

ЭВОЛЮЦИЯ АНТИКОЛЛАПСИРУЮЩИХ ОБЪЕКТОВ (БЕЛЫХ ДЫР)
В КОМПЛЕКСНОМ ПРОСТРАНСТВЕ-ВРЕМЕНИ С
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

EVOLUTION OF ANTICOLLAPSING OBJECTS (WHITE HOLES) IN
COMPLEX SPACE-TIME WITH ELECTROMAGNETIC FIELD

В. С. Гурин

*Астрономическая секция Минского отделения Всесоюзного астрономо-геодезического общества,
Абонентский ящик №. 7, Минск-12, 220012, СССР*

Received 10 July 1990

UDC 538.3

Original scientific paper

Рассматривается 8-мерная теория Эйнштейна-Максвелла, включающая действительные и мнимые подпространства, в которой изучается эволюция сферически симметричного пространства с электромагнитным полем и антиколлапсирующих объектов из пылевидной материи. Находятся соотношения, устанавливающие связь законов эволюции антиколлапсирующих объектов (белых и серых дыр) в различных подпространствах. Наличие такой связи предлагается как возможное проявление дополнительных измерений. . .

Eight-dimensional Einstein-Maxwell theory with real and imaginary subspaces is considered, in which evolution of spherically symmetric space with electromagnetic field and anticollapsing objects from dust-like matter is studied. The connection of evolution laws for anticollapsing objects (white and grey holes) in different subspaces is determined. It is proposed as possible manifestation of additional dimensions.

1. Введение

Построение многомерных вариантов теорий поля, включающих в качестве основного гравитационное, стало в настоящее время одним из популяр-

нейших направлений исследований в теории относительности и космологии. При этом появляется широкий спектр возможностей решения различных астрофизических и космологических проблем, но часто возникают и новые, специфичные именно в многомерных теориях (например, объяснение ненаблюдаемости дополнительных измерений, спектр частиц и др.). Множество предложенных вариантов многомерных теорий, представленных в литературе¹⁻³⁾, в большинстве своем является развитием подхода Калуцы-Клейна, в котором многомерное пространство-время представляется в виде произведения (топологического) обычного 4-мерного пространства-времени и дополнительного пространства, включающего некоторое число пространственноподобных измерений (скрытых, внешних, компактифицированных). В некоторых многомерных теоретических конструкциях повышение размерности производится более нетривиальным образом, с особыми геометрическими свойствами новых измерений, например в 5-мерной проективной теории Шмутцера^{4, 5)}.

Гораздо меньшее число работ (см., например работы 6—9 и некоторые ссылки в них) посвящено исследованию теорий с дополнительными времениподобными размерностями. Последние могут существенным образом изменить глобальную структуру многомерного пространственно-временного многообразия.

Вместе с тем, в общей теории относительности (ОТО) имеется направление исследований, в котором необходимость рассмотрения многомерных пространств вытекает из самой теории, а не *ad hoc*, как это делается в большинстве калуца-клейновских схем, когда даже само число дополнительных измерений является малообоснованным. Речь идет о теории расширенных пространственно-временных многообразий (ПВМ), являющихся результатом построения аналитического продолжения метрик с горизонтами событий (псевдосингулярными поверхностями). Довольно нетривиальной при этом оказывается показанная во многих работах¹⁰⁻¹⁴⁾ связь такого аналитического продолжения метрик ОТО с горизонтами и расширения специальной теории относительности (СТО) «через световой барьер». В обоих случаях введение (а лучше сказать «появление») многомерного пространства-времени оказывается весьма полезным; и можно говорить, что таким образом удастся построить единое согласованное описание многообразия событий, связанных как с брадионными (сублюминальными) так и с тахионными (суперлюминальными) объектами в расширенных ПВМ, разделенных горизонтами на совокупность областей (возможно, бесконечную), в которых имеет место изменение различных (в общем случае комплексных) координат. В такой постановке глобальное пространство-время представляется 8-мерным комплексным, конкретная геометрия которого зависит от распределения масс и полей.

Метрику расширенного многообразия в 8-мерном варианте мы будем записывать в следующем виде

$$ds^2 = g_{AB} dx^A dx^B; \quad (A, B) = (1, 2, \dots, 8) \quad (1)$$

и считать координаты комплексными, согласно чему любое событие в глобальном пространстве-времени будет определяться восемью координатами

$$E = (X, Y, Z, T) = (x_{Re}, y_{Re}, z_{Re}, t_{Re}, x_{Im}, y_{Im}, z_{Im}, t_{Im}) \quad (2)$$

причем в действительном и мнимом подпространствах:

$$E_{Re} = (x_{Re}, y_{Re}, z_{Re}, t_{Re}); \quad E_{Im} = (x_{Im}, y_{Im}, z_{Im}, t_{Im}). \quad (3)$$

Следует иметь в виду, что 8-мерность ПВМ понимается в таком подходе лишь в глобальном смысле, и любой конкретный наблюдатель может фиксировать (измерять) только какие-либо четыре координаты: либо четыре действительных обычным образом для событий, находящихся в области, неотделенной никакими горизонтами, либо мнимые координаты, приписываемые событиям за горизонтом, которые для упомянутого наблюдателя являются недоступными. Размерность пространства-времени равную восьми и его комплексную структуру требует принцип инвариантности событий в ОТО при необходимости учета всего многообразия физических явлений, происходящих как с брадионами так и с тахионами в различных областях ПВМ.

