



---

## Доп. Инфо к веб-семинару от 31.01.24

### Проблема шаровой молнии и её связь с проблемой холодного синтеза

**О природе шаровой молнии.** Капица П. Л. ДАН СССР 1955. Том 101, № 2, стр. 245-248. <https://ikar.udm.ru/sb/sb1-1.htm>

**Физическая природа шаровой молнии.** Широносков В.Г. Тезисы докладов 4-й Российской Университетско-Академической Научно-практической конференции Ч.7. Отв.ред. В.А.Журавлев, С.С.Савинский. Ижевск: Изд-во Удм. ун-та, 1999, с. 58 <https://ikar.udm.ru/sb/sb15-9.htm>

**The physical processes determining the properties of ball lightning.** Liudmila Boldyreva. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2022.105983>  
перевод - см. стр.2, оригинал - стр. 9-14.

Болдырева Л.Б.

## 8. Физические процессы, определяющие свойства шаровой молнии (Кулоновское взаимодействие, псевдомагнетизм, сверхтекучий спиновый ток)

В квантовой теории поля физический вакуум в отсутствие электрического и магнитного полей (без учёта гравитационного поля) определяется не как пустое пространство, а как основное свойство поля, состоящего из осцилляторов (Puthoff 1989). Эти осцилляторы не имеют общепринятого названия, в англоязычной литературе их часто называют “quantum oscillators”, что переводится на русский как “квантовые осцилляторы” (в данной работе используется аббревиатура КО).

Так как КО является электрическим диполем можно предположить, что КО состоит из двух противоположно заряженных частиц. В электрических полях может иметь место распад КОов на составляющие их заряженные частицы, в дальнейшем будем называть эти заряженные частицы: “свободными виртуальными частицами”. Свободные одноимённо заряженные виртуальные частицы могут формировать комплекс, в котором две силы, равные по величине, но противоположно направленные, действуют на каждую из этих частиц: кулоновская сила отталкивания и компенсирующая её сила притяжения, связанная со спинами этих частиц. Компенсирующей силой может быть псевдомагнитная сила. Кроме этих сил, сверхтекучие спиновые токи могут возникать между свободными виртуальными частицами; эти токи ориентируют спины свободных виртуальных частиц в одном направлении и таким образом обеспечивают выполнение условия эффективного действия псевдомагнитного взаимодействия.

Рассмотрим более детально свойства комплекса одноимённо заряженных свободных виртуальных частиц и сопоставим их со свойствами шаровой молнии.

### 8.1. Возникновение комплекса одноименно заряженных свободных виртуальных частиц

Для каждой заряженной частицы, составляющей КО, следующее справедливо:

$$(\mathbf{F}_q)_{QO} = -(\mathbf{F}_s)_{QO}, \quad (8.1)$$

где  $(\mathbf{F}_q)_{QO}$  – электрическая сила притяжения,  $(\mathbf{F}_s)_{QO}$  – отталкивающая сила, компенсирующая электрическую силу. Под действием внешнего возмущения могут возникнуть дополнительные силы. Этот случай имеет место, например, при помещении КО в электрическое поле  $\mathbf{E}_B$ . Тогда результирующая сила  $(\mathbf{F}_r)_{QO}$ , действующая на каждую из заряженных частиц, составляющих КО, определится в виде:

$$(\mathbf{F}_r)_{QO} = (\mathbf{F}_q)_{QO} + (\mathbf{F}_s)_{QO} + (\mathbf{F}_E)_{QO}, \quad (8.2)$$

где  $(\mathbf{F}_E)_{QO}$  – сила, с которой электрическое поле  $\mathbf{E}_B$  действует на заряженную частицу. Так как КО имеет электрический дипольный момент  $\mathbf{d}_{QO}$ , в электрическом поле  $\mathbf{E}_B$  момент  $\mathbf{M}_{QO} = \mathbf{d}_{QO} \times \mathbf{E}_B$  действует на КО. В результате действия этого момента для силы  $(\mathbf{F}_E)_{QO}$  справедливо:  $(\mathbf{F}_E)_{QO} \uparrow \uparrow (\mathbf{F}_s)_{QO}$ , и она определяется (Парселл 1975) как

$$(\mathbf{F}_E)_{QO} = q_{QO} \mathbf{E}_B, \quad (8.3)$$

где  $q_{QO}$  – заряд заряженной частицы, составляющей КО, с учётом знака. Тогда из уравнений (8.1)–(8.3) следует, что  $(\mathbf{F}_r)_{QO}$  является отталкивающей силой, приводящей

к распаду КО, и таким образом возникают свободные виртуальные частицы. Предполагается, что при распаде КО его спин передаётся обоим возникшим свободным виртуальным частицам, как это имеет место и при распаде фотона на электрон и позитрон.

Если отталкивающая сила  $(\mathbf{F}_S)_{QO}$  в уравнении (8.2) является псевдомагнитной силой, то для одноименно заряженных частиц при ориентации их спинов в одном направлении она будет силой притяжения. Таким образом, множество одноименно заряженных свободных виртуальных частиц могут образовать единый комплекс, в котором между частицами будет действовать кулоновская сила отталкивания и псевдомагнитная сила притяжения. Условие определённой ориентации спинов может выполняться в комплексе одноименно заряженных свободных виртуальных частиц вследствие действия между ними сверхтекучего спинового тока.

## 8.2. Конфигурация комплекса одноименно заряженных свободных виртуальных частиц

Варианты конфигурации комплекса приведены на Рис. 8.1; ориентации спина  $S_{fvp}$  ( $S_{fvp} = S_{QO} / 2$ ) свободных виртуальных частиц показаны стрелками. В варианте (a) одноименно заряженные свободные виртуальные частицы образуют прямую линию; в варианте (b) свободные виртуальные частицы образуют кольцо.

Линейная конфигурация менее стабильна, чем кольцевая конфигурация, так как в варианте (a) первая и последняя частицы более подвержены возмущающим воздействиям, чем остальные частицы в комплексе. Однако круговая конфигурация на Рис. 8.1b возможна, если расстояние  $r$  между свободными виртуальными частицами много меньше диаметра  $D_C$ , то есть, если

$$r \ll D_C. \quad (8.4)$$

Только при условии (8.4) спины двух соседних свободных виртуальных частиц могут рассматриваться как ориентированные в одном направлении. Этот факт и действие сверхтекучего тока могут обеспечивать выполнение условия существования псевдомагнитной силы притяжения.

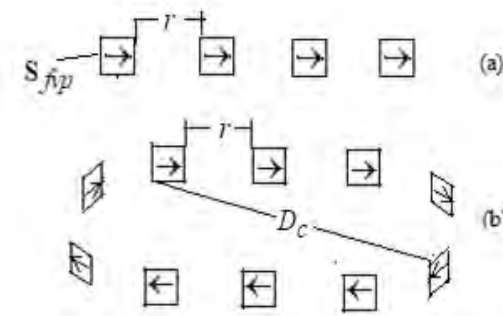


Рис. 8.1. Варианты (a) и (b) конфигурации комплекса одноименно заряженных свободных виртуальных частиц (прямая линия и кольцо). Стрелки показывают ориентацию спинов  $S_{fvp}$  свободных виртуальных частиц.  $D_C$  – диаметр кольца,  $r$  – расстояние между соседними свободными виртуальными частицами,  $r \ll D_C$ .

