УДК 530.112

ПЛОТНОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ ЗАРЯДОВ ОБЪЕДИНЯЮТ ЧАСТИЦУ С ПОЛЕМ И ТЯГОТЕНИЕ С ЭЛЕКТРИЧЕСТВОМ

И. Э. Булыженков[1,2,3]

При замене дуальной физики классических полей и точечных частиц на чисто полевое описание материи в виде непрерывно перекрывающихся элементарных (радиальных) плотностей удается преодолеть нефизические ньютоновские / кулоновские расходимости собственной энергии и точно решить полевую задачу многих тел. При этом гравитационный заряд радиального носителя энергии в общем непустом пространстве сопоставляется с вещественной частью интеграла комплексных плотностей элементарной материи, а сопутствующий электрический заряд – с мнимой частью того же пространственного интеграла. Такое объединение классических взаимодействий соответствует ранее предсказанному критерию двойной юнификации.

Ключевые слова: радиальный заряд, темная энергия биполя, комплексная плотность, заряженное непустое пространство.

Введение в чисто полевую физику непрерывных зарядов. Необходимость замены локализованной частицы на непрерывное энергетическое распределение в будущей физике обосновывалась Эйнштейном совместно с Инфельдом еще в 1938 году [1]: “Мы могли бы рассматривать вещество как области пространства, в которых поля чрезвычайно интенсивны... Брошенный камень, с этой точки зрения, представляет собой изменяющееся поле, область наибольшей интенсивности которого движется в пространстве со скоростью

[1] ФИАН, 119991 Россия, Москва, Ленинский пр., 53; e-mail: ibw@sci.lebedev.ru.

[2] Московский физико-технический институт, 141700 Россия, Московская область, Долгопрудный, Институтский пер., 9.

[3] Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», 119049 Россия, Москва, Ленинский пр., 4.

камня. В такой новой физике не осталось бы места для сосуществования полей и вещества, только поле соответствовало бы реальности.” В 1950 году Эйнштейн продолжал утверждать, что “последовательная теория поля требует, чтобы все ее элементы были непрерывными... И из этого требования вытекает, что материальная частица не может быть основным понятием полевой теории. Поэтому теория Максвелла, даже несмотря на тот факт, что она не включает в себя гравитацию, не может рассматриваться как полная теория.”[2] Настоящая публикация нацелена на математическую поддержку недуального подхода к материи, который и открывает скрытые возможности по аналитическому решению эйнштейновской задачи сильного поля [1]: “Наша конечная задача будет изменить полевые законы таким образом, чтобы они не нарушались для областей с чрезвычайной концентрацией энергии.”

Если из эйнштейновской гравитации начать выбрасывать, согласно пожеланию ее автора, точечные частицы и соответствующие им, но не реальности [3], шварцшильдовские сингулярности, то придется переосмыслить и якобы достоверный ньютоновский предел для слабого поля точечных масс в пустом пространстве. И действительно, у Эйнштейна источником гравитация (и инерции) является распределенная энергия $\mathcal{E} \equiv cP_o$ (точнее тензор плотности энергии-импульса [4]), а не локализованная скалярная масса m, как у Ньютона. Суть общей теории относительности (ОТО) именно в том, что Эйнштейн новаторски связал гравитацию и инерцию не с массой, а с временной компонентой 4-импульса $P_\mu \equiv mcg_{\mu\nu}dx^\nu/ds$,

$$P_o \equiv mcg_{o\mu}\frac{dx^\mu}{ds} \equiv mc(g_{oo}V^o + g_{oi}V^i) \equiv \frac{mc\sqrt{g_{oo}}}{\sqrt{1-v^2c^{-2}}} \equiv \frac{(K+U)}{c}, \qquad (1)$$

