ПРЕПРИНТ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
Дубна

Р4-2016-91

О. А. Займидорога

ЕСТЕСТВЕННЫЙ ЗАКОН ПЕРЕХОДА ЗАРЯЖЕННОЙ ЧАСТИЦЫ В СВЯЗАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОСКАЛЯРНОГО ПОЛЯ

Направлено в журнал «Journal of Modern Physics»

*E-mail: zaimidor@jinr.ru

2016

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая статья есть продолжение статьи [1], в которой представлены экспериментальные факты наблюдения спектра электроскалярного излучения Солнца. Эта радиация, приходящая в наш мир, является продольной, длинноволновой и чрезвычайно проникающей. Один из возможных путей создания теории этого феномена — проведение аналогии между линейной теорией упругости и электродинамикой. Известно, что теория упругости [2, 3] содержит поперечную и продольную компоненты вектора смещения в уравнении движения упругой волны. Таким образом, из поперечной компоненты вектора смещения получены уравнения Максвелла, а из продольной компоненты вектора смещения — уравнения электроскалярного поля [4]. Более того, четырехвектор электромагнитного потенциала Максвелла и четырехскалярный потенциал не образуют единого объекта в пространстве Минковского, не интерферируют и, как следствие, являются независимыми [5, 6]. Спектр излучения Солнца носит дискретный характер, и единичный сигнал излучения имеет чрезвычайно малую величину как фронтального подъема электрического сигнала, так и его спада и составляет порядка долей пикосекунды. Электрический сигнал имеет как положительную, так и отрицательную величину, и средняя амплитуда спектра имеет отрицательную величину. 2D-анализ спектра Солнца демонстрирует, что солнечная электроскалярная радиация рассеивается и поглощается полостями сенсора, сделанного из меди. Каждый заряд полости излучает соответствующую ей электроскалярную волну. Таким образом появляется возможность регистрировать амплитуду и частоту этого излучения, что позволяет наблюдать внутреннюю структуру объекта. Распространение электроскалярного поля происходит по закону распространения плоской волны, и вследствие этого энергия и информация могут передаваться как в вакууме, так и в любой среде. Обе компоненты электроскалярного поля в вакууме направлены вдоль вектора распространения и равны по амплитуде, в то время как в твердом теле электрическая компонента направлена против направления движения, а электроскалярная — по направлению. В уравнении движения заряженной частицы в электроскалярном поле энергия частицы имеет отрицательный знак по отношению как к механической энергии движения, так и к энергии в электромагнитном поле. Энергия заряженной частицы в электроскалярном поле и сила поля, действуя на частицу, изменяют электрический статус частицы, что приводит к слиянию при переходе в связанное состояние в течение контакта с объектом любой природы. Это состояние есть состояние физического вакуума. Кстати, в работах [7–9] показано, что в вакуумном состоянии выполняется закон сохранения энергии и заряда. Одиночная заряженная частица, двигаясь в электроскалярном поле, непрерывно уменьшает электрический потенциал и массу и теряет свои индивидуальные свойства. Таким образом, непрерывность этого процесса ведет к практически полному нейтральному состоянию, имеющему, однако, электроскалярную компоненту, а электрическая компонента непренебрежимо мала.

1. ОБОБЩЕННАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Упругая волна в твердом теле содержит как поперечную, так и продольную компоненты, и ее распространение и моды описываются теорией упругости. Аналогия теории упругости с электродинамикой позволяет определить базовые уравнения обобщенной электродинамики. Так, вследствие этой аналогии уравнения электромагнитного поля были получены из поперечной компоненты вектора смещения, а уравнения электроскалярного поля были выведены из продольной компоненты вектора смещения. Поэтому уравнения непрерывности электромагнитного поля содержат смещение тока, а электроскалярное поле содержит смещение заряда. В вакууме система уравнений Максвелла принимает вид

$$-\frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{E}_\perp}{\partial t} + \operatorname{rot}\mathbf{H} = 0, \tag{1}$$

$$\frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial t} + \operatorname{rot}\mathbf{E}_\perp = 0, \tag{2}$$

$$\operatorname{div}\mathbf{H} = 0, \tag{3}$$

и другая система электроскалярных полей $\mathbf{E}_{||}$ и $\mathbf{W}$:

$$\frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{E}_{||}}{\partial t} + \nabla\mathbf{W} = 0, \tag{4}$$

$$\frac{1}{c}\frac{\partial W}{\partial t} + \operatorname{div}\mathbf{E}_{||} = 0, \tag{5}$$

$$\operatorname{rot}\mathbf{E}_{||} = 0. \tag{6}$$

Так, эта система описывает распространение продольных волн в среде. Вследствие того, что поперечные и продольные волны распространяются в упругой среде с разными скоростями: c_t для поперечных и c_l для продольных, поля $\mathbf{E}_\perp$ и $\mathbf{E}_{||}$ могут рассматриваться как независимые. Скорости распространения поперечных и продольных волн в данной статье будут одинаковыми. Введем следующие полевые определения:

$$\mathbf{E}_\perp = -\frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t}, \quad \mathbf{H} = \operatorname{rot}\mathbf{A}, \tag{7}$$

$$\mathbf{E}_{||} = \nabla\lambda, \quad \mathbf{W} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \lambda}{\partial t}, \tag{8}$$

где вектор $\mathbf{A}$ имеет временную и пространственную компоненты электромагнитного 4-потенциала, в то время как по определению полей $\mathbf{E}_{||}$ и $\mathbf{W}$ являются компонентами 4-вектора в пространстве Минковского.

2. ПОГЛОЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОСКАЛЯРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ПЛОСКАЯ ЭЛЕКТРОСКАЛЯРНАЯ ВОЛНА

Электроскалярное излучение образуется плазменными структурами Солнца, и спектр излучения имеет знакопеременную амплитуду порядка 20 мВ с частотой до 500 Гц. Среднее значение спектра есть величина отрицательная и составляет порядка 2–5 мВ. Сигнал с положительной амплитудой приходит в течение миллисекунды, а сигнал отрицательной амплитуды следует после определенного интервала. Частотный анализ спектра показывает, что эта радиация является длинноволновой с практически постоянной амплитудой. Одиночный сигнал излучения имеет чрезвычайно малую величину как переднего, так и заднего фронтов и составляет долю пикосекунды. Спектр электроскалярного излучения Солнца представлен на рис. 1.