Комплексы типа, показанного на Рис. 8.1, могут формировать большие комплексы. Конфигурациями, обеспечивающими высокую стабильность таких больших комплексов, являются кольцеобразные структуры: кольцо, цилиндр, шар.

Рассмотрим такие характеристики больших комплексов одноименно заряженных свободных виртуальных частиц, как масса, энергия и силы, действующие на комплекс в физическом вакууме, состоящем из квантовых осцилляторов.

### 8.3. Характеристики комплекса одноименно заряженных свободных виртуальных частиц

Примем, что полный электрический заряд комплекса равен  $Q_c$ . Количество  $n$  одноименно заряженных виртуальных частиц, составляющих этот комплекс, определится выражением:

$$n = Q_c / q_{QO}, \quad (8.5)$$

где  $q_{QO}$  – заряд виртуальной частицы, введённой в уравнении (8.3). Если принять, что между зарядом  $q_{QO}$  виртуальной частицы и её массой, равной  $m_{QO}/2$ , существует такое же соотношение, как между зарядом и массой виртуальной частицы, составляющей фотон; тогда, используя выражение для магнетона Бора  $\mu_B = e\hbar / (2m_e c)$ , мы получаем для  $q_{QO}$ :

$$q_{QO} = \mu_B \cdot c \cdot m_{QO} / \hbar. \quad (8.6)$$

Эксперименты показывают, что при распаде фотона (в частности, на электрон и позитрон) массы возникающих частиц равны друг другу, и их полная масса равна кинетической массе фотона. Полагаем, что то же свойство справедливо для КОов и масса свободных виртуальных частиц  $m_{fvp}$ , образующихся при распаде КО, определяется как:

$$m_{fvp} = m_{QO} / 2 \text{ или as:}$$

$$m_{fvp} = \gamma_{QO} \hbar \Omega_{QO} / (4c^2). \quad (8.7)$$

Используя уравнения (8.6) и (8.7) в (8.5), получаем выражение для  $n$ :

$$n = \frac{2c \cdot Q_c}{\mu_B \gamma_{QO} \Omega_{QO}}. \quad (8.8)$$

#### Масса комплекса

Используя уравнения (8.7)–(8.8), можно получить полную массу  $M_c$  комплекса электрически одноименно заряженных свободных виртуальных частиц с полным зарядом  $Q_c$ :

$$M_c = \frac{\hbar \cdot Q_c}{2c \mu_B}. \quad (8.9)$$

#### Энергия комплекса

Полная энергия  $W_c$  комплекса равняется:

$$W_c = W_k + W_\Omega + W_Q + W_f, \quad (8.10)$$

где  $W_k$  – кинетическая энергия;  $W_\Omega$  – энергия, связанная с частотой  $\Omega_{QO}$ ;  $W_Q$  – энергия комплекса как электрически заряженной сферы;  $W_f$  – энергия, связанная с формой комплекса. С учётом уравнения (8.8) энергия  $W_k$  определяется уравнением:

$$W_k = \frac{\hbar \cdot Q_c}{4c \mu_B} y_c^2, \quad (8.11)$$

где  $y_c$  – скорость комплекса.

Энергия КО, связанная с частотой  $\Omega_{QO}$ , равняется  $\gamma_{QO}\hbar\Omega_{QO}/2$ . Тогда, вследствие законов сохранения энергия свободной виртуальной частицы определяется как:  $\gamma_{QO}\hbar\Omega_{QO}/4$ . Таким образом, энергия  $W_{\Omega}$  с учётом уравнения (8.18) определяется как:

$$W_{\Omega} = \frac{\hbar \cdot c \cdot Q_c}{2 \cdot \mu_B}. \quad (8.12)$$

Согласно определению энергии заряженной сферы (Парсел 1975)  $W_Q$  в системе СГС определяется в виде:

$$W_Q = Q_c^2 / D_c. \quad (8.13)$$

#### **8.4. Взаимодействие комплекса свободных электрически одноименно заряженных виртуальных частиц с физическим вакуумом, состоящем из КОов**

*Излучение электромагнитных колебаний комплексом.*

Электрическое поле заряженного комплекса действует на КО как на электрический диполь. Следовательно, при движении шаровой молнии физический вакуум характеризуется неравенством  $\partial \mathbf{E} / \partial t \neq 0$  ( $\mathbf{E}$  – электрическое поле, создаваемое КО как электрическими диполями), и, следовательно, электромагнитные осцилляции “сопровождают” шаровую молнию в физическом вакууме.

Так как свободные виртуальные частицы, которые составляют комплекс, имеют спин, сверхтекучий спиновый ток может возникнуть между комплексом и КО, составляющими физический вакуум. Так как сверхтекучий спиновый ток действует на характеристики спинов КОов то электромагнитные осцилляции могут возникать и в результате действия сверхтекучего спинового тока.

*Действие комплекса на другие объекты посредством сверхтекучего спинового тока.*

Сверхтекучий спиновый ток может возникать не только между комплексом и КО, составляющими физический вакуум, но и между комплексом и окружающими его телами. В результате действия сверхтекучего спинового тока изменяются характеристики спинов виртуальных фотонов (спиновых вихрей), создаваемых квантовыми объектами, составляющими окружающие тела. Характеристики спинов спиновых вихрей определяют, в свою очередь, характеристики квантовых объектов, создающих эти спиновые вихри. Например, характеристики спинов спиновых вихрей, создаваемых атомными электронами, определяют спин-орбитальное взаимодействие электрона и электрическое диполь-дипольное взаимодействие атомных электронов. Таким образом, следующие явления могут наблюдаться в результате действия сверхтекучего спинового тока:

- намагничивание металлических тел вследствие ориентации спинов электронов, составляющих это тело;
- трансформация химических элементов вследствие ионизации атома или аннигиляции атомного электрона с протоном ядра; возможна аннигиляция и всего химического элемента.

*Сила, действующая на комплекс в электрическом поле.*

В качестве примера рассмотрим силы, действующие на ШМ с электрическим зарядом  $Q_c$  в электрическом поле Земли ( $\mathbf{E}_e$ ). Такими силами являются: кулоновская сила  $Q_c \mathbf{E}_e$  и сила  $(\mathbf{F}_{QO})_c$ , связанная с действием спинов одноименно заряженных свободных виртуальных частиц, составляющих ШМ, на спиновую и электрическую поляризацию физического вакуума в месте нахождения ШМ.

