

Учредители:

Министерство образования и науки Российской Федерации,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

*Багров В. Г., д.ф.-м.н., профессор; Войцеховский А. В., д.ф.-м.н., профессор;
Гаман В. И., д.ф.-м.н., профессор (зам. гл. редактора); Дударев Е. Ф., д.ф.-м.н.,
профессор (зам. гл. редактора); Жуковский В. Ч., д.ф.-м.н., профессор;
Звягин И. П., д.ф.-м.н., профессор; Кайгородов В. Р., д.ф.-м.н., профессор;
Караваев Г. Ф., д.ф.-м.н., профессор; Коноров П. П., д.ф.-м.н., профессор;
Кортаев А. Д., д.ф.-м.н., профессор; Майер Г. В., д.ф.-м.н., профессор;
Осипов А. И., д.ф.-м.н., профессор; Панин В. Е., д.ф.-м.н., академик РАН;
Петраковский Г. А., д.ф.-м.н., профессор; Портнова Т. С., к.ф.-м.н. (отв. секретарь);
Потекаев А. И., д.ф.-м.н., профессор (гл. редактор); Ушаков В. Я., д.ф.-м.н., профессор*

Вниманию читателей!

Тел. редакции: (382-2) 53-33-35

E-mail редакции: physics@mail.tsu.ru

Сведения о журнале можно найти на сайте в Интернете:
<http://www.ntl.tomskinvest.ru>

Электронную версию журнала «Известия вузов. Физика» смотрите: <http://www.elibrary.ru>

Электронную версию Russian Physics Journal (перевод на английский язык журнала
«Известия вузов. Физика») смотрите: www.springer.com/11182; www.springerlink.com/content/1573-9228

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-11546 от 4 января 2002 г. выдано
Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций

Старший редактор *Н. И. Шидловская*
Верстка *Л. В. Пермяковой*

Сдано в набор 15.09.2014 г. Подписано к печати 30.10.2014 г.
Формат 60×84¹/₈. Бум. книжно-журнальная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.
Усл. п. л. 15,81. Усл. кр.-отт. 16,16. Уч.-изд. л. 17,70.
Тираж 500 экз. Заказ № 44.

Адрес редакции (издательства): 634050, г. Томск, пл. Ново-Соборная, 1,
Сибирский физико-технический институт,
редакция журнала «Известия высших учебных заведений. Физика», тел. (3822) 533-335

СОДЕРЖАНИЕ

Физика конденсированного состояния

Корогаев А.Д., Дитенберг И.А., Березовская В.Р., Денисов К.И., Пинжин Ю.П., Борисов Д.П. Влияние режимов ионно-плазменного синтеза на особенности структурно-фазового состояния многокомпонентных нанокompозитных покрытий системы Al-Cr-Si-Ti-Cu-N	3
Корзников А.В., Дмитриев С.В., Корзникова Г.Ф., Gladковский С.В., Потекаев А.И. Влияние режима термообработки на структуру и физико-механические свойства магнитотвердого сплава 23X15КТ	10
Артюхова Н.В., Ясенчук Ю.Ф., Kim Ji-Soon, Гюнтер В.Э. Реакционное спекание пористых сплавов на основе никелида титана	15
Колубаев Е.А. Исследование микроструктуры сварных швов алюминиевых сплавов, полученных сваркой трением с перемешиванием	22
Чумляков Ю.И., Киреева И.В., Куц О.А., Куксгаузен Д.А. Термоупругие мартенситные превращения и сверхэластичность в [001]-монокристаллах сплава FeNiCoAlNb	28

* *
*

Фисанов В.В. Прямые и обратные плоские волны в обобщённой изотропной среде	36
----------------------------------------------------------------------------------	----

Физика магнитных явлений

Суржиков А.П., Лысенко Е.Н., Малышев А.В., Николаев Е.В., Журавков С.П., Власов В.А. Исследование структуры и электромагнитных свойств литевой ферритовой керамики LiFe ₃ O ₈ , полученной на основе ультрадисперсного оксида железа	41
Боев М.Л., Полунин В.М., Ряполов П.А., Баштовой В.Г., Рекс А.Г., Казаков Ю.Б., Арефьев И.М., Арефьева Т.А. Неустойчивость течения магнитной жидкости в процессе затопления ею воздушной полости	47
Сёмкин С.В., Смагин В.П. Самосогласованные уравнения в модели Изинга разбавленного магнетика	54