Положительный сигнал является электрическим потенциалом, приложенным вдоль линии распространения и дающим вклад в расталкивание зарядов из-за их поляризации. Отрицательный сигнал есть результат сдавливания зарядов вследствие вращения электрического поля по контуру поверхности, окружающей объем зарядов. В твердом теле электроскалярное излучение теряет свою энергию в полостях тела и вследствие этого происходит переизлучение соответствующих плазмонных электроскалярных сигналов [10].

Амплитуда сигналов в наблюдаемом спектре свидетельствует о присутствии в металле детектора различных полостей. В том случае, когда частота сигнала соответствует частоте в полости, может происходить усиление выходящего электроскалярного сигнала (плазмонный резонанс). Поэтому это излучение позволяет облучать объекты и исследовать их структуру. На рис. 2 представлен 2D-график электроскалярного сигнала Солнца, полученный с помощью медных сферических сенсоров. Для этого амплитуда сигнала B_i представлена как $\delta B_i = B_{i+1} - B_i$. Две проекции осей являются компонентами сигнала δB_i.

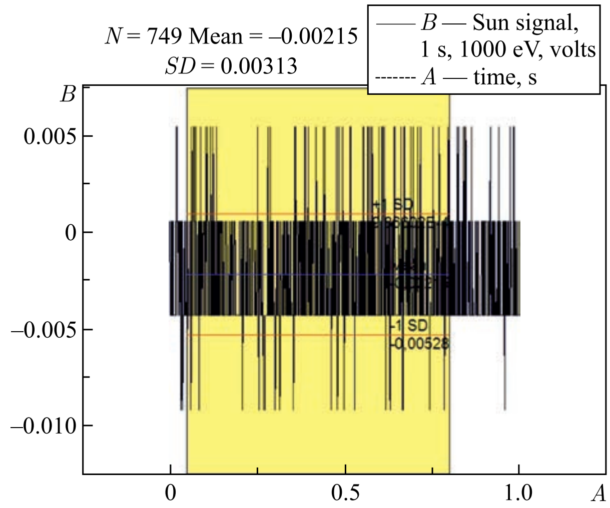

Рис. 1. Спектр излучения Солнца

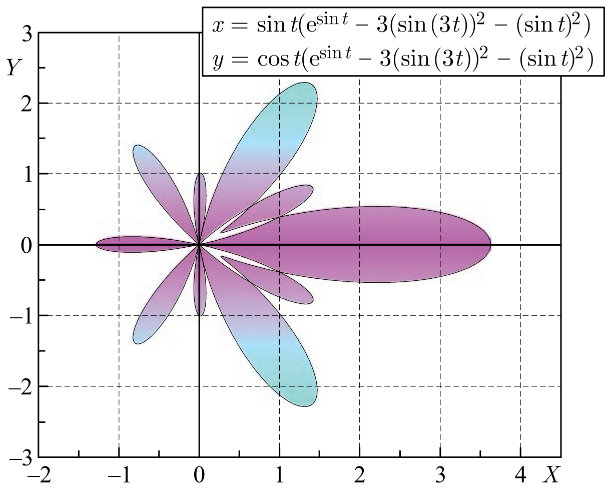

Рис. 2. 2D-график полостей меди

Спектр солнечного электроскалярного излучения может быть представлен в качестве плоской электроскалярной волны. В частности, второе уравнение электроскалярного поля таково, что электрическое поле $\mathbf{E}_{||}$ выражается через скалярный потенциал λ:

$$\operatorname{div} \mathbf{E}_{||} + \frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{W}}{\partial t} = -4\pi\rho_{||}.$$

Так как $\mathbf{E}_{||} = \nabla\lambda$ и $\mathbf{W} = -\dfrac{1}{c}\dfrac{\partial\lambda}{\partial t}$, уравнение, которому удовлетворяет потенциал электроскалярного поля в материи, есть

$$\Delta\lambda = -4\pi\rho_{||} + \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\lambda}{\partial t^2}.$$

Из этого уравнения следует, что потенциал электроскалярного поля может иметь максимумы и минимумы, как поле в вакууме, которое отличается от уравнения Лапласа для электромагнитного поля с нулем в правой части и вторыми производными, имеющими одинаковые знаки.

В вакууме $\rho_{||} = 0$, и эти уравнения имеют вид

$$\frac{\partial^2\lambda}{\partial t^2} - c^2\frac{\partial^2\lambda}{\partial x^2} = 0.$$

Для того чтобы найти решение этого уравнения, представим его в следующей форме:

$$\left[\left(\frac{\partial}{\partial t} - c\frac{\partial}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial}{\partial t} + c\frac{\partial}{\partial x}\right)\right]\lambda = 0.$$

Это уравнение плоской волны имеет следующее решение:

$$\boldsymbol{\Lambda} = \lambda_1\left(t - \frac{x}{c}\right) + \lambda_2\left(t + \frac{x}{c}\right),$$

которое описывает две волны, распространяющиеся в направлении $+X$:

$$\lambda_1\left(t - \frac{x}{c}\right),$$

и также в направлении $-X$:

$$\lambda_2\left(t + \frac{x}{c}\right).$$

Если $t - \dfrac{x}{c} = \text{const}$, то изменение поля со временем и в каждый момент будет различным для разных значений X. Электроскалярное поле имеет такую же амплитуду для координат, удовлетворяющих соотношению $t - \dfrac{x}{c} = \text{const}$ для направления $+X$. Если поле имеет определенное значение в некоторой точке, то через промежуток времени t поле примет то же значение, которое будет удалено на расстояние ct от предыдущей точки. Это позволяет заключить, что все изменения значений поля и распространение электроскалярного поля в пространстве происходят со скоростью света. Подобное происходит и для направления $-X$. Далее запишем уравнение плоской волны электроскалярного поля через компоненты поля $\mathbf{W}$ и $\mathbf{E}_{||}$:

$$\mathbf{E}_{||}^2 - \mathbf{W}^2 = 0,$$

и $|\mathbf{E}|_{||} = |\mathbf{W}|$, и обе полевые компоненты электроскалярного поля в вакууме направлены вдоль волнового вектора и равны по амплитуде. Поток энергии в плоской волне, т. е. вектор Пойнтинга, будет

$$\mathbf{S} = \frac{c}{4\pi}\mathbf{E}_{||}\mathbf{W} \times \mathbf{n} = \frac{c}{4\pi}\mathbf{E}_{||}^2 = \frac{c}{4\pi}\mathbf{W}^2,$$