причем $cP_o \equiv \mathcal{E} = K + U > 0$ может содержать как положительную кинетическую энергию $K = mc^2/\sqrt{1-v^2c^{-2}} > 0$, так и отрицательную потенциальную часть $U \le 0$ (возникающую за счет гравитационных взаимодействий). Эйнштейновское соотношение (1) позволяет путем тождественных преобразований переписать метрическую компоненту g_{oo} в терминах отрицательного гравитационного потенциала $U/cP_o \le 0$:

$$\sqrt{g_{oo}} \equiv (K+U)\frac{\sqrt{1-v^2c^{-2}}}{mc^2} \equiv 1 + \frac{U\sqrt{g_{oo}}}{cP_o} \equiv \frac{1}{[1+(-U/cP_o)]}. \qquad (2)$$

Это общее соотношение для метрики непустого, материального пространства можно сформулировать в виде g_{oo}−теоремы: “Временная компонента метрического тензора псевдо-риманова пространства-времени определяется энергетическим потенциалом $\varphi = U/\mathcal{E}$ как $g_{oo} = (1-\varphi)^{-2}$ и не имеет особенностей во всем диапазоне $-\infty < \varphi \le 0$ слабых и сильных полей”.

Будем по аналогии с электродинамикой понимать под массивным зарядом элементарного носителя величину $q_m = \sqrt{G}m \equiv mc^2/\varphi_o$, пропорциональную релятивистской энергии покоя. Тогда закон сохранения такого заряда будет соответствовать сохранению скалярной массы частиц релятивистской системы. Для массивных зарядов q_m можно ввести согласно формуле Эйнштейна универсальный собственный потенциал $\varphi_o \equiv c^2/\sqrt{G} = 3.48 \times 10^{24}(cm \cdot g)^{1/2}/cek = 1.04 \times 10^{27}V$. Целесообразно ожидать появление этого фундаментального потенциала и у электрических зарядов для преодоления проблемы расходимости кулоновой энергии в центре радиального поля.

Материальный континуум энергетических монополей и биполей. В общепринятой модели точечных частиц принято считать трехмерное физическое пространство пустым и, соответственно, занулять порозонь скалярную, $R = 0$, и тензорную, $R_{\mu\nu} = 0$, кривизну Риччи в нулевом тензоре Эйнштейна $G_{\mu\nu} = 0$ при решении полевого уравнения 1915 года вне границ якобы локализованной материи. Такое упрощение действительности (и тензора Эйнштейна) через модельную пустоту и приводит к сингулярной шварцшильдовской метрике. Последняя не верна в парадигме непустого пространства [5], в котором $R_{oo} = g_{oo}R/2 \neq 0$ при том же нулевом значении G_{oo}. В отличие от пустого, но кривого 3-пространства вокруг каждой материальной точки, метрическое 3-сечение в виде сплошного материального пространства не только не содержит сингулярностей, но и всегда евклидово, $\gamma_{ij}(\varphi) \equiv g_{oi}g_{oj}g_{oo}^{-1} - g_{ij} = \delta_{ij}$. Эти шесть внутренних симметрий у 3-сечения кривого псевдо-риманова пространства-времени возникают при последовательном его приложении к 4-векторной физике движения.

Непустое евклидово 3-пространство для описания непрерывных аналитических функций без точечных особенностей не представляет проблем для математики, а для физики оно наглядно соответствует неоднородной сплошной среде или полю с неоднородной энергетической плотностью. И такое всюду материальное 3-пространство, встроенное в искривленное риманово 4-многообразие, описывает [6] все известные тесты ОТО намного более физично, чем кривая шварцшильдовская пустота. В последней нельзя, например, без потери логики отождествить скалярную кривизну Риччи с плотностью скалярной массы. А без совпадения смысла этих двух релятивистских скаляров не может быть и соответствия между тензорной математикой плотностей Риччи и релятивистской физикой Энштейна для плотностей массы-энергии.