Оптика и спектроскопия

Шефер О.В. Энергетические и поляризационные особенности ослабления видимого и ближнего ИК-диапазонов длин волн крупными кристаллами	61
Лазарев В.В., Хатмуллина М.Т., Михайлов Г.П. Надмолекулярная структура 1,3-диметил-2-имидазолидинона по данным фурье-спектроскопии комбинационного рассеяния света	69
Романовский О.А., Харченко О.В., Яковлев С.В. Применение многоволновых ИК-лазеров для лидарных и трассовых измерений метеорологических параметров атмосферы	74

* *
*

Дорофеев И.О., Дунаевский Г.Е. К вопросу об эффективности применения квазиоптической резонаторной методики исследований электрофизических свойств материалов	81
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Физика элементарных частиц и теория поля

Скобелев В.В. О возможности обнаружения четвертого измерения пространства в экспериментах в трехмерном подпространстве	85
Богданович Б.Ю., Нестерович А.В., Суханова Л.А., Хлестков Ю.А. Учет гравитационного взаимодействия при оценке параметров пинчевых плазмOIDов	90

* *
*

Васенин И.М., Гойко В.Л., Липанов А.М., Крайнов А.Ю., Шрагер Э.Р. Численное исследование диссипации турбулентной энергии при отрывном течении газа	96
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Физика полупроводников и диэлектриков

Войцеховский А.В., Горн Д.И. Спектры фотолуминесценции структур HgCdTe с множественными квантовыми ямами	102
Лебедев С.М., Гефле О.С., Днепровский С.Н., Амитов Е.Т. Электрофизические свойства теплопроводящих полимерных материалов.....	112
Чмерева Т.М., Кучеренко М.Г. Межмолекулярный безызлучательный перенос энергии электронного возбуждения вблизи проводящей пленки	116
Морозова Н.К., Канахин А.А., Галстян В.Г., Шнитников А.С. Аномальная серия полос в спектрах краевого свечения CdS(O).....	122

Физика плазмы

Мышкин В.Ф., Хан В.А., Плеханов В.Г., Ижойкин Д.А., Беспала Е.В. Спиновая сепарация изотопов при неполном окислении углерода в низкотемпературной плазме во внешнем магнитном поле.....	127
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Краткие сообщения

Михайлов М.М. Изменение спектров диффузного отражения после облучения в вакууме ультрафиолетом и электронами покрытия на основе модифицированного наночастицами фотолуминофора для светодиодов видимого диапазона.....	133
Демкин В.П., Мельничук С.В. Пространственно-временное распределение электрических и оптических характеристик плазмы высоковольтного импульсного разряда в гелии	135

УДК 530.12

*Б.Ю. БОГДАНОВИЧ, А.В. НЕСТЕРОВИЧ, Л.А. СУХАНОВА, Ю.А. ХЛЕСТКОВ***УЧЕТ ГРАВИТАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ПАРАМЕТРОВ ПИНЧЕВЫХ ПЛАЗМОИДОВ**

Точные решения уравнений Эйнштейна – Максвелла в ОТО для центрально-симметричной пыли и свободного электромагнитного поля применены для описания пинчевых плазмоидов, образующихся в экспериментах при коллапсе нейтрализованного по заряду высоковольтного разряда в среде при достижении в нем сверхвысоких плотностей энергии, при которых становится существенным учет кривизны пространства-времени. Данные решения применены также для оценки параметров космологических объектов – максимонов, чей электрический заряд равен «гравитационному заряду». Эти объекты отождествлены с горловиной (throat) – экстремальной статической гиперповерхностью внутреннего пространства плазмоида и максимона, наблюдаемой из вакуума Рейснера – Нордстрема.

Ключевые слова: пинчевые плазмоиды, гравитационное взаимодействие, уравнения Эйнштейна и Максвелла, общая теория относительности, высоковольтный электрический разряд.