Таким образом, результирующая сила  $\mathbf{F}_{rc}$ , действующая на комплекс в электрическом поле  $\mathbf{E}_e$ , определяется выражением:

$$\mathbf{F}_{rc} = (\mathbf{F}_{QO})_c + Q_c \cdot \mathbf{E}_e. \quad (8.14)$$

## 8.5. Сравнение свойств шаровой молнии (ШМ) со свойствами комплекса одноименно заряженных свободных виртуальных частиц

Сопоставим экспериментально наблюдаемые свойства ШМ (Buchkov и др. 2016, Бычков и Зайцев 2019) со свойствами комплекса электрически одноименно заряженных свободных виртуальных частиц, образующихся при распаде КОов.

1) ШМ формируется в канале разряда линейной молнии и около токонесущих проводов. Отметим, что электрическое поле существует около токонесущих проводов (электрическое поле создается электрическими дипольными моментами спиновых вихрей, создаваемых движущимися электрическими зарядами). Таким образом, ШМ образуется в электрических полях.

Как показано в Разделе 8.1, рассматриваемый комплекс также формируется в электрическом поле.

2) ШМ имеет электрический заряд.

Рассматриваемый комплекс состоит из электрически одноименно заряженных свободных виртуальных частиц.

3) ШМ может “прилипнуть” к электрическим проводам, или может двигаться вдоль них.

Согласно уравнению (8.14) сила действует на комплекс в электрическом поле токонесущих проводов.

4) ШМ излучает свет.

В Разделе 8.4 показано, что в результате взаимодействия комплекса и КОов, составляющих физический вакуум, возникает электромагнитное излучение.

5) Вещество ШМ составляет отдельную фазу в пространстве.

Комплекс состоит из частиц, возникающих при распаде КОов. Характеристики этих частиц (размер, масса, заряд) отличаются от аналогичных характеристик известных реальных частиц. То есть, комплекс является особой фазой в пространстве.

6) Форма ШМ может быть, в частности, следующей: сферической, эллипсоидальной, кольцеобразной (диск или цилиндр). Наблюдения показывают, что заряд ШМ может быть локализован на её поверхности.

В рассматриваемом комплексе замкнутые типы его формы обеспечивают наибольшую стабильность при выполнении условия (8.4); см. Разделы 8.1-8.2). Условие (8.4) выполняется, в частности, если свободные виртуальные частицы расположены на поверхности комплекса, Рис. (8.1).

7) Сферическая форма ШМ может восстанавливаться после значительной деформации, возникающей при прохождении молнии через узкое отверстие.

Однородно заряженные свободные виртуальные частицы, составляющие комплекс, находятся на поверхности комплекса и при условии (8.4) возможна деформация комплекса. Существование сверхтекучего спинового тока, зависящего от взаимной ориентации спинов свободных виртуальных частиц и стремящегося выровнять спины этих частиц в одном направлении, обеспечивает восстановление формы комплекса после значительных деформаций.

8) ШМ может намагничивать металлические тела. В работе (Леонов 1965) приведён факт намагничивания хирургических инструментов при пролёте мимо них ШМ, намагничение длилось одни сутки. Заметим, что намагничивание металлических тел является следствием спиновой ориентации “свободных” электронов, составляющих эти тела.

В Разделе 8.4 рассматривается способность комплекса свободных виртуальных частиц намагничивать окружающие металлические тела благодаря действию сверхтекучего спинового тока, возникающего между этими виртуальными частицами и виртуальными фотонами, создаваемыми квантовыми объектами, составляющими металлические тела. После прекращения действия сверхтекучих спиновых токов исходная ориентация спинов квантовых объектов, составляющих металлическое тело, может быть восстановлена.

9) Имеются свидетельства об исчезновении некоторых тел (в основном, металлических) около ШМ (Лихошерстных 1983).

В Разделе 8.4 показано, что действие сверхтекучего спинового тока между комплексом свободных виртуальных частиц и химическими элементами может вызвать трансформацию и аннигиляцию элементов.

10) ШМ может двигаться на постоянной высоте над Землёй (так называемая “левитация” ШМ).

Как следует из уравнения (8.14), сила  $F_{rc}$  будет действовать на комплекс свободных виртуальных частиц в электрическом поле Земли. Если сумма  $F_{rc}$  и действующей на ШМ гравитационной силы, равна нулю, то расстояние между поверхностью Земли и комплексом будет постоянным.

11) Может иметь место испарение вещества из ШМ. Это вещество проявляет свойства металлов (в частности, ферритов).

Одноименно заряженные свободные виртуальные частицы в комплексе имеют ориентированные спины, см. Рис. 8.1. Ориентация спинов (в частности, электронов) имеет место в доменах, составляющих ферриты. Следовательно, вещество, которое испаряется из комплекса, может иметь свойства ферритов.

12) Удельная энергия  $W_{BL}$ , запасённая в ШМ, имеющей средние характеристики (диаметр  $D_c = 0,25$  м, электрический заряд  $Q_c = 5 \cdot 10^{-7}$  К, скорость  $u_c = 10$  м/с), имеет порядок  $\square 10^5$  Дж/м<sup>3</sup>.

Вычислим удельную энергию комплекса свободных виртуальных частиц, имеющего указанные выше средние характеристики ШМ. Согласно уравнениям (8.11)–(8.13) имеем:  $W_k \approx 10^{-22}$  Дж,  $W_\Omega \approx 2 \cdot 10^{-1}$  Дж,  $W_Q \approx 9 \cdot 10^{-3}$  Дж. Согласно уравнению (8.10) полная удельная энергия комплекса без учёта энергии  $W_f$  определяется выражением:

$(W_c - W_f)/V$  где  $V$  – объём комплекса,  $V = \pi D_c^3 / 6$ . При принятых значениях  $D_c$ ,  $Q_c$ , и  $u_c$  получаем:  $(W_c - W_f)/V \square 25$  Дж/м<sup>3</sup>. Энергия формы определяется действием

сверхтекучего спинового тока и, как следует из патента чешского исследователя К. Дрбала (Drbal 1952), она способна осуществить даже заточку лезвия бритвы. Таким образом, учет энергии  $W_f$  может значительно уменьшить разницу между приведённой выше, наблюдаемой в экспериментах величиной  $W_{BL}$  и теоретически получаемой величиной из уравнения (8.10).

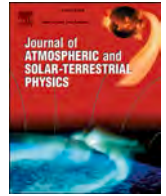
13) ШМ является нестабильным объектом. ШМ может исчезнуть, например, вследствие диссипации энергии и испарения вещества, а также в результате взрыва, наблюдаемого

как при прохождении кратковременного электрического импульса тока через ШМ, так и в его отсутствии.