где $\mathbf{n}$ есть единичный вектор вдоль направления электроскалярной волны. Следовательно, энергия волны будет

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{E}_{||}^2 + \mathbf{W}^2}{8\pi} = \frac{\mathbf{E}_{||}^2}{4\pi} = \frac{\mathbf{W}^2}{4\pi}.$$

Поток полевого импульса определяется величиной плотности потока энергии поля, а абсолютная величина $|\mathbf{E}|_{||}$ и $|\mathbf{W}|$ трансформируется как $\sqrt{\mathbf{E}}$. Для электромагнитной волны потенциалы могут быть выбраны таким путем, что $\phi = 0$ с $\operatorname{div}\mathbf{A} = 0$, и тогда электрические и магнитные поля плоской волны перпендикулярны друг другу и равны по абсолютной величине.

3. ЛАГРАНЖИАН ПРОДОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСКАЛЯРНОГО ПОЛЯ

Свойства заряженной частицы, относящиеся к взаимодействию с электроскалярным полем, определяются только зарядом, который может быть как положительным, так и отрицательным. Свойства электроскалярного поля характеризуются 4-мерным скалярным потенциалом λ, который является функцией координат и времени. Величина λ входит в действие в соответствии с принципом наименьшего действия как

$$\frac{e}{c}\int\limits_a^b \lambda\, ds, \tag{9}$$

где интеграл берется от точки a до точки b мировой линии частицы. Тип действия может быть установлен на основе того, что лагранжиан является скалярной функцией и произведение заряда на потенциал есть потенциальная энергия частицы. Более того, требование релятивистской инвариантности позволяет для скалярной функции следующую форму:

$$\int\limits_a^b \lambda\, ds.$$

Тогда действие для заряда в электроскалярном поле имеет вид

$$\mathbf{S} = \int\limits_a^b \left(-mc - \frac{e}{c}\lambda\right) ds,$$

где первый член есть энергия свободной частицы, а второй — потенциальная энергия частицы. В соответствии с принципом продольной суперпозиции заряд может быть выражен в терминах зарядовой плотности:

$$\rho_{||} = \sum e\delta(r_{i+1} - r_i).$$

При этом суммирование идет по всем линейным зарядам.

Действие может быть представлено в качестве интеграла по времени:

$$\mathbf{S} = \int\limits_a^b L\, dt,$$

где L есть функция Лагранжа.

Так как $\mathbf{ds} = c\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}\; dt$, действие электроскалярного поля будет иметь вид

$$\mathbf{S} = \int\limits_a^b \left(-mc^2\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \; - e\lambda\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right) dt. \tag{10}$$

Таким образом, функция Лагранжа электроскалярного поля есть

$$\mathbf{L} = -mc^2\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \; - e\lambda\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}\,.$$

В нерелятивистском случае $\mathbf{L} = mv^2/2 - \dfrac{e}{c}\lambda$.

4. ТЕНЗОР ЭНЕРГИИ-ИМПУЛЬСА ЭЛЕКТРОСКАЛЯРНОГО ПОЛЯ

Для определения тензора энергии-импульса электроскалярного поля и уравнения движения частицы в 4-мерной форме применим принцип наименьшего действия для релятивистского случая. Переменными, которые варьируются в принципе наименьшего действия, являются потенциалы поля и координаты мировой линии. Действие заряда в электроскалярном поле в трехмерной форме имеет вид

$$\mathbf{S} = \int \left(-mc - \frac{e}{c}\lambda \right) ds.$$

Принцип наименьшего действия констатирует:

$$\delta\mathbf{S} = \delta \left(\int \left(-mc - \frac{e}{c}\lambda \right) ds \right),$$

и так как $ds^2 = -(dx^2 + dy^2 + dz^2 + c^2\, dt^2) = -dx_i{}^2$, вариация действия в 4-мерной форме есть

$$\delta\mathbf{S} = \int \left[-mc\delta\left(\sqrt{-dx_i{}^2}\,\right) - \frac{e}{c}\delta\left(\lambda\sqrt{-dx_i{}^2}\,\right) \right] = 0.$$

При этом действие вариации имеет место вдоль мировой линии от a до b. Далее:

$$\delta\mathbf{S} = \int \left(mc\frac{dx_i}{ds}\delta\, dx_i - \frac{e}{c}\delta(\lambda)\, ds + \frac{e}{c}\lambda\frac{dx_i}{ds}\delta\, dx_i \right) = 0, \tag{11}$$

$$\delta\mathbf{S} = \int \left(mcu_i\, d\delta x_i - \frac{e}{c}\delta(\lambda)\, ds + \frac{e}{c}\lambda\mathbf{u}_i\, d\delta x_i \right) = 0, \tag{12}$$

В первом и третьем членах интегрируем по частям; при этом дифференцирование по δx_i и dx_i может быть переставлено и $\mathbf{u}_i = \dfrac{dx_i}{ds}$ есть 4-скорость частицы. Таким образом получим

$$\delta\mathbf{S} = \left[mc\mathbf{u}_i\delta x_i|_a^b + \frac{e}{c}\mathbf{u}_i\lambda\delta x_i|_a^b \right] + \int \left[-mc\,\mathbf{du}_i\,\delta x_i - \frac{e}{c}\delta(\lambda)\, ds - \frac{e}{c}d(\lambda\mathbf{u}_i)\delta x_i \right] = 0. \tag{13}$$

Выражения в квадратных скобках равны нулю, потому что в пределах $\delta x_i|_a$ и $\delta x_i|^b$ они равны нулю вследствие равенства нулю поля на бесконечности. Следующее выражение вариации принимает форму

$$mc\mathbf{u}_i\delta x_i|_a^b + \frac{e}{c}\mathbf{u}_i\lambda\delta x_i|_a^b = 0, \tag{14}$$

$$\delta\mathbf{S} = \int \left[-mc\,\mathbf{du}_i\,\delta x_i - \frac{e}{c}\delta(\lambda)\, ds - \frac{e}{c}(d(\lambda)\mathbf{u}_i\delta x_i + du_i\lambda\delta x_i) \right] = 0, \tag{15}$$