Постановка задачи

В коллективе одинаково заряженных частиц, находящихся в собственном электромагнитном поле в плоском пространстве-времени, достичь стационарного компактного состояния невозможно [1], потому что сила кулоновского расталкивания зарядов больше силы магнитного притяжения параллельных токов. Но в высоковольтных импульсных электрических разрядах в средах заряд электронов может быть скомпенсирован зарядом ионов, электрическое поле в среднем исчезает и за счет электродинамического стягивания параллельных токов может возникать пинч-эффект – резкое схлопывание движущейся плазмы в поперечном направлении до весьма больших плотностей и малых размеров, предельное значение которых ограничивается лишь термодинамическим давлением и квантовым вырождением [2].

В дальнейшем, за счет нелинейных вихревых процессов и при взаимодействии этих пинчей с материалом высоковольтного электрода возможно образование квазистационарных достаточно долгоживущих плазмоидов. Они наблюдались экспериментально [3, 4]. Но и в этом случае в чисто электромагнитном взаимодействии получить строго стационарное компактное состояние, согласно теореме вириала [1], невозможно.

Одну из возможностей для появления дополнительной фокусирующей силы поставляет гравитационное поле, которое, согласно уравнению Ландау – Райчаудхури [5], всегда обладает фокусирующим действием для любых видов материи. Похожие процессы могут происходить и в окрестности Большого взрыва [6] на стадии образования ядер атомов и вещества.

Почему учет гравитационного поля в данном явлении принципиально возможен? Прежде всего потому, что гравитационное взаимодействие, согласно уравнениям ОТО [1], является универсальным, должно проявляться на любых длинах, и речь идет только лишь о достижении таких плотностей энергии-импульса, при которых кривизна пространства-времени будет существенно сказываться на движении материи.

Обычно считается, что гравитационное взаимодействие начинает превалировать либо в масштабе мегамира на радиусах порядка радиуса Вселенной, 10^{28} см, либо, наоборот, в микромире, на предельных планковских длинах порядка 10^{-33} см. Это обосновывается тем, что на промежуточных длинах гравитационным взаимодействием можно пренебречь ввиду чрезвычайной малости силы гравитационного притяжения F_G по отношению к силе кулоновского расталкивания F_Q одинаковых зарядов Q с массой M в плоском пространстве Минковского:

$$\xi = \sqrt{\frac{F_Q}{F_G}} = \frac{Q}{\sqrt{kM}}, \quad (1)$$

где k – гравитационная постоянная. Если заряд Q равен элементарному заряду e , а масса M равна, скажем, массе протона m_p , то это отношение электрического заряда Q к «гравитационному заряду» $\sqrt{k}M$ будет весьма велико:

$$\xi_0 = \frac{e}{\sqrt{k}m_p} \approx 10^{18} \gg 1. \quad (2)$$

Это отношение велико для всех известных элементарных частиц и их соединений в ядрах. Объект, у которого $\xi = 1$, называется максимомом [6], имеет, для фундаментальных констант, согласно (1), массу $m_c = \frac{e}{\sqrt{k}} \approx 10^{-6}$ г, а его радиус, на котором гравитационное взаимодействие срав-

нивается по силе с электромагнитным, называется критическим радиусом, $r_c = \frac{e\sqrt{k}}{c^2} \approx 10^{-34}$ см,

который, если заменить формально заряд e на «квантовый заряд» $\sqrt{\hbar c}$, становится планковской длиной, которая на порядок больше его: $r_{pl} = \sqrt{\frac{\hbar k}{c^3}} \approx 10^{-33}$ см.

Тем не менее возможность приблизить отношение (1) к единице и учесть гравитационное взаимодействие есть и в промежуточных случаях, к которым относятся пинчевые плазмоды. Во-первых, она связана с тем, что в коллапсирующий разряд в плазме может быть вовлечено много протонов N_p и электронов N_e с массой m_e , а также, в общем случае, N_n нейтронов с массой m_n .

Пусть $Q = e N_Q$, $N_Q = N_p - N_e$, $M = m_p N_p + m_e N_e + m_n N_n$, тогда (1) запишется в виде

$$\xi = \xi_0 \frac{N_Q}{\nu N_p}, \quad (3)$$

где $\nu = 1 + \frac{m_e N_e}{m_p N_p} + \frac{m_n N_n}{m_p N_p}$ – безразмерный параметр. Видно, что при $\nu \sim 1$ можно достичь $\xi \sim 1$

при $N_p \sim 10^{18} N_Q$. Так как $N_Q \geq 1$, число протонов в плазмоде должно быть при этом не меньше, чем 10^{18} .