Комплекс заряженных свободных виртуальных частиц может исчезнуть в результате следующих причин: 1) в результате внешних возмущений может уменьшаться количество свободных виртуальных частиц, составляющих комплекс; 2) имея электрический заряд, комплекс взаимодействует с внешним электрическим полем, и, следовательно, может взорваться при прохождении через него кратковременного электрического импульса тока; 3) сверхтекучий спиновый ток, возникающий между комплексом и другими спиновыми системами, может изменить взаимную ориентацию спинов свободных виртуальных частиц, составляющих комплекс, и в результате сила взаимодействия  $(F_S)_{QO}$  между свободными виртуальными частицами (см. Раздел 8.1) превратится из силы притяжения в силу отталкивания. В этом случае ШМ может не просто перестать существовать, а взорваться.

Таким образом, основные наблюдаемые свойства шаровой молнии (ШМ) согласуются со свойствами комплекса свободных виртуальных частиц, возникающих при распаде в электрических полях квантовых осцилляторов (КОов), составляющих физический вакуум.





## Research Paper

## The physical processes determining the properties of ball lightning

Liudmila Boldyreva

State University of Management, Academica Anokhina Ulitsa, 5-1-61, 119571, Moscow, Russian Federation

## ARTICLE INFO

## Keywords:

Ball lightning  
"Zero-point" energy  
Pseudomagnetism  
Spin supercurrent  
Virtual particle

## ABSTRACT

The aim of this work is to prove that the main properties of Ball Lightning (BL) may be explained by the action of the following physical processes. (1) Coulomb repulsive force between like charges constituting BL; (2) the pseudomagnetic force between like charges constituting BL, the character of pseudomagnetic force (attractive or repulsive) being dependent on the mutual orientation of spins of their charges; (3) the spin supercurrent emerging both between spins of charges constituting BL and between these spins and spins of the quantum objects of neighboring bodies, it transfers the angular momentum associated with spins. The investigations of spin supercurrent were conducted by M. Vuorio, A. Borovic-Romanov and other scientists from 1976.

For the achievement of the above mentioned aim in this work the following properties of BL are analyzed: the formation in the streak of lightning channel; the placing of the electric charge on BL surface; the possibility of its "clinging" to electric wires; radiation of light; spherical, ellipsoidal, or ring-like forms; the possibility of recovering the spherical form of BL from significant deformations; the magnetizing of metallic bodies; the emergence of force interaction between BL and magnetized bodies; the evaporation from BL of a substance exhibiting the properties of ferrites; the disappearance of BL as a result of its explosions both in external electric pulse and in the absence of the pulse.

## 1. Introduction

The two types of ball lightning (BL) are investigated by researchers at present: Natural and Artificial BL. There are known many methods of creating Artificial BL, for example: gas discharge in ionized plasma, the using of chemical reactions, the creation of microwave radiation in a camera with some substance (Dikhtyar and Jerby, 2006). In all the cases of creation of Artificial BL, the substance constituting BL, in general, is a molecular substance prepared by researcher.

In this work the hypothesis of emergence of Natural BL is considered: that is, the BL may appear without participation of a researcher and the substance constituting BL is a substance constituting the physical vacuum. The considered hypothesis of emergence of Natural BL is based on a few concepts of modern physics: "zero-point" energy, virtual particles ("virtual" photons), spin supercurrent, pseudomagnetic interaction. No other hypothesis (based on the same concepts) of emergence of Natural BL is known here. Let us analyze these concepts in detail.

## 1.1. The concept of "zero point energy"

In 1913, using the formula derived by M. Planck (1912) for the energy  $\epsilon_0$  of the atomic oscillator vibrating with frequency  $\nu$ :  $\epsilon_0 = h\nu/2 +$

$h\nu/(\exp(h\nu/(kT)) - 1)$ , Einstein and Stern (1913) published a paper in which they classified  $h\nu/2$  as "residual energy" (later, "residual energy" was called zero-point energy) that all atomic oscillators have at absolute zero. In quantum field theory, a physical vacuum free from magnetic and electric fields (without regard to gravitational energy) became defined not as an empty space but as the ground state of a field that consists of some oscillators with zero-point energy (Puthoff, 1989). Essentially, M. Planck, A. Einstein, and O. Stern made the first step towards the physical vacuum having intrinsic degrees of freedom.

Oscillators with zero-point energy introduced by these scientists have no generally accepted name, but in this work they are called quantum oscillators (from now on the abbreviation QO will be used). Let us consider the characteristics of these quantum oscillators.

## 1) Energy.

By definition (Einstein and Stern, 1913) the energy  $W_{q_0}$  of QO equals zero-point energy that is defined as

$$W_{q_0} = \hbar\Omega_{q_0}/2 \quad (1)$$

where  $\Omega_{q_0}$  is the circle frequency of the oscillations.

E-mail address: [boldyrev-m@yandex.ru](mailto:boldyrev-m@yandex.ru).

## 2) Mass.

According to Eq. (1), and connection of energy with mass, QO mass,  $m_{qo}$ , equals:

$$m_{qo} = W_{qo}/c^2 \quad (2)$$

## 3) Spin.

The physical effects exist which are impossible to explain without ascribing an intrinsic degree of freedom to the physical vacuum, namely the spin. For example, a photon has a spin angular momentum and so-called orbital angular momentum (Barnett, 2010; Kidd et al., 1989). At the same time, in the photon's emission by an atom only the orbital angular momentum is transferred to the photon in most atomic transitions. Another example, in the photon's emission by a free-moving electron at the speed higher than the speed of light (the effect by Cherenkov [1937]), the electron conserves its own spin angular momentum. The principle of conservation of angular momentum holds in the considered phenomena if QOs constituting the physical vacuum have spin  $S_{qo}$ , that is:

$$S_{qo} \neq 0 \quad (3)$$

and according to considered examples, photon's spin consists of spins of QOs which constitute the photon, that is:

$$S_{ph} = (S_{qo})_{ph} \quad (4)$$

## 4) Electric dipole moment.

The existence of the electric polarization of a physical vacuum in an electric field (Dirac, 1931) suggests that QO is an electric dipole in electric field and, consequently, electric dipole moment of QO,  $d_{qo}$ , may be introduced, that is:

$$d_{qo} \neq 0 \quad (5)$$

## 1.2. The concept of virtual particles ("virtual photons")

In 1949, R. Feynman (1949) was awarded a Nobel Prize for introducing virtual particles created by quantum objects, for the denotation of force fields in his diagrams. The properties of the virtual particles depended on the interaction in which they were involved. For example, a quantum object which is a singularity in electric or magnetic fields (electric charge or/and magnetic dipole) creates a pair of oppositely charged electric particles, the so-called a virtual photon since it is like a photon transfers electric and magnetic interactions. Like a photon which in pure state has transversely precessing spin (Weber and Lynn, 2000), the virtual photon has a precessing (with frequency  $\omega_v$ ) spin  $S_v$ .