где

$$\mathbf{du}_i = \frac{du_i}{ds}ds, \quad \delta\lambda = \frac{\partial\lambda}{\partial x_i}\delta x_i, \quad d\lambda = \frac{\partial\lambda}{\partial x_i}dx_i, \quad u_iu_i = -1.$$

Выражение действия принимает форму

$$\delta\mathbf{S} = \int \left[-\left(mc + \frac{e\lambda}{c} \right) du_i\, \delta x_i - \frac{e}{c}\frac{\partial\lambda}{\partial x_i}\delta x_i \frac{dx_k}{u_k} - \frac{\partial\lambda}{\partial x_k}\, dx_k\, u_i \delta x_i \right] = 0. \tag{16}$$

При этом $dx_i = u_i\, ds$. Здесь индексы i и k могут быть переставлены вследствие их суммирования. Тогда получим

$$\delta\mathbf{S} = \int \left(-\left(mc + \frac{e\lambda}{c} \right) du_i\, \delta x_i - \frac{e}{c}\left[\frac{\partial\lambda}{\partial x_i}\frac{dx_k}{u_k}\delta x_i + \frac{\partial\lambda}{\partial x_i} u_i\, dx_k\, \delta x_i \right] \right) = 0. \tag{17}$$

Выражение принимает форму

$$\delta\mathbf{S} = \int \left(-\left(mc + \frac{e\lambda}{c} \right) du_i\, \delta x_i - \frac{e}{c}\left[\frac{-\partial\lambda}{\partial x_i} u_k u^k\, ds\, \delta x_i + \frac{\partial\lambda}{\partial x_k} u_k\, ds\, u_i \delta x_i \right] \right) = 0. \tag{18}$$

Из-за произвольности δx_i следует, что подынтегральное выражение равно нулю и уравнение движения частицы, двигающейся в электроскалярном поле, имеет вид

$$\left(\mathbf{mc} + \frac{\mathbf{e}\lambda}{\mathbf{c}} \right) \frac{du_i}{ds} = -\frac{e}{c}\mathbf{Z}_{ik} u_k, \tag{19}$$

где

$$\mathbf{Z}_{ik} = \left(\frac{\partial\lambda}{\partial x_i} u_k - \frac{\partial\lambda}{\partial x_k} u_i \right) \tag{20}$$

есть 4-мерный антисимметричный тензор 2-го порядка:

$$Z_{ii} = 0, Z_{ik} = -Z_{ki}, \quad Z_{ik} = \left(\nabla_i \lambda, \frac{\partial\lambda}{\partial t} \right) = (E_{||}, -W), \quad i,k = 1,\ldots,4. \tag{21}$$

Его тензорные элементы есть $Z_{12} = -Z_{21} = \dfrac{vE_{||}}{c\sqrt{1-v^2/c^2}}$, в то время как $Z_{13} = -Z_{31} = \dfrac{vE_{||}}{c\sqrt{1-v^2/c^2}}$, $Z_{14} = -Z_{41} = \dfrac{E_{||} + vW}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ и $Z_{24} = -Z_{42} = \dfrac{vW}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$, $Z_{23} = Z_{32} = 0$, $Z_{34} = Z_{43} = \dfrac{vW}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$.

Таким образом получены уравнения движения частицы, двигающейся в электроскалярном поле.

Применив вариацию выражения в случае, когда по меньшей мере один предел интегрирования не равен нулю, например δx_i, получим

$$\delta\mathbf{S} = \left(mcu_i + \frac{\rho}{c} u_i \lambda \right) \delta x_i.$$

Заметим, что $\rho\mathbf{u}_i = \jmath_i$.

Теперь можно определить обобщенный момент $\mathbf{P}_i = \dfrac{\partial S}{\partial x_i} = p_i + \jmath_i \dfrac{\lambda}{c}$.

Далее получим уравнение Гамильтона–Якоби

$$\left(\frac{\partial S}{\partial x_i} - \jmath_i \frac{\lambda}{c} \right)^2 + m^2 c^2 = 0.$$

Здесь уместно заметить, что уравнение движения частицы в электромагнитном поле имеет форму

$$\mathbf{mc}\frac{du_i}{ds} = \frac{\rho}{c}\mathbf{F}_{ik} u_k, \tag{22}$$

где $\mathbf{F}^{\perp}_{\mu\nu}$ есть электромагнитный тензор в кулоновской калибровке:

$$\mathbf{F}^{\perp}_{\mu\nu} = \frac{\partial A^{\perp}_{\nu}}{\partial x^{\mu}} - \frac{\partial A^{\perp}_{\mu}}{\partial x^{\nu}}, \quad \phi = 0, \quad \operatorname{div} \mathbf{A}^{\perp} = 0.$$

Таким образом, обобщенный тензор ковариантного закона движения заряженной частицы в поперечном электромагнитном поле и в продольном электроскалярном поле можно рассматривать в качестве релятивистского закона сложения этих полей:

$$\mathbf{O}_{\mu\nu}u^{\nu} = \mathbf{F}^{\perp}_{\mu\nu} - \mathcal{Z}_{\mu\nu}. \tag{23}$$

Следовательно, механическая энергия частицы и электроскалярная энергия входят в полную энергию частицы с различными знаками. Электромагнитная энергия частицы не изменяет механическую энергию. Это свойство электроскалярного поля и непрерывность процесса приводят к постоянному изменению полной энергии частицы. Таким образом, выражение для действия охватывает как вариацию действия свободных зарядов, так и действие электроскалярного поля зарядов. То действие, которое зависит от свойств самого электроскалярного поля, без зарядов, управляется структурой поля и его компонент. Таким членом является один из инвариантов электроскалярного поля, который определяется выражением $((\mathbf{Wv})^2 - (\mathbf{cE}_{||})^2)$. В 4-мерной форме этот инвариант имеет вид $\mathbf{Z}^2_{ik}$. Из принципа инвариантности следует, что могут существовать состояния, для которых $\mathbf{cE}_{||} > \mathbf{Wv}$ или $\mathbf{cE}_{||} < \mathbf{vW}$, и тогда волна с малой компонентой будет оставаться малой, и это излучение будет или чисто продольным электрическим, или продольным скалярным.