Геометрически глобальное многообразие может быть представлено как произведение 4-мерных римановых подпространств

$$R^8 = R_{Re}^4 \otimes R_{Im}^4. \quad (4)$$

Тогда R_{Re}^4 , например, есть лишь некоторая гиперплоскость (гиперповерхность) в объемлющем 8-мерном многообразии¹⁴⁻¹⁶.

В расширенных ПВМ, как известно, возможны перемещения физических объектов (пробных тел по геодезическим, коллапсирующим и антиколлапсирующим тел через горизонты)^{17,18}, которым в рамках настоящей интерпретации соответствует движение между различными измерениями (действительным и мнимым подпространствами). Другими словами, дополнительные (мнимые) измерения берут начало на горизонтах, и в этой связи, не нарушают никаких физических законов локально при любых масштабах. Следовательно, «путями» к дополнительным размерностям могут служить объекты и явления, в которых имеют место образование горизонтов событий и возможно пересечение их какими-либо телами: черные и белые дыры (ЧД и БД), ускоренное движение, элементарные частицы в «сильной» гравитации и др. Такая специфика дополнительных размерностей приводит к тому, что они могут быть обнаружены лишь косвенным образом, с использованием вышеуказанных явлений.

В настоящей работе мы, развивая качественные соображения такого рода, представленные в ряде предыдущих публикаций^{13,14,16}, рассмотрим вариант теории, включающей гравитационное и электромагнитное поля на основе уравнений Эйнштейна-Максвелла в 8-мерном пространстве-времени, в котором дополнительные измерения получают комплексификацией обычной 4-мерной метрики. При этом электромагнитное поле окажется тем «средством», с помощью которого может быть осуществлена связь действительного и мнимого подпространств комплексного многообразия (как известно из теории ЧД²⁰), только электромагнитное и гравитационное поля не являются сингулярными на горизонте событий и могут восприниматься внешними (находящимися за горизонтом) наблюдателями. Таким образом в нашей теории электромагнитное поле будет средством получения информации о мнимых измерениях из действительного (нашего) подпространства. Следует заметить, что такое

построение многомерной теории может иметь довольно общий характер, а не ограничиваться только метриками, используемыми в данной работе, и включать другие физические поля и взаимодействия и более сложные геометрии поскольку «природа» появления дополнительных размерностей заключается в таком довольно универсальном явлении ОТО как появление горизонтов событий²¹⁾, а не с теми или иными свойствами полей, входящих в теорию.

Таким образом, введение дополнительных времениподобных измерений пространства-времени в предлагаемой модели теории гравитационного и электромагнитного поля может позволить получить новые выводы по сравнению с традиционными подходами и пролить свет на возможность интерпретаций некоторых астрофизических явлений, сопровождающихся большими энерговыделениями в рамках представлений о множественности миров (вселенных).

2. Уравнения поля в комплексном пространстве-времени

Рассмотрим комплексное 8-мерное пространство-время с координатами

$$(M, N) = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) = (t, r, \Theta, \varphi, \bar{t}, \bar{r}, \bar{\Theta}, \bar{\varphi}).$$

Для исследования динамики вещества в данной работе мы будем использовать однородную и изотропную сферически симметричную метрику, которая в 4-мерном случае сводится к метрике Фридмана-Робертсона-Уокера. Это, очевидно, один из наиболее простых вариантов моделей пространства-времени, но он допускает учет вклада от материи и электромагнитного поля в правой части уравнений Эйнштейна. Аналогичным образом могут быть рассмотрены и другие более сложные варианты.

Итак, запишем следующим образом нашу 8-мерную метрику

$$g_{MN} = \begin{pmatrix} -1 & & & & & & & \\ & g_{ij}R^2 & & & & & & \\ & & +1 & & & & & \\ & & & g_{mn}\bar{R}^2 & & & & \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где

$$g_{ij} = \begin{pmatrix} 1 & & & \\ \sin^2 \chi & & & \\ & \sin^2 \chi \sin^2 \Theta & & \end{pmatrix} \quad (i, j) = (2, 3, 4) \quad (6)$$

и

$$g_{mn} = - \begin{pmatrix} 1 & & & \\ \sin^2 \bar{\chi} & & & \\ & \sin^2 \bar{\chi} \sin^2 \bar{\Theta} & & \end{pmatrix} \quad (m, n) = (6, 7, 8) \quad (7)$$

максимально симметричные 3-пространства. В сферических координатах

$$g_{rr} = (1 - kr^2)^{-1}; \quad g_{\Theta\Theta} = r^2; \quad g_{\varphi\varphi} = r^2 \sin^2 \Theta, \quad (8)$$

R и \bar{R} — масштабные факторы отдельно для каждого из подпространств¹⁹⁾.