From the physical point of view the creation of virtual particle by a quantum object may be a consequence of interaction of the quantum object's spin with the physical vacuum, which is analogous to Barnett's effect (Barnett S.J., 1935). Then the orientation of precession frequency  $\omega_v$  of virtual photon's spin  $S_v$  is associated with the orientation of spin  $S_q$  of the quantum object creating this virtual photon as:

$$\omega_v \uparrow \uparrow S_q \quad (6)$$

If the speed of quantum object is much less than the speed of light, then (Boldyreva, 2021):

$$S_v \uparrow \downarrow S_q \quad (7)$$

The spin  $S_v$  of the virtual photon consists of the spins of QOs which constitute the virtual photon: that is,

$$S_v = (S_{qo})_v \quad (8)$$

From Eq. (8) it follows that mass  $m_v$  of the virtual photon has to consist of the mass of QOs which constitute the virtual photon: that is,

$$m_v = (m_{qo})_v \quad (9)$$

According to Feynman's model, the virtual photon is an electric dipole and, as shown in (Boldyreva, 2021), its electric dipole moment  $d_v$  is oriented along its spin:

$$d_v \uparrow \uparrow S_v \quad (10)$$

## 1.3. The concept of action of spin supercurrent between virtual photons

The spin supercurrent is a process of transfer of angular momentum. The first works introducing the process of transfer of angular momentum in descriptions of physical phenomena were works by J. C. Maxwell describing a model of luminiferous ether in 1861–1873 (Maxwell, 1861). In hundred years, the investigation of the process of transfer of angular momentum was continued (with taking into account the quantum object characteristic opened in the 20th century - spin) by M. Vuorio (1976), (Borovic-Romanov et al., 1989), Yu. Bunkov (2009), (Dmitriev and Fomin, 2009). In these investigations the process of transfer of angular momentum is called a "spin supercurrent". The value of a spin supercurrent is determined by the characteristics of the precession of spins of the spin structures between which the supercurrent arises. The example of orientation (along axis  $z$ ) of a spin supercurrent  $(I_{ss})_z$  emerging between virtual photons with the precession frequencies  $\omega_v$ , spins  $S_v$ , electric dipole moments  $d_v$ , precession angles ( $\alpha_1$  and  $\alpha_2$ ), deflection angles ( $\beta_1$  and  $\beta_2$ ) is given in Fig. 1. The virtual photons are created by quantum objects with spin  $S_q$  oriented according to Eq. (6).

$(I_{ss})_z$  is determined as:

$$(I_{ss})_z = -b_1(\alpha_2 - \alpha_1) - b_2(\beta_2 - \beta_1) \quad (11)$$

where  $b_1$  and  $b_2$  are coefficients depending on the properties of virtual photons. The action of spin supercurrent may result in equalizing of values respectively of precession angles (phases), and deflection angles of interacting virtual photons.

## 1.4. The concept of pseudomagnetic interaction

The pseudomagnetic interaction depends on the mutual orientation of the spins of interacting spin structures. The character of a pseudomagnetic interaction is, in many aspects, analogous to that of magnetic interaction, which is why the interaction is called "pseudomagnetic". However, the energy of this interaction is a thousand times greater than the energy of a magnetic interaction and the magnetic field does not influence it. To determine the main features of pseudomagnetic interaction let us consider experimentally observed examples of its action.

**Example 1.** In the motion of neutrons and protons in a substance with the polarized spins of nuclei and in the motion of electrons in a substance with the polarized spins of substance's electrons, a precession of spins of moving quantum objects relative to the direction of substance's spin polarization takes place (Pokazaniev and Skrotskii, 1979; Abragam and

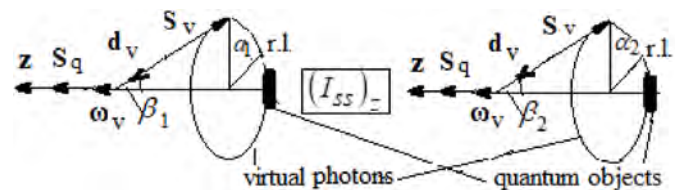


Fig. 1. Schematic image of virtual photons created by quantum objects with spins  $S_q$ .  $(I_{ss})_z$  is spin supercurrent along of axis  $z$ ;  $\omega_v$  are of the precession frequencies of the spins  $S_v$ ;  $d_v$  are electric dipole moments;  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$  are precession angles;  $\beta_1$  and  $\beta_2$  are deflection angles; r. l. are reference lines.

Goldman, 1983; Tsulaia, 2014).

**Example 2.** When passing light through a magnetized medium (that is, through a medium with oriented electrons' spins), light polarization twisting may take place, the so-called Faraday effect (Richardson and Riehl, 1977).

Two types of quantum objects are experimentally observable in the above considered examples: with non-zero rest mass (protons, neutrons, electrons in example 1) and with zero rest mass (photons in example 2). The quantum object with non-zero rest mass creates a virtual photon whose spin, according to Eq. (8), consists of spins of QOs constituting the virtual photon. The quantum object's spin with zero rest mass, that is photon, according to Eq. (4), consists of spins of QOs as well. Consequently, the results of all above considered experiments may be explained by pseudomagnetic interaction between spins of QOs constituting both photons and virtual photons created by quantum objects taking part in the experiments. In these experiments the pseudomagnetic interaction shows the properties of moment; it cannot be excluded that, in accordance with Eq. (11), spin supercurrent may create such a moment.

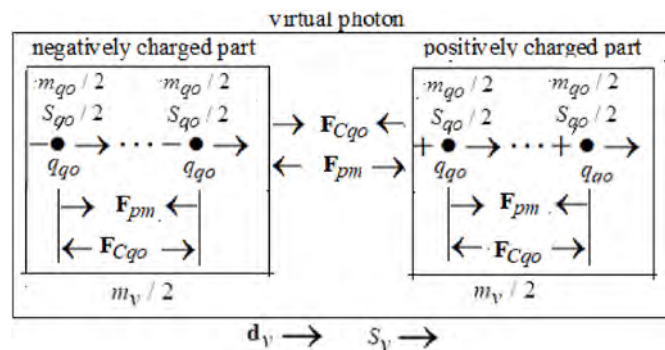
According to Eqs. (1), (2) and (9), the mass of virtual photon consisting of QOs' mass is not equal to zero. That the virtual photon, according to Eq. (10), has an electric dipole moment means that the creation of mass  $m_v$  of virtual photon is accompanied by a division of QOs constituting the virtual photon into two parts: a positively charged part and negatively charged part (according to Eq. (5) QO possesses an electric dipole moment). Every part consists of like charged particles constituting QOs (we shall call them "QO-particles") and, consequently, the force compensating repulsive Coulomb force acts between these like charged particles inside every part. This force must depend on the mutual orientation of spins of interacting "QO-particles" and their charges (see Fig. 2). Thus, it may be suggested that the pseudomagnetic interaction existing between spins of QOs includes not only a moment but a force as well, acting between QOs.