5. ЛОРЕНЦ-ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОСКАЛЯРНОГО ПОЛЯ

Из уравнений (1) и (5) следует, что продольные электроскалярные волны ответственны за транспорт кулоновского поля. Фактически система уравнений (5) содержит уравнение электростатики $\operatorname{div}\mathbf{E}_{||} = -4\pi\rho$, которое имеет решение в форме электроскалярных волн, а зависящая от времени гетерогенная плотность электрических зарядов является источником этих волн. Из определения 3-мерного поля $\mathbf{E}_{||}$ и $\mathbf{W}$ следует, что они являются ковариантными компонентами λ-градиента 4-вектора:

$$Z_i = \partial_i\lambda = \left(\frac{1}{c}\frac{\partial\lambda}{\partial t}, \nabla_i\lambda\right) = (-\mathbf{W}, \mathbf{E}_{||}). \tag{24}$$

Латинские индексы «бегут» от 1 до 4; $\partial_i\lambda = (1/c\partial/\partial t, \nabla_i)$ являются компонентами 4-градиента, а ∇_i — компонентами 3-градиента. Теперь введем антисимметричный тензор 2-го ранга в 4-мерном обозначении:

$$Z_{ik} = (Z_i u_k - Z_k u_i), \tag{25}$$

где u_i и u_k есть 4-вектор скорости. В 3-мерном представлении компоненты этого тензора имеют следующий вид:

$$\mathcal{Z}_{ik} = \frac{v_i W + cE_{||k}}{\sqrt{c^2 - v^2}}, \quad \mathcal{Z}_{ki} = \frac{-v_k W - cE_{||i}}{\sqrt{c^2 - v^2}}. \tag{26}$$

Компоненты 4-вектора $\mathcal{Z}_\mu$ претерпевают лоренц-преобразование следующим образом:

$$\mathcal{Z}_\mu = \Lambda^{\nu}_{\mu}\mathcal{Z}_\nu, \tag{27}$$

где Λ^{ν}_{μ} есть матрица лоренц-преобразования:

$$\begin{gathered}\Lambda^0_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{V^2}{c^2}}}, \quad \Lambda^0_i = \frac{\Lambda^0_0}{c}V_i, \\ \Lambda^k_i = \delta^k_i + (\Lambda^0_0 - 1)\frac{V_i V^k}{V^2},\end{gathered} \tag{28}$$

в то время как V_i есть компоненты скорости относительного движения системы отсчета:

$$\begin{gathered}\mathcal{Z}'_0 = \frac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{V^2}{c^2}}}\left(\mathcal{Z}_0 + \frac{1}{c}(V_k\mathcal{Z}_k)\right), \\ \mathcal{Z}'_i = \mathcal{Z}_i - \frac{V_i}{V^2}(V_k\mathcal{Z}_k) + \frac{1}{\sqrt{1 - \dfrac{V^2}{c^2}}}\frac{V_i}{V^2}\left((V_k\mathcal{Z}_k) + \frac{V^2}{c}\mathcal{Z}_0\right),\end{gathered} \tag{29}$$

или в 3-мерных обозначениях:

$$W' = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \left(W - \frac{1}{c}(\mathbf{V}\mathbf{E}_{||}) \right),$$

$$\mathbf{E}'_{||} = \mathbf{E}_{||} - \frac{\mathbf{V}}{V^2}(\mathbf{V}\mathbf{E}_{||}) + \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \frac{\mathbf{V}}{V^2} \left((\mathbf{V}\mathbf{E}_{||}) - \frac{V^2}{c} W \right). \tag{30}$$

Из определения электрического поля Максвелла

$$\mathbf{E} = -\nabla\phi - \frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t},$$

где ϕ и $\mathbf{A}_i$ есть компоненты электромагнитного 4-векторного потенциала. Отсюда следует, что поле содержит как потенциальную, так и вихревую части. Однако в кулоновской калибровке $\phi = 0, \operatorname{div} \mathbf{A} = 0$ электрическое поле Максвелла становится вихревым:

$$\mathbf{E}_{\perp i} = -\frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{A}_{\perp i}}{\partial t}, \quad i = 1, \ldots, 4.$$

Заметим, что поле Максвелла $\mathbf{E}$ может быть представлено в любой инерциальной системе отсчета, хотя одна калибровка Кулона не является лоренц-инвариантной [11]. Таким образом, представляется возможность записать преобразование 3-мерных полей $\mathbf{E}_\perp$ и $\mathbf{H}$ так:

$$\mathbf{E}'_\perp = \frac{\mathbf{V}}{V^2}(\mathbf{V}\mathbf{E}_\perp) + \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \left(\mathbf{E}_\perp - \frac{\mathbf{V}}{V^2}(\mathbf{V}\mathbf{E}_\perp) + \frac{1}{c}[\mathbf{V} \times \mathbf{H}] \right),$$

$$\mathbf{H}' = \frac{\mathbf{V}}{V^2}(\mathbf{V}\mathbf{H}) + \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{V^2}{c^2}}} \left(\mathbf{H} - \frac{\mathbf{V}}{V^2}(\mathbf{V}\mathbf{H}) - \frac{1}{c}[\mathbf{V} \times \mathbf{E}_\perp] \right). \tag{31}$$

6. СИЛА И РАБОТА В ЭЛЕКТРОСКАЛЯРНОМ ПОЛЕ

Рассчитаем обобщенный момент релятивистского лагранжиана $\mathbf{L}$ электроскалярного поля (10):

$$\mathbf{P} = \frac{\partial \mathbf{L}}{\partial v}, \quad \mathbf{P} = m_0 v \frac{1 + \frac{e\lambda}{m_0 c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Уравнение Эйлера для электроскалярного поля есть

$$\frac{d\mathbf{P}}{dt} = \frac{\partial \mathbf{L}}{\partial r}.$$

Производная по времени обобщенного момента есть сила электроскалярного поля, действующая на частицу:

$$\frac{d\mathbf{P}}{dt} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\frac{dv}{dt} + \frac{e\lambda}{c^2\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\frac{dv}{dt} + \frac{m_0 v^2}{c^2\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}}\frac{dv}{dt} + \frac{e v^2 \lambda}{c^4\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{\frac{3}{2}}}\frac{dv}{dt} + \frac{e v}{c^2\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\frac{d\lambda}{dt},$$

где полная производная 4-мерной величины λ есть

$$\frac{d\lambda}{dt} = \frac{\partial \lambda}{\partial t} + v\nabla\lambda = v\mathbf{E}_{||} - c\mathbf{W}.$$