Такая возможность при условии создания сверхвысоких давлений в коллапсирующей плазме разряда изучалась в работах Мейеровича [7, 8].

Более того, условие $\xi \sim 1$, с которым обычно связывается представление о сравнении по силе гравитационного и электромагнитного взаимодействий, получено для точечных зарядов в плоском пространстве-времени в ньютоновском приближении. Если же учесть конечную кривизну пространства-времени и неточечность реальных электрических зарядов [9], то это вполне достижимое условие может быть ослаблено до $\xi \gg 1$. Именно изучению этой возможности посвящена данная работа. Для этого мы воспользуемся решениями уравнений Эйнштейна и Максвелла [9–11], описывающими поле внутри заряда Q с массой покоя M , геометрически из вакуума выглядящего как трехмерная сфера экстремального радиуса R_h , являющаяся узкой горловиной (throat) нестационарного внутреннего пространства-времени заряда, сформированного незаряженной материей и электромагнитным полем в пространстве внутри этой сферы.

Гравитационное описание электрического заряда

Рассмотрим внутреннее центрально-симметричное 4-пространство-время в координатах $(\tau, r, \theta, \varphi)$ с метрикой [1]

$$ds^2 = e^\nu d\tau^2 - e^\lambda dr^2 - R^2(\tau, r) (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2), \quad (4)$$

в которой метрические коэффициенты e^ν , e^λ , R^2 являются функциями времени τ и радиальной координаты r . Оно образовано пылевидным веществом (без давления и температуры) с плотностью энергии $\varepsilon_s(\tau, r)$ и электромагнитным полем с плотностью энергии $\varepsilon_f(\tau, r)$ и описывается тензором энергии-импульса

$$T_\mu^\nu = \text{diag}(\varepsilon_f + \varepsilon_s, \varepsilon_f, -\varepsilon_f, -\varepsilon_f) \quad (5)$$

в сопутствующей системе отсчета $(\mu, \nu = 0, 1, 2, 3)$.

Решение уравнений Эйнштейна $G_{\mu\nu} = \kappa T_{\mu\nu}$ и уравнений Максвелла $F_{;\nu}^{\mu\nu} = 0$, где $G_{\mu\nu}$ – консервативный тензор Эйнштейна, $\kappa = \frac{8\pi k}{c^4}$ – постоянная Эйнштейна, $F^{\mu\nu}$ – тензор электромагнитного поля [1], для рассматриваемого случая получено в [9, 11]. В нем заряд Q оказывается первым интегралом системы уравнений Эйнштейна – Максвелла, и для случая незаряженной пыли он обращается в константу: $Q = \text{const}$. Решение для метрики (4) имеет вид

$$e^{\nu} = e^{v_{\tau}(\tau)}, \quad e^{\lambda} = \frac{R'^2}{f^2(r)}, \quad \varepsilon_f = \frac{R_c^2}{\kappa R^4}, \quad \varepsilon_s = \frac{R'_g(r)}{\kappa R^2 R'},$$

$$\begin{cases} R = \frac{R_g(r)}{2(1-f^2)}(1 - \delta(r) \cos \eta), \\ \tau - \tau_r(r) = \frac{R_g}{2(1-f^2)^{3/2}}(\eta - \delta \sin \eta), \end{cases} \quad \delta = \sqrt{1 - \frac{4R_f(r)}{R_g}(1-f^2)}. \quad (6)$$

Здесь $v_{\tau}(\tau)$ – произвольная функция времени τ , связанная с произволом в способе измерения времени, $' = \partial/\partial r$, $f(r)$ – второй после Q первый интеграл движения (решение (6), описывающее ограниченный в пространстве мир, соответствует случаю $f^2 < 1$); $R_c = \frac{\sqrt{k}Q}{c^2}$ – критический радиус;