Кривое трех-пространство до сих пор не позволило точно (не считая метод итераций) решить метрическую задачу многих тел для сильных полей даже в статике, в то время как плоское трех-сечение в кривом 4-многообразии Римана позволяет в соответствии с (2) записать точный гравитационный потенциал [7] для системы перекрывающихся радиальных зарядов $q_m = \sqrt{G}m \Rightarrow \sqrt{c^2 P_\mu P^\mu}/\varphi_o$

$$W(\mathbf{x}) \equiv -\frac{c^2}{\sqrt{G}} \ln \frac{1}{\sqrt{g_{oo}(\mathbf{x})}} = -\frac{c^2}{\sqrt{G}} \ln \left(1+\frac{r_1}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_1|}+\frac{r_2}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_2|}+ ... +\frac{r_n}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_n|}\right). \tag{3}$$

Здесь $r_i \equiv q_{mi}/\varphi_o$ можно назвать характерным масштабом массивного заряда q_{mi}, распределенного, как и его масса-энергия, во всем пространстве, но в основном вблизи центра $\mathbf{a}_i$ элементарной радиальной плотности.

Согласно эйнштейновскому Принципу Эквивалентности для каждого тела должны численно совпадать величины его инерционной (пассивной) и гравитационной (активной) массы. В непустом пространстве этот принцип можно обобщить на локальное равенство пассивных, μ_p, и активных, μ_a, плотностей масс или соответствующих плотностей зарядов:

$$\frac{\mu_p(\mathbf{x})c^2}{\varphi_o} \equiv \frac{[-\nabla W(\mathbf{x})]^2}{4\pi\varphi_o} = \frac{\nabla^2 W(\mathbf{x})}{4\pi} \equiv \frac{\mu_a(\mathbf{x})c^2}{\varphi_o}. \tag{4}$$

В каждой точке такого непустого 3-пространства скалярная кривизна Риччи $g^{\mu\nu}R_{\mu\nu} \equiv R = 16\pi\mu_a c^2/\varphi_o^2 > 0$ положительна и пропорциональна плотности его массы-энергии [5–7].

Вычислим полный массивный заряд Q_{sys} или скалярную массу $M_{\text{sys}} = Q_{\text{sys}}\varphi_o/c^2$ материального пространства в статической задаче перекрывающихся многих тел, проинтегрировав плотность $\mu_p(\mathbf{x})$ по всему объему с учетом (3)–(4):

$$M_{\text{sys}} \equiv \int \mu_p d^3x \equiv \frac{\varphi_o^2}{4\pi c^2} \int \left(\frac{\frac{(\mathbf{x}-\mathbf{a}_1)r_1}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_1|^3} + \frac{(\mathbf{x}-\mathbf{a}_2)r_2}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_2|^3} + ... + \frac{(\mathbf{x}-\mathbf{a}_n)r_n}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_n|^3}}{1 + \frac{r_1}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_1|} + \frac{r_2}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_2|} + ... + \frac{r_n}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_n|}} \right)^2 d^3x = \text{const}. \tag{5}$$

Нетрудно с помощью интегрирования по частям убедиться, что интеграл (5) равен сумме скалярных масс всех тел гравимеханической системы, $M_{\text{sys}} = m_1 + m_2 + ... + m_n \equiv (r_1+r_2+..+r_n)\varphi_o^2/c^2 = \text{const}$, и не зависит от расположений центров $\mathbf{a}_i$ радиальных плотностей, интерпретируемых на практике как места наблюдаемой локализации элементарной материи. Такую суперпозицию непрерывных скалярных масс можно рассматривать как сохранение инерционного (и гравитационного) заряда $\sum_i q_{mi} = Q_{\text{sys}} = \text{const}$ у гравимеханической системы многих тел.

Раскрыв в (5) квадрат в подынтегральном выражении можно убедиться, что вклад в общую энергию материального пространства $M_{\text{sys}}c^2 \equiv \mathcal{E}_{\text{sys}} = \mathcal{E}_{\text{mono}} + \mathcal{E}_{\text{bipo}}$ вносят как монопольные распределения плотностей зарядов ($\propto r_i^2$), так и бипольные, интерференционные распределения ($\propto r_i r_k$). Эти монополи и биполи совместно вносят вклад и в локальный принцип эквивалентности плотностей зарядов, который не выполнялся бы строго без интерференционных (бипольных) членов в равенстве (4). На практике всегда отслеживается лишь движение наибольших плотностей перекрывающихся полей, т.е. напрямую регистрируются лишь скорости движения центров энергетических монополей: "Брошенный камень, с этой точки зрения, представляет из себя изменяющееся поле, область наибольшей интенсивности которого движется в пространстве со скоростью камня."