При изменении скорости по амплитуде сила, действующая на частицу, направлена вдоль ее скорости. Далее будем иметь

$$\frac{dP}{dt} = \frac{m_0 + \dfrac{e\lambda}{c^2}}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}} \left(\frac{c^2}{c^2 - v^2}\right) \frac{dv}{dt} + \frac{ev}{c^2\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}(v\mathbf{E}_{||} - c\mathbf{W}). \tag{32}$$

Правая часть уравнения имеет вид

$$\frac{\partial \mathbf{L}}{\partial r} = -e\frac{\partial \lambda}{\partial r}\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}, \quad \frac{\partial \lambda}{\partial r} = \mathbf{E}_{||}.$$

Следует заметить, что производная от лагранжиана по радиусу взята при постоянной скорости. Сила, действующая на движение частицы в электроскалярном поле, будет

$$\frac{m_0 + \dfrac{e\lambda}{c^2}}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}} \frac{dv}{dt} = \frac{c^2 - v^2}{v^2} \left[-\frac{e\lambda}{c^2\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}(v\mathbf{E}_{||} - c\mathbf{W}) - e\mathbf{E}_{||}\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right]. \tag{33}$$

Таким образом, электроскалярная сила продольна, и ее величина $\dfrac{c^2 - v^2}{v^2}$ во много раз больше по отношению к ускорению. Масса частицы в электроскалярном поле изменяется на величину $\dfrac{e\lambda}{c^2}$. Массу частицы в поле обозначим как $\mathbf{m}_\lambda = \mathbf{m}_0 + \dfrac{e\lambda}{c^2}$. После преобразований этого выражения получим

$$\frac{m_\lambda}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}} \frac{dv}{dt} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left(\frac{v}{c}e\mathbf{W} - e\mathbf{E}_{||}\right). \tag{34}$$

Амплитуда этой силы $\dfrac{m_\lambda}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}} \dfrac{dv}{dt} = \mathbf{F}$ есть сила электроскалярного поля. Окончательно получим

$$\mathbf{F} = -\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \left(e\mathbf{E}_{||} - \frac{v}{c}e\mathbf{W}\right).$$

Если компонента $\mathbf{E}_{||} = 0$, то сила $\mathbf{F}$ будет параллельна скорости. Если $\mathbf{W} = 0$, то сила направлена против скорости. В данном случае уместно рассмотреть, как осуществляется транспорт электрического поля. В релятивистском случае поле двигается вдоль вектора скорости с электроскалярной силой, направленной вдоль скорости, и с электрической силой, направленной против скорости. Это можно увидеть из выражения для силы, где такая конфигурация полей $\mathbf{E}_{||}$ и $\mathbf{W}$ сохраняется при любой скорости движения и отношение $\dfrac{\mathbf{E}}{\mathbf{W}}$ может быть между единицей и практически нулем. На следующем шаге определим энергию частицы в электромагнитном и электроскалярном полях. В соответствии с определением энергии $\mathcal{E} = pv - \mathbf{L}$. Энергия электромагнитного поля будет

$$\mathcal{E}_\perp = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}},$$

и энергия частицы в электромагнитном поле зависит только от скорости. Энергия частицы в электроскалярном поле равна

$$\mathcal{E}_{||} = \frac{mc^2 + \mathrm{e}\lambda}{\sqrt{1 - \dfrac{v^2}{c^2}}}.$$

Электроскалярная энергия частицы входит в полную энергию с отрицательным знаком относительно механической энергии, в то время как изменение энергии частицы со временем есть работа поля над частицей. В случае электромагнитного поля эта работа равна произведению скорости частицы на силу, испытываемую частицей, в поперечном электрическом поле:

$$\frac{d\mathcal{E}_\perp}{dt} = v\frac{dP}{dt} = e\mathcal{E}_\perp \mathrm{v}.$$

В электроскалярном поле эта работа равна произведению скорости частицы на силу, действующую по направлению скорости:

$$\frac{d\mathcal{E}_{||}}{dt} = -\mathbf{v}\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}\, e\mathbf{E}_{||}\left(1-\frac{v}{c}\frac{e\mathbf{W}}{e\mathbf{E}_{||}}\right).$$

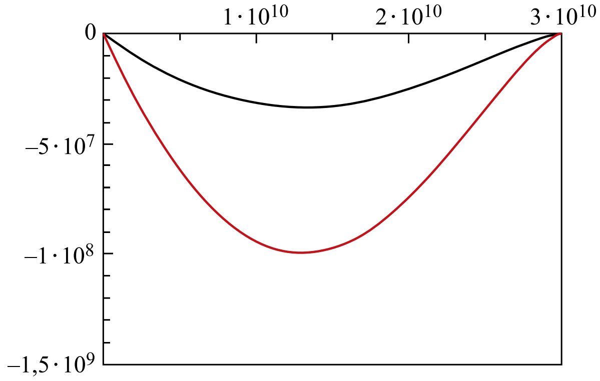

Рис. 3. Работа заряженной частицы в электроскалярном поле

На рис. 3 представлен график работы массивной заряженной частицы в электроскалярном поле для различных скоростей частицы. Единица работы есть эВ · см/с. Энергия в 1 мэВ $= 4{,}8\cdot 10^{-7}$ Эрг, 5 мэВ $= 2{,}4\cdot 10^{-6}$ Эрг.

Из полученых выражений для работы поля над заряженной частицей следует, что в случае, когда $e\mathbf{W}v$ не превышает $e\mathbf{E}_{||}c$ при любой скорости, появляется возможность перехода частицы в связанное состояние. Замечательным значением работы электроскалярного поля над частицей является то обстоятельство, что энергия частицы в поле изменяет электрический статус частицы, или заряженного атома, или биочастицы. При низких энергиях, ниже характерной энергии продольной суперпозиции, увеличивается излучение электроскалярных фотонов и возможны акты взаимодействия, диссоциации и синтеза. Таким образом, изменение электрического статуса частицы создает условия для перехода частицы в связанное состояние. В средах процессы слияния ведут к фрактализации и созданию кристаллических структур, а также к росту отталкивания объектов.