$R_g(r) = \frac{2km(r)}{c^2}$ – гравитационный радиус – третий первый интеграл движения; $m(r)$ – полная гравитационная масса внутреннего мира электрического заряда. Она, либо полная гравитационная энергия внутреннего мира заряда $\varepsilon_g = m(r)c^2$, является решением уравнений (6) и выражается через заряд Q , плотности энергии вещества ε_s и электромагнитного поля ε_f [9]:

$$\varepsilon_g = 4\pi \int (\varepsilon_f + \varepsilon_s) R^2 R' dr + \frac{Q^2}{2R} + \varepsilon_0, \quad (7)$$

где $\varepsilon_0 = \text{const}$; $\tau_r(r)$ – произвольная функция радиальной координаты r , определяемая выбором начальной гиперповерхности, скажем, $\tau = 0$ в задаче Коши; $R_f = \frac{Q^2}{2mc^2}$ – классический (электромагнитный) радиус внутреннего мира, связанный с радиусами R_c и R_g соотношением $R_g R_f = R_c^2$.

Первые интегралы Q , $f(r)$, $R_g(r)$ получены в работе Маркова и Фролова [10]. Задание этих трех первых интегралов как функций координаты r полностью определяет поведение во времени и пространстве внутреннего мира электрического заряда и эквивалентно заданию при $\tau = 0$ начальных данных Коши, в данном случае – плотности энергии пылевидного вещества $\varepsilon_s(0, r)$ и начальной скорости изменения радиуса гауссовой кривизны $R^*(0, r)$, где $' = \partial/\partial \tau$.

Данное решение при $Q = 0$ ($R_c = 0$) переходит в известное решение Толмана [1] для пыли в отсутствие электромагнитного поля, в частности, в решение Фридмана для однородной изотропной Вселенной [1], а в отсутствие вещества, $R_g = \text{const}$, – в решение Рейсснера – Нордстрема для поля точечного заряда Q в вакууме [6], которое, в свою очередь, при $Q = 0$ переходит в известное решение Шварцшильда для точечной массы M [1].

Введенные радиусы R_c , R_g , R_f имеют следующий физический смысл: на гравитационном радиусе потенциальная энергия гравитационного поля равна половине полной энергии заряда: $k \frac{m^2}{R_g} = \frac{1}{2} mc^2$. На классическом радиусе полная энергия внутреннего мира электрического заряда

mc^2 равна половине электростатической энергии заряда: $mc^2 = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{R_f}$ (так проявляется гравитационный «дефект массы»). На критическом радиусе электрический заряд Q становится равным «гравитационному заряду» $\sqrt{k}m$ (такой объект принято называть максимоном. Его масса $m_c = Q/\sqrt{k}$).

Решение (6) уравнений ОТО описывает пульсирующее во времени внутреннее пространство электрического заряда. Главным результатом учета гравитационного поля, т.е. кривизны пространства-времени, является устранение кулоновской расходимости $R = 0$ поля точечного заряда в плоском пространстве Минковского: из решения (6) следует, что при определенном выборе функции $R_g(r) \neq 0$ радиус заряда $R(\tau, r)$ не равен нулю ни в одной точке в любой момент времени.

Вторым свойством данного решения является наличие в нем нетривиальной геометрии – статической экстремальной 3-гиперповерхности при $r = r_h$: $R^*_h(\tau, r) = 0$, $R'_h(\tau, r) = 0$, – т.н. горловины в пространстве-времени [9, 10, 12]:

$$E_r = \sqrt{8\pi\epsilon_f} e^2 \frac{\lambda}{r^2}.$$

Подставив эти условия существования горловины в решение (6), получим, что радиус R_h электрического заряда всегда равен удвоенному классическому радиусу R_{gh} на горловине, и он связан с остальными введенными параметрами следующим образом:

$$R_h = 2R_{gh} = \frac{R_{gh}}{2} \xi^2 = \xi R_c. \quad (8)$$

Видно, что в радиус заряда входит введенный в начале работы параметр ξ – отношение электрического заряда к «гравитационному», которое теперь уже не обязательно должно равняться единице, как это следует из равенства силы электростатического отталкивания и силы гравитационного притяжения как условия существования заряженного объекта в ньютоновском приближении в плоском пространстве.

