMENT RESULTS

V.D. Pavlov
Vladimir Electromechanical Plant (Vladimir)

Abstract. A quantum of kinetic momentum is attributed to a two-particle system of correlated electrons. As a result, the minimum possible magnetic flux (quantum) became smaller (twice) than the flux calculated for a single electron. There is an obvious contradiction, since magnetic flux is an additive quantity and therefore it would be more natural to expect its increase rather than decrease. The aim of the study is to resolve this contradiction. The possibility of creating a magnetic flux by a two-particle system of electrons and measuring it is not exclusive. Magnetic flux can be created by a single electron with the same success. Just as in the case of pair correlation the quantum of magnetic flux decreased twofold compared to F. London's quantum, in the case of n -fold correlation the quantum will decrease n times. There is no reasonable explanation for this. Ascribing a quantum of kinetic momentum to a Cooper pair is unacceptable. A quantum of kinetic momentum should be attributed to a single particle, and should not be attributed to a system of particles.

Keywords: quantum structure, correlated electrons, conductor, mean free path, kinetic moment, magnetic flux.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

PAVLOV Valentin Dmitrievich – Candidate of Technical Sciences, Head of the Scientific and Information Department, Vladimir Electromechanical Plant, 127, Noyabrskaya st., Vladimir, 600901, Russia. E-mail: pavlov.val.75@mail.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Pavlov V.D. Interpretation of magnetic flux quantum measurement results // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2025. No. 1 (25), pp. 61–67.

УДК 537.611

**МАГНИТНЫЙ ЗАРЯД. ОСЕВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
ПРОВОДНИКОВ С ТОКАМИ**

И.П. Попов

Курганский государственный университет (г. Курган)

© Попов И.П., 2025

Аннотация. В статье отмечено, что сила полевого взаимодействия двух точечных невекторных объектов (гравитационная или электростатическая) зависит от величины зарядов, под которыми понимается масса или электрический заряд. При этом проблема с определением напряженности поля путем деления силы на заряд не возникает, поскольку эта операция не затрагивает векторы. Показано, что иначе обстоит дело с магнитным взаимодействием. При попытке определения напряженности путем исключения из формулы для силы векторной величины возникает проблема с оставшимися двумя векторами, состоящая в том, что они не могут взаимодействовать друг с другом (образовывать векторное или скалярное произведение). Обозначено, что классическая схема исключает какие-либо трудности при определении магнитных зарядов и монополей. Установлено, что, кроме взаимодействия между параллельными проводниками с токами, существует осевое взаимодействие.

Ключевые слова: скрытые и комбинированные векторы, поле, монополь, заряд, сила, напряженность.

DOI: 10.46573/2658-7459-2025-1-67-73

ВВЕДЕНИЕ

Сила полевого взаимодействия двух точечных невекторных объектов (гравитационная или электростатическая) определяется выражением

$$d\mathbf{F}_{12} = k \frac{g_1 g_2}{4\pi r^3} \mathbf{r}_{12}, \quad (1)$$

где g – масса или электрический заряд [1–3]. При этом проблема с определением напряженности поля путем деления величины (1) на g_1 или g_2 не возникает, поскольку эта операция не затрагивает векторы.