7. ЭЛЕКТРОН В ЭЛЕКТРОСКАЛЯРНОМ ПОЛЕ

Сегодня нам неизвестна причина, по которой одна заряженная частица обладает электромагнитным, электрослабым или электроскалярным взаимодействием, например электрон. Уравнение непрерывности электроскалярного поля содержит заряд смещения, который ведет к необходимости принять во внимание поле, образованное этим зарядом, и поле самого заряда. Тогда электрон имеет основной заряд и заряд смещения, что обусловливает увеличение его размеров вследствие закона Кулона. Определим энергию электрона в электроскалярном поле. Второе уравнение электроскалярного поля может быть написано в другой форме с помощью теоремы Гаусса:

$$\int\limits_S \mathbf{E}_{||} dS = -4\pi\rho_{||} - \frac{1}{c}\frac{\partial \mathbf{W}}{\partial t}.$$

Поток продольного электроскалярного поля через сферическую поверхность радиусом $\mathbf{R}$ равен

$$4\pi\mathbf{R}^2\mathbf{E}_{||} = -4\pi\rho_{||} - \frac{1}{c}\rho_0, \quad \rho_0 = \frac{\partial \mathbf{W}}{\partial t}.$$

Если приравнять стороны, то получим закон Кулона электроскалярного поля:

$$\mathbf{E}_{||} = \left(-\rho_{||} - \frac{1}{4c\pi}\rho_0\right)\frac{1}{\mathbf{R}^2}.$$

Тогда электрическое поле электрона обусловливается как зарядом e, так и зарядом смещения ρ_0, и радиус сферы будет содержать два члена r_1 и r_2.

Далее определим энергию системы зарядов из плотности энергии электроскалярного поля:

$$\mathbf{U} = \frac{1}{8\pi}\int\limits_V \mathbf{E}_{||}^2\, dV.$$

Так как $\mathbf{E}_{||} = \nabla\lambda$, энергия поля зарядов есть

$$\mathbf{U} = \frac{1}{8\pi}\int\limits_V (\mathbf{E}_{||}\nabla\lambda)\,dV = \frac{1}{8\pi}\int\limits_V (\operatorname{div}\mathbf{E}_{||}\lambda)\,dV - \frac{1}{8\pi}\int\limits_V (\lambda\operatorname{div}\mathbf{E}_{||})\,dV.$$

Первый интеграл по объему по теореме Гаусса равен интегралу по поверхности, ограничивающей объем интегрирования, и поле равно нулю на бесконечности. Во второй интеграл вставим второе уравнение электроскалярного поля и получим энергию электроскалярного поля системы зарядов, которая будет равна

$$\mathbf{U} = \frac{1}{2}\lambda\left(\rho_{||} + \frac{1}{4\pi c}\rho_0\right).$$

В случае одного заряда $\rho_{||} = e$ потенциальная энергия заряда (например электрона) есть

$$\mathbf{U} = \frac{1}{2}\lambda\left(e + \frac{1}{4\pi c}\rho_0\right).$$

Электрический заряд электрона аккумулируется вдоль направления продольной суперпозиции зарядов, вследствие чего возрастает и сила электроскалярного поля. В случае электромагнитного поля оно генерируется полем зарядов, и его потери в процессе распространения идут по поперечному электрическому вектору без возможности его пополнения. Вследствие этого в теории Максвелла нет возможности осуществлять транспорт кулоновского поля. В уравнении движения электрона и его работе в электроскалярном поле открывается физическое значение отрицательного знака энергии электрона по отношению к механической, что приводит к изменению электрического статуса электрона. Это изменение зависит от электроскалярной энергии и делает возможным переход электрона в связанное состояние.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ниже приведены выводы из полученных результатов.

1. Одной из замечательных характеристик электродинамики электроскалярных и электромагнитных полей является то, что заряженная частица проявляет совершенно различные свойства полей и волн.

2. Уравнение непрерывности электроскалярного поля содержит заряд смещения (аналогично току смещения в теории Максвелла), который ведет к необходимости учета поля, образованного этими зарядами, и поля, образованного самими зарядами. Заряды смещения механически перемещаются вдоль линии распространения. Электрическая плотность этих зарядов аккумулируется вдоль линии продольной суперпозиции, что приводит к увеличению напряженностей поля.

3. Распространение электроскалярной волны происходит так, что положительный сигнал является электрическим потенциалом реальных зарядов, приложенным вдоль линии распространения и дающим вклад в расталкивание зарядов из-за их поляризации. Отрицательный сигнал есть результат сдавливания зарядов вследствие вращения электрического поля по контуру поверхности, окружающего объем зарядов. Распространение электроскалярной волны не требует свободных зарядов, и волна не дифрагирует и может распространяться в любой среде, так как не требует подпитки. Электромагнитное поле генерируется полем зарядов, и его потери в процессе распространения идут по поперечному электрическому вектору без возможности его пополнения. Вследствие этого в теории Максвелла, в отличие от электроскалярного поля, нет возможности осуществлять транспорт кулоновского поля.

4. Электроскалярное излучение в веществе поглощается на полостях, и полость переизлучает электроскалярный сигнал. Если частота сигнала соответствует частоте в полости, то может происходить усиление выходящего электроскалярного сигнала (плазмонный резонанс). Способность детектирования амплитуды и частоты этого излучения позволяет исследовать внутреннюю структуру объекта.

5. Работа электроскалярного поля над заряженной частицей обнаруживает физический смысл изменения энергии частицы, значение скорости частицы и то, как осуществляется переход в связанное состояние благодаря изменению ее электрического статуса. Следует отметить, что если отсутствует подходящий объект для образования компаунд-состояния, то частица продолжает понижать свой электрический статус.

6. Уменьшение электрического статуса частицы является причиной общности для связи с любым объектом, чтобы осуществить переход в компаунд-состояние во время контакта с объектом. Эта возможность есть переход в состояние *физического вакуума*.

Таким образом, возникшие возможности в динамике движения повлекли за собой эту новую электроскалярную динамику, которая имеет глубокий характер и не входит в противоречие с теми свойствами электромагнитной динамики, которая делает их убедительными, и, как результат, эти свойства могут быть включены в электродинамику в качестве второй динамики движения заряда. Наблюдение нейтрино *pp*-цикла от Солнца проливает свет [12] на эту фундаментальную проблему. Электрон, в частности, может быть ответственным за высокую стабильность атомных и молекулярных структур благодаря возможным процессам электромагнитного возбуждения двух электронов в атоме или молекуле, которые обмениваются скалярными фотонами, что ведет к сильной связи между электронами атома или молекулы. Такие процессы могут управлять процессом конфайнмента в атомных и молекулярных структурах.