Вклад монопольных энергетических распределений в (5) можно аналитически оценить при $R_{ik} \equiv |\mathbf{a}_k - \mathbf{a}_i| >> r_i + r_k = (\mathcal{E}_i + \mathcal{E}_k)/\varphi_o^2$, что выполняется даже для сравнительно высоких уровней плотности массы-энергии,

$$\mathcal{E}_{\mathrm{mono}} \approx \int \frac{\varphi_o^2 r_1^2 d^3x}{4\pi|\mathbf{x}|^4 (1 + \frac{r_1}{|\mathbf{x}|} + \frac{r_2}{|\mathbf{a}_1 - \mathbf{a}_2|} + \ldots + \frac{r_n}{|\mathbf{a}_1 - \mathbf{a}_n|})^2} + \int \frac{\varphi_o^2 r_2^2 d^3x}{4\pi|\mathbf{x}|^4 (1 + \frac{r_1}{|\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}_1|} + \frac{r_2}{|\mathbf{x}|} + \ldots + \frac{r_n}{|\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}_n|})^2} + \tag{6}$$

$$+ \ldots + \int \frac{\varphi_o^2 r_n^2 d^3x}{4\pi|\mathbf{x}|^4 (1 + \frac{r_1}{|\mathbf{a}_n - \mathbf{a}_1|} + \frac{r_2}{|\mathbf{a}_n - \mathbf{a}_2|} + \ldots + \frac{r_n}{|\mathbf{x}|})^2} = \sum_{i=1}^{n} m_i c^2 \sqrt{g_{oo}^{\neq i}(\mathbf{a}_i)} \approx \sum_{i=1}^{n} \left(m_i c^2 - m_i \sum_{k \neq i}^{n} \frac{G m_k}{R_{ik}} \right) > 0.$$

Энергия каждого радиального монополя, например $E_2 \equiv m_2 c^2 \sqrt{g_{oo}^{\neq 2}(\mathbf{a}_2)} \equiv m_2 c^2 / \left(1 + \frac{r_1}{|\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}_1|} + \frac{r_3}{|\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}_3|} + \ldots + \frac{r_n}{|\mathbf{a}_2 - \mathbf{a}_n|}\right)$, имеет отрицательный сдвиг из-за пространственного пересечения с другими монополями, что в теории Ньютона интерпретируется как отрицательная потенциальная энергия с расходимостью на малых удалениях R_{ik}. В реальности же интегральные гравимеханические массы-энергии каждого наблюдаемого монополя всегда конечны и положительны, так же как и их подинтегральные плотности в (6). Уменьшение энергии монополей при их сближении в слабых полях (что подтверждается притяжением наблюдаемых небесных тел) всегда сбалансировано в (5) ростом биполярной или ненаблюдаемой (темной) энергии единого материального пространства:

$$E_{\mathrm{bipo}} = M_{\mathrm{sys}} c^2 - E_{\mathrm{mono}} = \sum_{i=1}^{n} m_i c^2 \left(1 - \sqrt{g_{oo}^{\neq i}(\mathbf{a}_i)}\right) \approx$$

$$\approx \frac{\varphi_o^2}{4\pi} \sum_{i=1}^{n} \sum_{k \neq i}^{n} \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\infty} r^2 dr \int_0^{\pi} \frac{r_i r_k (r^2 - R_{ik} r \cos\theta) \sin\theta d\theta}{r^3 (R_{ik}^2 + r^2 - 2R_{ik} r \cos\theta)^{3/2}} = \sum_{i=1}^{n} m_i \left(\sum_{k \neq i}^{n} \frac{G m_k}{R_{ik}} \right) > 0. \tag{7}$$

Таким образом, природа ньютоновского притяжения в слабых полях состоит в универсальном стремлении механической системы распределить поровну энергию между имеющимися степенями свободы общего материального пространства, а именно между монопольными и бипольными энергетичестими формированиями. В сверхсильных полях, $R_{ik} \leq (\mathcal{E}_i + \mathcal{E}_k)/\varphi_o^2$, когда темная (биполная) энергия материального пространства превосходит энергию запредельно сблизившихся монополей, должно происходить их гравитационное отталкивание, а не притяжение.