In general, pseudomagnetic force  $F_{pm}$  is determined to be:

$$F_{pm} = K_{pm} |\phi_{pm}(((S_{qo}/2)_1, (S_{qo}/2)_2), q_1, q_2)| \quad (12)$$

where  $\phi_{pm}(((S_{qo}/2)_1, (S_{qo}/2)_2), q_1, q_2)$  is a function of the characteristics of interacting QO-particles: of spins, respectively  $(S_{qo}/2)_1$  and  $(S_{qo}/2)_2$ , and of the electric charges, respectively,  $q_1$  and  $q_2$  with due regard for their signs. The factor of proportionality  $K_{pm}$  is determined as:

$$K_{pm} = \begin{cases} 1, & \text{if } (S_{qo}/2)_1 \rightarrow (S_{qo}/2)_2 \text{ and } q_1 q_2 > 0 \\ & \text{or } (S_{qo}/2)_1 \leftarrow (S_{qo}/2)_2 \text{ and } q_1 q_2 < 0; \\ -1, & \text{if } (S_{qo}/2)_1 \rightarrow (S_{qo}/2)_2 \text{ and } q_1 q_2 < 0 \\ & \text{or } (S_{qo}/2)_1 \leftarrow (S_{qo}/2)_2 \text{ and } q_1 q_2 > 0 \end{cases} \quad (13)$$



**Fig. 2.** The structure of virtual photon.  $m_{qo}$ ,  $S_{qo}$ ,  $q_{qo}$  are respectively mass, spin, charge of quantum oscillator;  $m_v$ ,  $S_v$ ,  $d_v$  are respectively mass, spin, electric dipole moment of virtual photon;  $F_{Cqo}$  is a Coulomb force;  $F_{pm}$  is a pseudomagnetic force. In cases of interaction of charged QO-particles inside every part and in case of interaction of charged parts of virtual photon  $F_{pm} = -F_{Cqo}$ .

If  $F_{pm} > 0$ , the force is attractive, if  $F_{pm} < 0$ , the force is repulsive.

## 2. The emergence of a Complex of Like-charged free QO-particles

According to Eq. (5), in electric field  $E$  not only electric polarization of QOs is possible but their decay into charged particles with equal spins  $S_{qo}/2$  and masses  $m_{qo}/2$  as well, analogous to the decay of the photons in the electrical field (Wichmann, 1971) into unlike-charged particles (electron and positron) with equal spin  $\hbar/2$  and masses  $m_{ph}/2$  ( $m_{ph}$  is a kinetic mass of photon). We shall call the charged parts that emerge as a result of the decay of QOs as "free QO-particles".

As free QO-particles have spin  $(S_{qo}/2)$ , the spin supercurrent may emerge between them. As a result of the action of spin supercurrent, a uniform orientation of spins of emerged free QO-particles is possible, and due to Eqs. (12) and (13) an attractive pseudomagnetic force between like charged free QO-particles may emerge. Thus like-charged free QO-particles may form a Complex in which the two forces that are equal in magnitude act between the free QO-particles: the repulsive Coulomb force and the attractive pseudomagnetic force connected with the spins of the particles (respectively the forces  $F_{Cqo}$  and  $F_{pm}$  in Fig. 2).

The versions of the configurations of the Complexes are shown in Fig. 3, the orientations of the spins of the free QO-particles,  $S_{qo}/2$ , are shown by arrows. In version (a) the like-charged free QO-particles form a straight line while, in version (b), the free QO-particles form a ring. The linear configuration in version (a) is less stable than the ring configuration because in it the first and last particles are more subject to perturbation influences than the rest particles. However, the ring configuration in Fig. 3(b) is only possible if distance  $r$  between the QO-particles is much less than diameter  $D_c$ , that is, if

$$r \ll D_c \quad (14)$$

Only in this case, the spins of the two adjacent virtual particles can be considered to be oriented along the same straight line and, consequently, Condition (13) can be used.

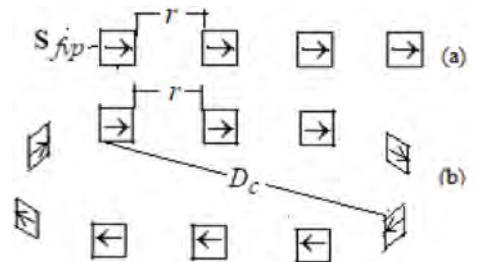
The types of Complexes shown in Fig. 3(b) may form large Complexes. The configuration that ensures the highest stability of such large Complexes is a ring-like one, such as circle, cylinder, or ball.

It will be shown in Section 3 that experimentally observed properties related to BL coincide with the above considered properties of a Complex of free QO-particles.

## 3. A comparison of ball lightning properties with those of a complex of like-charged free QO-particles

- 1) The BL is formed in the streak lightning channel, or near the current-carrying wires (according to investigations by (Boldyreva, 2021) current-carrying wires possess an electric dipole moment).

As was shown in Section 2, the considered Complex may be created



**Fig. 3.** Versions (a) and (b) of the configuration of Complexes of like-charged free QO-particles (straight line and ring). The arrows show the orientation of the free QO-particles spins  $S_{qo}/2$  ( $S_{fvp}$ );  $D_c$  is the diameter of the ring;  $r$  is the distance between the neighboring free QO-particles; and  $r \ll D_c$ .

in electric fields.

2) BL has an electric charge (Bychkov, 2022).

The above considered Complex consists of charged particles (free QO-particles).

3) The form of BL may be, in particular, as follows: sphere, ellipsoid or ring-like (disk or cylinder). Observations show that the charge of BL may be located at surface (Bychkov, 2022).

That is in accordance with the image of Complex of like-charged free QO-particles in Fig. 3.

4) The spherical form of BL may recover from significant deformations produced when passing through very narrow slots (Bychkov et al., 2016).

The like-charged free QO-particles that constitute the Complex are only placed on the surface of the Complex and under Condition (14) a deformation of the Complex is possible. According to the definition of spin supercurrent, Eq. (11), its action may result in aligning the spins of free QO-particles of deformed Complex in one direction, then the force determined by Eqs. (12) and (13) performs the recovery of the Complex's form from significant deformations.

5) BL may magnetize metallic bodies (Bychkov, 2022).

As free QO-particles have spin, the spin supercurrent may emerge between spins of free QO-particles constituting the considered Complex and spins of QOs constituting virtual photons created by free ("metallic") electrons of ambient metallic bodies. Due to Eq. (11) the action of spin supercurrent may result in equalizing the orientation of interacting QOs' spins. According to Eqs. (7) and (8), the uniform orientation of interacting QOs spins results in spin polarization of free electrons of ambient metallic bodies; that means the magnetization of ambient metallic bodies.

6) The force interaction between BL and magnetized bodies is observed.