Приложение
ПРОЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОСКАЛЯРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРИРОДЕ

Потенциальные свойства электроскалярного поля находят свои пути реализации в природе и в живых биоорганизмах. В природе наблюдаются организмы и рыбы с электрочувствительностью и способностью регистрировать электроскалярное излучение [14]. Геофизические исследования указывают на возможные источники этих полей на Солнце [13]. В биологических исследованиях большое внимание уделяется организующей роли электрических явлений и возможности контроля роста и значимости энергетической парадигмы.

Благодарности. Автор выражает благодарность Д. В. Подгайному за его вклад на ранней стадии работы и В. Б. Приезжеву за его внимание к работе и совместные дискуссии. Автор глубоко обязан своей жене Людмиле за поддержку и помощь в оформлении статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Zaimidoroga O. A.* An Electroscalar Energy of the Sun: Observation and Research // J. Mod. Phys. 2016. V. 7, No. 8. P. 808–818.
2. *Love A. E. H.* A Treatise on the Mathematical Theory of Elasticity. Cambridge: Univ. Press, 1927.
3. *Landau L. D., Lifshitz E. M.* Theory of Elasticity. V. 7 (3rd ed.). Butterworth–Heinemann, 1986.
4. *Zaimidoroga O. A., Podgainy D. V.* Observation of Electroscalar Radiation during an Eclipse of the Sun // Proc. Intern. Conf. of the Astroparticle and Cosmic Rays Physics. Como, Italy, 2010.
5. *Podgainy D. V., Zaimidoroga O. A.* Nonrelativistic Theory of Electroscalar Field and Maxwell Electrodynamics. arXiv:1005.3130.
6. *Podgainy D. V., Zaimidoroga O. A.* Relativistic Dynamics of a Charged Particle in an Electroscalar Field. arXiv:1203.2490.
7. *Zeldovich Ia. B.* Theory of Vacuum May Be a Solution to the Problem of Cosmology // UFN. 1981. V. 133, No. 3.
8. *Mostepanenko A. M., Mostepanenko B. M.* Conception of Vacuum in Physics and Philosophy // Nature. 1985. V. 3. P. 83.
9. *Wang G. W. et al.* Theory of Vacuum // Phys. Rev. Lett. 2002. V. 89. P. 050601.
10. *Protsenko I., Rudoy V., Zaimidoroga O.* Plasmons Resonanses in Nanostructures // Izvestia. 2005. V. 70, No. 4. P. 514.
11. *Jackson J. D.* Classical Electrodynamics. N. Y.: Wiley, 1962.
12. *BOREXINO Collab.* Neutrinos from the Primary Proton–Proton Fusion Process in the Sun // Nature. 2014. V. 512, No. 7515. P. 383.
13. *Lavrentiev M. M. et al.* Distant Influence of the Stars on the Resistor // DAN. 1990. V. 314, No. 2. P. 352.
14. *Bullock T. H. et al.* Electroreception, Series: Springer Handbook of Auditory Research. 2005. V. 21. P. 472.

Получено 26 декабря 2016 г.

Займидорога О. А. P4-2016-91
Естественный закон перехода заряженной частицы в связанное состояние под действием электроскалярного поля

Эта статья является продолжением статьи [1], где представлены экспериментальные факты наблюдения спектра электроскалярной радиации Солнца. Эта радиация, приходящая в наш мир, является продольной, длинноволновой и чрезвычайно проникающей. В соответствии с принципом наименьшего действия определен лагранжиан электроскалярного поля и тензор энергии-импульса этого поля с использованием вариации потенциалов и координат. Уравнение движения заряженной частицы в электроскалярном поле содержит энергию частицы с отрицательным знаком по отношению к энергии частицы в электромагнитном поле и по отношению к механической энергии. Вследствие этого изменяется электрический потенциал частицы в течение ее распространения. Таким образом, электроскалярная энергия частицы и сила, действующая на частицу во время ее движения, изменяют электрический статус частицы, который в свою очередь вызывает переход частицы в связанное состояние в течение взаимодействия ее с любой частицей или телом. Вследствие непрерывности этого процесса состояние частицы может входить в связанное состояние при разных скоростях движения частицы. Это связанное состояние есть состояние физического вакуума. Анализ солнечного спектра иллюстрирует, что рассеяние и поглощение электроскалярной волны происходит на полостях внутри твердого тела. Распространение электроскалярного поля определяется законом распространения плоской волны, и перенос энергии и информации может происходить как в вакууме, так и в любой среде.

Работа выполнена в Лаборатории физики высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2016

Zaimidoroga O. A. P4-2016-91
The Natural Law of Transition of a Charged Particle into a Compound State under the Action of an Electroscalar Field

This article is the continuation of article [1] where the experimental facts of observation of the electroscalar radiation in the spectrum of the Sun have been presented. This radiation comes into the world having a long wavelength, being longitudinal and extraordinarily penetrating. In accordance with the principle of least action, the Lagrangian of the electroscalar field and the energy-momentum tensor are determined using variation of the potential and coordinates. The equation of motion of a charged particle in the electroscalar field is determined where the energy of the particle has a negative sign with respect to the particle's mechanical energy and the energy of the electromagnetic field. So, this decreases the electrical potential of the particle during the propagation. The electroscalar energy of the charged particle and the field's force acting on the particle during its motion change the particle's electrical status which, in its turn, may trigger the transition of the particle into a compound state during an interaction with any object. Due to the continuity this process can lead the particle to the state where it enters into a compound state with a negative energy at the particle's different velocities. This state is the physical vacuum state. Analysis of the solar spectrum demonstrates that scattering and absorption of the electroscalar wave occur on the cavities of solids. The spreading out of the electroscalar field obeys the law of a plane wave, and the transfer of energy and information can take place both in vacuum and in any medium.

The investigation has been performed at the Veksler and Baldin Laboratory of High Energy Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2016

Займидорога Олег Антонович

Естественный закон перехода заряженной частицы в связанное состояние под действием электроскалярного поля

Р4-2016-91

Редактор *Е. В. Сабаева*

Подписано в печать 17.02.2017.
Формат $60 \times 84/8$. Усл. печ. л. 1,74. Уч.-изд. л. 2,0. Тираж 245. Заказ 59037.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6
E-mail: publish@jinr.ru
www.jinr.ru/publish/