Вещественные гравитационные и мнимые электрические заряды. Непустое пространство радиально распределенных зарядов допускает наряду с вещественными плотностями и мнимые составляющие, которые следует ассоциировать с электрическими зарядами. При этом кулоново взаимодействие двух мнимых одноименных зарядов, $(\pm iq_1)(\pm iq_2) = -q_1 q_2$, сопровождается вещественными силами с противоположным знаком для ньютоновского закона обратных квадратов, т.к. $i^2 = -1$. Кроме того, квадрат мнимого заряда в радиационной силе приводит к торможению, а не к нефизическому самоускорению излучающего электрона.

Принимая эйнштейновскую директиву по необходимости обобщения закона Кулона на сверхсильные поля с преодолением проблемы энергетических расходимостей, мы будем в классической электростатике придерживаться аналогий с гравитационными полями непустого пространства и перейдем от точечных электрических зарядов к элементарным радиальным распределениям. В рамках такого недуального, чисто полевого подхода к природе электричества добавим к положительным массивным зарядам $q_m = r_m/\varphi_o$ в релятивистском потенциале многих тел (5) мнимые части iq_i (как с положительными величинами q_i, так и с отрицательными),

$$W_Q(\mathbf{x}) = -\varphi_o \ln\left(1+\frac{(q_{m1}+iq_1)}{\varphi_o|\mathbf{x}-\mathbf{a}_1|}+\frac{(q_{m2}+iq_2)}{\varphi_o|\mathbf{x}-\mathbf{a}_2|}+\ldots+\frac{(q_{mn}+iq_n)}{\varphi_o|\mathbf{x}-\mathbf{a}_n|}\right), \tag{8}$$

и рассмотрим пассивные/активные плотности комплексных зарядов $q_{mi} + iq_i \equiv z_i\varphi_o$ в их общем материальном пространстве:

$$\rho_p(\mathbf{x}) \equiv \frac{[-\nabla W_Q(\mathbf{x})]^2}{4\pi\varphi_o} = \frac{\nabla^2 W_Q(\mathbf{x})}{4\pi} \equiv \rho_a(\mathbf{x}). \tag{9}$$

Полный комплексный заряд системы многих тел найдем из интегрирования плотности заряда $\rho_p(\mathbf{x})$ путем тождественных преобразований и применения теоремы Остроградского-Гаусса

$$Q_{\rm sys} = \int \rho_p d^3x \equiv \frac{\varphi_o}{4\pi}\int\left(\frac{\frac{(\mathbf{x}-\mathbf{a}_1)z_1}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_1|^3}+\frac{(\mathbf{x}-\mathbf{a}_2)z_2}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_2|^3}+\ldots+\frac{(\mathbf{x}-\mathbf{a}_n)z_n}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_n|^3}}{1+\frac{z_1}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_1|}+\frac{z_2}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_2|}+\ldots+\frac{z_n}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_n|}}\right)^2 d^3x =$$

$$= \frac{\varphi_o}{4\pi}\oint\left(\frac{\frac{(\mathbf{x}-\mathbf{a}_1)z_1}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_1|^3}+\frac{(\mathbf{x}-\mathbf{a}_2)z_2}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_2|^3}+\ldots+\frac{(\mathbf{x}-\mathbf{a}_n)z_n}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_n|^3}}{1+\frac{z_1}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_1|}+\frac{z_2}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_2|}+\ldots+\frac{z_n}{|\mathbf{x}-\mathbf{a}_n|}}\right) d\mathbf{S} = \sum_{i=1}^{n} q_{mi} + i\sum_{i=1}^{n} q_i. \tag{10}$$

Мнимая электрическая энергия $i(-e_o)\varphi_o = -1.67i \times 10^{15}$ erg $= -1.04i \times 10^{21}$ MeV радиального электрона из системы (10) конечна, также как и его вещественная масса-энергия $q_m\varphi_o = m_o c^2 = 0.511$ MeV. При этом электрический масштаб электрона $|ie_o/\varphi_o| = 1.38 \times 10^{-34}$ cm на много порядков превышает его гравитационный масштаб $\sqrt{G}m_o/\varphi_o = 6.77 \times 10^{-56}$ cm. Поэтому при изучении парных сил Кулона между заряженными лабораторными объектами можно с большой точностью пренебречь их гравитационным притяжением.