The spin polarization of "magnetic" electrons takes place in magnetized bodies. According to Eqs. (6) and (7), spin polarization of quantum objects means spin polarization of virtual photons created by those quantum objects. According to Eq. (10), spin polarization of virtual photons means the emergence of nonzero total electric dipole moment of those virtual photons. Consequently, force  $F_{c1}$  will act on the charged Complex of free QO-particles in the electric field associated with this electric dipole. The spin supercurrent emerging between the Complex and magnetized body may influence the value of force  $F_{c1}$  because it influences the orientation of spins of virtual photons created by quantum objects of the magnetized bodies and, consequently, according to Eq. (10), the direction of electric dipole moment, connected with those spins, relative to the Complex.

Note. The force  $F_{c1}$  has the same nature as experimentally observed force acting on BL near current carrying wires, as these wires possess the electric dipole moment connected with virtual photons created by current carriers in those wires (Boldyreva, 2021).

7) BL may move at a constant altitude above ground level (the so-called levitation of BL).

At least three forces act on considered Complex of free QO-particles: the gravitational  $F_g = gm_c$  ( $g$  is a gravitational constant,  $m_c$  is a mass of the Complex), Archimedes' upward buoyant force  $F_A = gV_c\rho_{pv}$  ( $V_c$  is the volume of Complex,  $\rho_{pv}$  is the density of physical vacuum) which is

exerted on a body immersed in a continuum (physical vacuum) (Russo, 2013), and the electric  $F_e = Q_c E_c$  ( $Q_c$  is the charge of Complex,  $E_c$  is the electric field strength created by the Earth at the location of Complex). The condition of Complex's levitation is the following:  $F_g + F_A + F_e = 0$ . For obtaining more concrete formula describing levitation of Complex it is necessary to investigate the properties of physical vacuum in detail.

8) BL emits light.

The quantum oscillators are characterized by angular momentum. Therefore, the charged free QO-particles emerging due to decay of quantum oscillators must be characterized not only by mass and charge but angular momentum. The oscillations taking place inside charged free QO-particles may result in oscillation of electric field created by the Complex of charged free QO-particles and, consequently, in emergence of an electromagnetic radiation.

9) An evaporation of a substance from BL may take place. The substance may exhibit the properties of metals (in particular, those of ferrites).

It should be noted that virtual photons created by electrons with like-oriented spins in ferrites, according to Eqs. (6)–(8), create QOs with like-oriented spins in the physical vacuum.

The like-charged free QO-particles in a Complex have oriented spins (see Fig. 3), as well. Therefore, the substance that evaporates from the Complex of free QO-particles may have the properties of ferrites.

10) Energy of BL. The energy density stored in BL may vary in a wide range and, in some cases, it is equal to  $10^{10} \text{J/m}^3$ .

The total energy of a Complex,  $W_c$ , equals:

$$W_c = W_k + W_Q + W_\Omega + W_{\text{form}} \quad (15)$$

where  $W_k$  is the kinetic energy;  $W_Q$  is the electric energy of the Complex;  $W_\Omega$  is the energy associated with frequency  $\Omega_{QO}$  and  $W_{\text{form}}$  is the energy associated with the Complex's form. Let us estimate the value of addends of expression (15) for the case when the total charge of Complex equals  $Q_c$ . The number  $N_{iqo}$  of free QO-particles in the Complex is determined to be:

$$N_{iqo} = Q_c / q_{qo} \quad (16)$$

where  $q_{qo}$  is an electric charge of QO-particle. Based on the results of experiments conducted by W. Kaufmann (1902) on the deflection of the beta-rays emitted by radium, which showed that the mass of the electron is purely of an electromagnetic nature, we assume that the specific charge of the QO-particles is proportional to the specific electron charge: that is, the following holds:  $q_{qo} = em_{qo} / (2m_e)$ , where  $e$  and  $m_e$  are the electric charge and mass of electron, respectively. Let us transform Eq. (16) with taking into account Eq. (2), the above mentioned expression for  $q_{qo}$  and expression for Bohr magneton:  $\mu_B = e\hbar / (2m_e c)$ :

$$N_{iqo} = 2cQ_c / (\mu_B \Omega_{QO}) \quad (17)$$

Taking Eqs. (2) and (17) for  $m_{qo}$  and  $N_{iqo}$  respectively into account, the energy  $W_k$  is determined to be:

$$W_k = N_{iqo} m_{qo} y_{sc}^2 / 4 = \frac{\hbar Q_c y_{sc}^2}{4c\mu_B} \quad (18)$$

where  $y_{sc}$  is the speed of the Complex. The energy  $W_\Omega$  with due regard for Eqs. (1) and (17) is determined to be:

$$W_\Omega = N_{iqo} W_{qo} = \frac{\hbar c Q_c}{2\mu_B} \quad (19)$$

The electric energy  $W_Q$  of the Complex while taking into account that the charged free QO-particles are placed on the surface of a sphere is



determined as (Purcell, 1965):

$$W_Q = Q_c^2 / D_c \quad (20)$$

The approximate estimation of value of  $(W_c - W_{form})/V_c$  for the Complex with characteristics equal to the average characteristics of BL (diameter  $D_c \approx 0.25\text{m}$ , electric charge  $Q_c \approx 5 \cdot 10^{-7}\text{C}$ , and speed of translational motion of BL  $y_{fqo} \approx 10\text{m/s}$ ), according to Eqs. (15) and (18)–(20) results in  $(W_c - W_{form})/V_c = 25\text{J/m}^3$ . Let us consider energy of Complex  $W_{form}$  associated with the Complex's form. According to (Boldyreva, 2021), the energy  $W_{form}$  of form is determined by spin supercurrents and, as shown in Parr's (Parr, 1980-81) experiments, this energy may be sufficiently great. For example, in 1952 Czech researcher K. Drbal discovered the possibility of a pyramid "maintaining razor blades and the shape of straight razors" without an auxiliary source of energy. He was granted a patent for this discovery, (Drbal, 1959). Consequently,  $W_{form}$  may contain a considerable part of the Complex's energy.

- 11) BL may disappear as a result of passing through an explosion caused by a short-term electric current pulse.

As the Complex of free QO-particles has an electric charge, it may disappear (annihilates) in electric field.

- 12) Explosions of BL may take place in the absence of electric pulse.

At violation of uniform orientation of spins of like charged free QO-particles constituting considered Complex (due to a disturbance) the pseudomagnetic force  $F_{pm}$  acting between the free QO-particles, according to Eqs. (12) and (13), may be transformed from an attractive force into repulsive, and Complex may not be merely destroyed but explodes.

- 13) In general, the BL's lifetime depends on the size of BL. If BL's size does not exceed 1 m, the BL's lifetime is directly proportional to its size and usually does not exceed 1 min; if the size is greater than 1 m, the proportionality is not direct and the BL's lifetime can be a few minutes (Bychkov, 2022).

The lifetime of a Complex of free QO-particles is proportional to its size, since an increase in the Complex diameter ( $D_c$ ) increases the degree of fulfilling of Condition (14) and, consequently, according to Eqs. (12) and (13), increases the attraction force between like charged free QO-particles of the Complex.