Наблюдаемая из вакуума малость величины потенциальной энергии гравитационного взаимодействия $\frac{kM^2}{R_h}$ у элементарных зарядов типа электрона, протона и других, по сравнению с кулоновской потенциальной энергией $\frac{Q^2}{R_h}$, что соответствует случаю $\xi \gg 1$, объясняется как раз сильным гравитационным «дефектом массы» во внутреннем пространстве электрического заряда, что является следствием кривизны этого внутреннего пространства-времени.

Оценка параметров пинчевых плазмOIDов

Допустим, что коллапс плазменных каналов в высоковольтных разрядах обеспечивает нужные высокие значения плотности энергии, достаточные для формирования квазистационарных пинчевых плазмOIDов. Будем отождествлять такой компактный объект, наблюдаемый из вакуума, с горловиной радиуса R_h внутреннего мира этого большого числа разноименно заряженных частиц.

Если в соотношения (8) подставить выражения данных радиусов через число протонов N_p , электронов N_e , число нескомпенсированных зарядов N_Q , число нейтронов N_n (если они имеются) и их массы покоя m_p , m_e , m_n , а также массу плазмOIDа M , то получим следующие соотношения между ними:

$$R_h = 2r_f \frac{N_Q^2}{\sqrt{N_p}} = r_c N_Q \xi = \frac{r_g}{2} \sqrt{N_p} \xi^2, \quad M = m_p N_p v. \quad (9)$$

Здесь введены следующие фундаментальные константы, характеризующие заряд e и массу покоя m_p протона (числовые значения даются с точностью до порядка): $r_f = \frac{e^2}{2m_p c^2}$, $r_g = \frac{2km_p}{c^2}$.

Исходя из данных соотношений (8), сделаем оценку возможных параметров пинчевых плазмOIDов, приняв их видимый размер $R_h = 100$ мкм, соответствующий данным лабораторных экспериментов [3, 4] (табл. 1).

Первый плазмOID состоит из одних протонов, остальные – с практически нейтрализованным зарядом – в них число электронов порядка числа протонов. Из табл. 1 видно, что такие величины масс плазмOIDов, числа содержащихся в них протонов и электронов вполне можно получить на

существующих экспериментальных установках высоковольтной импульсной техники и физики пучков заряженных частиц для генерации пинчующихся разрядов в различных средах при импульсных напряжениях порядка нескольких мегавольт и при токах в разряде порядка мегаампер.

Таблица 1

№ п/п	N_Q	N_p	ξ	N_e	$M, \text{ г}$
1	10^{14}	10^{14}	10^{18}	≈ 0	10^{-10}
2	10^{15}	10^{16}	10^{17}	$\approx 10^{16}$	10^{-8}
3	10^{16}	10^{18}	10^{16}	$\approx 10^{18}$	10^{-6}
4	10^{17}	10^{20}	10^{15}	$\approx 10^{20}$	10^{-4}

Можно также положить в формулах (8) $\xi = 1$ и оценить возможные параметры максимонов как в микро-, так и в мегамире на космологических масштабах:

$$R_h = 2R_{fh} = R_c = \frac{R_{gh}}{2} = 2r_f \frac{N_Q^2}{\sqrt{N_p}} = r_c N_Q. \quad (10)$$

Из (10) получаем следующую оценку для радиуса максимонов, числа протонов в них и для их наблюдаемой массы (табл. 2):

$$R_h \approx 10^{-34} N_Q, \quad N_p \approx 10^{18} N_Q, \quad M_h \approx 10^{-24} N_p, \text{ г}. \quad (11)$$

Так как $N_Q \geq 1$, из (11) следует, что число протонов в максимоне ограничено снизу: $N_p \geq 10^{18}$.

Таблица 2

№ п/п	N_Q	N_p	N_e	$R_h, \text{ см}$	$M_h, \text{ г}$
1	1	10^{18}	$\leq 10^{18}$	10^{-34}	10^{-6}
2	10^6	10^{24}	$\leq 10^{24}$	10^{-28}	10^0
3	10^{18}	10^{36}	$\leq 10^{36}$	10^{-16}	10^{12}
4	10^{21}	10^{39}	$\leq 10^{39}$	10^{-13}	10^{15}
5	10^{35}	10^{53}	$\leq 10^{53}$	10^1	10^{29}
6	10^{39}	10^{57}	$\leq 10^{57}$	10^5	10^{33}
7	10^{62}	10^{80}	$\leq 10^{80}$	10^{28}	10^{56}