Применяя (8)–(10) к комплексным зарядам $Q_k \equiv q_{Mk} + iq_k = \sqrt{G}m_k + iq_k$, можно по аналогии с (6) получить для $R_{lk} \equiv |\mathbf{a}_k - \mathbf{a}_l| >> (|Q_l| + |Q_k|)/\varphi_o$ обединенный с гравитацией кулоновский закон отталкивания одноименных зарядов (и притяжения разноименных) после вычисления вещественных энергетических сдвигов у радиальных монополей с комплексными зарядами и энергиями:

$$Q_{\text{mono}}\varphi_o \equiv \mathcal{E}_{\text{mono}} \approx \sum_{l=1}^{n}\left(Q_l\varphi_o + Q_l\sum_{k\neq l}^{n}\frac{(-Q_k)}{R_{lk}}\right) =$$

$$= \sum_{l=1}^{n}\left[c^2\left(m_l - \sum_{k\neq l}^{n}\frac{(Gm_l m_k - q_l q_k)}{R_{lk}c^2}\right) + i\frac{c^2}{\sqrt{G}}\left(q_l - \sum_{k\neq l}^{n}\frac{G(m_l q_k + m_k q_l)}{R_{lk}c^2}\right)\right]. \qquad (11)$$

Бипольная, темная часть электрической энергии в точности балансирует в (10) вещественные кулоновские энергии, появившиеся в (11) у наблюдаемых монополей за счет взаимных электрических взаимодействий. Для расчета только темной электрической энергии можно сделать замену $r_i r_k \Rightarrow z_i z_k$ в бипольном интеграле (7) и перейти к пределам $z_i \to iq_i/\varphi_o$.

В заключение отметим, что материальное заряженное пространство содержит в (9)–(10) мнимые плотности энергии с участием вещественных масс и вещественные плотности с участием мнимых электрических зарядов, причем даже для электронейтральных систем с $\sum_{i=1}^{n} q_i = 0$. Эта взаимная ‘запутанность’ механических и электрических характеристик в плотностях элементарной материи и тот факт, что электричество не наблюдается в реальности без сопутствующий скалярной массы, поддерживает гипотезу происхождения гравитации за счет устойчивых возбуждений электромагнитного вакуума [8]. На основе намеченного выше формализма комплексных плотностей зарядов в непустом пространстве представляется достоверным, что решение проблемы объединения гравитационных и электромагнитных сил должно удовлетворять ранее предсказывавшемуся [9] критерию двойной унификации: частицы с полями и электричество с гравитацией.

ЛИТЕРАТУРА

[1] A. Einstein and L. Infeld, *The Evolution of Physics* (Simon and Schuster, N.Y., 1954), p. 256.

[2] A. Einstein, *Scientific American,* **182**, 13 (1950).

[3] A. Einstein, *Annals of Mathematics* **40**, 922 (1939).

[4] A. Einstein, *Annalen der Physik* **49**, 769 (1916).

[5] I. E. Bulyzhenkov, *Int. J. Theor. Physics* **47**, 1261 (2008).

[6] I. E. Bulyzhenkov, *Jour. Mod. Physics* **3**, No. 10, 1465 (2012).

[7] I. E. Bulyzhenkov, *Jour. Supercond. and Novel Magn.* **22**, 723 (2009).

[8] А. Д. Сахаров, ДАН СССР **177**, 70 (1967).

[9] М.-А. Тоннела, *Основы электромагнетизма и теории относительности* (Иностранная литература, Москва, 1962).

Поступила в редакцию 23 января 2015 г.