#### 4. Discussion

There is an experimental proof of validity of the above considered theory of emergence of a Complex of like-charged free QO-particles whose properties are analogous to the properties of BL. It is shown in the experiments investigating the cold nuclear fusion that electrical explosions of foils made of super-pure materials, that is the creation of a strong electric field in the physical vacuum, is accompanied by emergence of luminous objects having properties analogous to some properties of BL (Lewis, 2005; Lochak and Urutskoev, 2021).

#### 5. Conclusion

It is shown that in the physical vacuum consisting (according to theory by A. Einstein and O. Stern) of quantum oscillators (QO) those oscillators in electric fields may decay into charged (positively and negatively) particles called as free QO-particles. The like charged free QO particles may form the Complex having spherical, ellipsoidal, or ring-like forms. The repulsive Coulomb forces between like charged free QO particles in the Complex are compensated by attractive

pseudomagnetic forces. In general, the character of pseudomagnetic force (attractive or repulsive) between charged free QO-particles depends on mutual orientation of spins of the particles and their charge's sign.

It is shown that the properties of a such Complexes of like-charged free QO-particles are analogous to the properties of Ball Lightning.

#### Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

#### Data availability

No data was used for the research described in the article.

#### References

- Abraham, A., Goldman, M., 1983. *Nuclear Magnetism: Order & Disorder*, vol. 2. Clarendon Press, Oxford.
- Barnett, S.J., 1935. Gyromagnetic and electron-inertia effects. *Rev. Mod. Phys.* 7 (135), 129–166.
- Barnett, S.M., 2010. Rotation of electromagnetic fields and the nature of optical angular momentum. *J. Mod. Opt.* 57, 1339–1343, 14–15.
- Boldyreva, L.B., 2021. *A Theory of Spin Vortices in a Physical Vacuum Consisting of Quantum Oscillators*. Cambridge Scholars Publishing. <https://www.cambridgescholars.com/product/978-1-5275-6455-8>.
- Borovic-Romanov, A.S., Bunkov, YuM., Dmitriev, V.V., Mukharskii, YuM., Sergatskov, D. A., 1989. Investigation of spin supercurrents in  $^3\text{He-B}$ . *Phys. Rev. Lett.* 62 (14), 1631.
- Bunkov, YuM., 2009. Spin superfluidity and coherent spin precession. *J. Phys. Condens. Matter* 21 (16), 164201.
- Bychkov, V.L., Nikitin, A.I., Ivanenko, I.P., Nikitina, T.F., Velichko, A.M., Nosikov, I.A., 2016. Ball lightning passage through a glass without breaking it. *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.* 150, 69–76.
- Bychkov, V.L., 2022. Observation data on BL events. In: *Natural and Artificial Ball Lightning in the Earth's Atmosphere*. Springer Atmospheric Sciences, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-07861-3>. Springer.
- Cherenkov, P., 1937. Visible radiation produced by electrons moving in a medium with velocities exceeding that of light. *Phys. Rev.* 52, 378–379.
- Dikhtyar, V., Jerby, E., 2006. Fireball ejection from a molten hot spot to air by localized microwaves. *Phys. Rev. Lett.* 96, 045002.
- Dirac, P., 1931. Quantised singularities in the electromagnetic field. *Proceedings of the Royal Society A* 133 (821), 60–72. <https://doi.org/10.1098/rspa.1931.0130>. Bibcode:1931RSPA.133...60D.
- Dmitriev, V., Fomin, I., 2009. Homogeneously precessing domain in  $^3\text{He-B}$ : formation and properties. *J. Phys. Condens. Matter* 21 (16), 164202, 9pp.
- Drbal, K., 1959. *Method of Maintaining Razor Blades and the Shape of Straight Razors*. Republic of Czechoslovakia, Office for Patents and Inventions, Patent File Number 91304, Patent Valid from 1 April, 1952, Published (15 August 1959).
- Einstein, A., Stern, O., 1913. Einige Argumente für die Annahme einer molekularen Agitation beim absoluten Nullpunkt. *Ann. Phys.* 345 (3), 551–560. <https://doi.org/10.1002/andp.19133450309>.
- Feynman, R., 1949. Space-time approach to quantum electrodynamics. *Phys. Rev.* 76, 769–789.
- Kaufmann, W., 1902. Die elektromagnetische Masse des Elektrons. *Phys. Z.* 4 (1b), 54–56.
- Kidd, R., Ardini, J., Anton, A., 1989. Evolution of the modern photon. *Am. J. Phys.* 57 (1), 27–35.
- Lewis, E., 2005. The Ball Lightning state in cold fusion. *Physics, Corpus ID*, 122868153. <https://doi.org/10.1142/9789812701510.0090>.
- Lochak, G., Urutskoev, L., 2021. Low-energy Nuclear Reactions and the Leptonic Monopole. *Fondations Louis de Broglie*, Paris, France, RECOM. <https://lenr-canr.org/acrobat/LochakGlowenergyn.pdf>.
- Maxwell, J., 1861. On physical lines of force, 4 *Philosophical Magazine and Journal of Science* 21 (139) (March 1861), 281–291 and No. 141 (May 1861), 338.
- Parr, J., 1980-81. Tests prove pyramid affects gamma rays. *Pyramid Guide Journal* 47–53.
- Planck, M., 1912. Über die Begründung des Gesetzes der schwarzen Strahlung. *Ann. Phys.* 342 (4), 642–656.
- Pokazaniev, V., Skrotskii, G., 1979. Pseudomagnetism. *Phys. Usp.* 129 (4), 615–644.
- Purcell, E., 1965. *Electricity and Magnetism*. Berkeley Physics Course, vol. 2. McGraw-Hill Book company, New York.
- Puthoff, H., 1989. On the source of vacuum electromagnetic zero-point energy. *Phys. Rev.* 40, 4857–4862.
- Richardson, F., Riehl, J., 1977. Circularly polarized luminescence spectroscopy. *Chem. Rev. (Washington, DC, U. S.)* 77, 773.
- Russo, L., 2013. Archimedes between legend and fact. *Lettera Matematica* 1 (3), 91–95. <https://doi.org/10.1007/s40329-013-0016-y>.

*L. Boldyreva*

Tsulaia, M.I., 2014. Neutron nuclear precession-nuclear pseudomagnetism. *Phys. Atom. Nucl.* 77, 1321–1333. <https://doi.org/10.1134/S1063778814100123>.  
Vuorio, M., 1976. Relaxation by magnetic counterflow in superfluid  $^3\text{He}$ . *J. Phys. C Solid State Phys.* 9 (11), 267–270.

Weber, M.H., Lynn, K.G., 2000. Three photon annihilations of positrons and positronium in solids with two detectors in coincidence. *Radiat. Phys. Chem.* 58 (5-6), 749–753.  
Wichmann, E.H., 1971. *Quantum Physics. Berkeley Physics Course, vol. IV.* McGraw-Hill Book company.