В первой строке – параметры фундаментального максимона с $m_c = e/\sqrt{k} \approx 10^{-6}$ г с критическим радиусом $R_c \sim 10^{-34}$ см. Во второй строке приведены параметры максимона с массой порядка 1 г и числом протонов и электронов в нем порядка 10^{24} . В третьей и четвертой строках – параметры максимонов с радиусом горловины, равным классическим радиусам протона и электрона соответственно. В пятой и шестой строках – максимоны, имеющие массу горловины порядка массы Земли и Солнца соответственно. В седьмой строке представлены параметры нашей Вселенной с радиусом $R_h \sim 10^{28}$ см и массой $M_h \sim 10^{56}$ г, если бы она была максимомом. Для этого нужно, чтобы заряд ее горловины был порядка $10^{62}e$. Если же ее заряд будет меньше, чем $10^{62}e$, то наблюдаемый из вакуума ее размер R_h будет меньше размера внутреннего мира в состоянии его максимального расширения [9].

Заключение

В данной работе продолжено исследование возможности учета гравитационного взаимодействия при оценке параметров плазмOIDов, возникающих в пинчевых высоковольтных электрических разрядах, начатое Мейеровичем, а также продолжены исследования Маркова и Фролова по космологическим максимонам (фридмонам). В предложенной модели использовано точное решение уравнений Эйнштейна и Максвелла для центрально-симметричной геометрии, порожденной пылевидным веществом и радиальным электрическим полем, которая содержит топологически нетривиальный экстремальный объект – горловину, исследуемую в работах Бронникова.

В предположении, что из вакуума наблюдается горловина внутреннего мира плазмOIDа, состоящего из большого числа элементарных зарядов (протонов, электронов), получено, что их тре-

буемые параметры вполне достижимы как на существующих лабораторных экспериментальных установках, так и, в случае максимонов, в космосе, на масштабе Вселенной.

Отсюда следует вывод, что учет гравитационного поля, то есть кривизны пространства-времени, при изучении их природы и для оценки их параметров может оказаться целесообразным.

Авторы выражают искреннюю благодарность К.А. Бронникову и Б.Э. Мейеровичу за дискуссию и ценные замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. 2. Теория поля. – М.: Физматлит, 2002.
2. Мейерович Б. Э. Канал сильного тока. – М.: Фима, 1999.
3. Bogdanovich B. Yu., Nesterovich A. V., and Alferov P. V. // Grav. and Cosmol. – 2002. – V. 8. Suppl. – P. 213.
4. Bogdanovich B. Yu. and Nesterovich A. V. // 11th Int. Workshop on Magneto-Plasma Aerodynamics. – April 10–12, 2012. – Joint Institute for High Temperatures RAS, Moscow, Russia.
5. Хокинг С., Эллис Дж. Крупномасштабная структура пространства-времени. – М.: Мир, 1977.
6. Мизнер Ч., Торн К., Уиллер Дж. Гравитация. – М.: Мир, 1977.
7. Мейерович Б. Э. // УФН. – 1986. – Т. 149. – № 2. – С. 221.
8. Мейерович Б. Э. // ЖЭТФ. – 1997. – Т. 112. – Вып. 2(8). – С. 385.
9. Хлестков Ю. А. // ЖЭТФ. – 2005. – Т. 128. – Вып. 2. – С. 300.
10. Марков М. А., Фролов В. П. // ТМФ. – 1970. – Т. 3. – № 1. – С. 3.
11. Хлестков Ю. А. // ЖЭТФ. – 1975. – Т. 68. – № 2. – С. 387.
12. Bronnikov K. A. // Phys. Rev. D. – 2001. – V. 63. – P. 044005.

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
г. Москва, Россия
E-mail: bogdan@uni.mephi.ru; khlestkov@yandex.ru

Поступила в редакцию 28.05.14.

Богданович Борис Юрьевич, д.т.н., профессор;
Нестерович Александр Владимирович, д.ф.-м.н., профессор;
Суханова Любовь Александровна, к.ф.-м.н.;
Хлестков Юрий Алексеевич, к.ф.-м.н., доцент.