Такая метрика, соответствующая геометрии поля материи, может быть считана в 4-мерном случае, как известно, с внешней шварцшильдовской²¹⁾. В 8-мерном случае каждому 4-подпространству будет соответствовать своя 4-мерная внешняя метрика с сигнатурами $(-+++)$ и $(+---)$, соответственно, также образуя комплексное 8-мерное ПВМ. При наличии электромагнитного поля, что именно ниже и будет рассмотрено, сшивка метрики (6) должна осуществляться аналогичным образом с 8-мерным вариантом метрики Рейсснера-Нордстрема¹⁶⁾ со следующими областями изменения действительных и мнимых координат

$$t_{Re}, r_{Re} :] + \infty ; r_+ [\cup] r_- ; 0 [; t_{Im}, r_{Im} :] r_- ; r_+ [.$$

Вследствие известных теоремы Биркгофа и положением об отсутствии «волос» для ЧД (БД) внешняя метрика будет Рейсснер-Нордстремовской для любого сферически симметричного распределения вещества и электрического и магнитного полей материи.

Для внутреннего подпространства (материя БД) уравнения Эйнштейна запишутся следующим образом

$$R_{MN} - \frac{1}{2} R g_{MN} = - (16\pi G/c^4) T_{MN}, \quad (9)$$

где в качестве T_{MN} возьмем сначала только электромагнитное поле

$$T_{MN} = F_{ML} F^L - (1/4) g_{MN} F_{AB} F^{AB}. \quad (10)$$

По причине того, что для электромагнитного поля след $T_M^M = 0$, уравнения (10) можно записать в виде

$$R_{MN} = (8\pi G/c^4) T_{MN}, \quad (11)$$

а компоненты T_{MN} выразятся следующим образом через векторы электрического E и магнитного H полей:

$$T_{ij} = - \frac{1}{4\pi} \left[E_i E_j + H_i H_j - \frac{1}{2} (E^2 + H^2) g_{ij} \right] \quad (12a)$$

$$T_{mn} = - \frac{1}{4\pi} \left[E_m E_n + H_m H_n - \frac{1}{2} (\bar{E}^2 + \bar{H}^2) g_{mn} \right] \quad (12b)$$

$$T_{tt} = (1/8\pi) (E^2 + H^2) \quad (12c)$$

$$T_{\bar{t}\bar{t}} = (1/8\pi) (\bar{E}^2 + \bar{H}^2). \quad (12d)$$

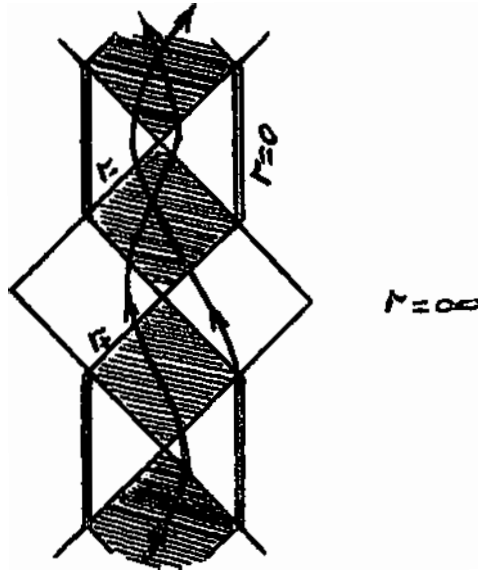


Рис. 1. Диаграмма Пенроуза для пространства-времени Рейсснера-Нордстрема, в котором возможны движения антиколлапсирующих тел, пересекая горизонты событий и покрывая действительные и мнимые области глобального ПВМ.

3. Электромагнитное поле

В 8-мерной схеме теории с действительными и мнимыми подпространствами без материи электрическое и магнитное поля оказываются связанными посредством либо широко известных преобразований Лоренца либо их суперлюминальными обобщениями^{2, 2.3)}. В последнем случае будет иметь место связь между действительным и мнимым секторами глобального ПВМ. Например, электрическое поле в действительном секторе соотносится с мнимым сектором, проявляясь как магнитное поле по следующим формулам^{2,3)}

$$E_x = \bar{E}_x; \quad E_y = (\bar{E}_y + v\bar{H}_z/c) \gamma; \quad E_z = (\bar{E}_z - v\bar{H}_y/c) \gamma; \quad (13a)$$

$$H_x = \bar{H}_x; \quad H_y = (\bar{H}_y - v\bar{E}_z/c) \gamma; \quad H_z = (\bar{H}_z + v\bar{E}_y/c) \gamma; \quad (13b)$$

$$\gamma = |1 - (v^2/c^2)|^{-1/2}. \quad (13c)$$

В общем случае можно записать тензор электромагнитного поля в виде действительной и мнимой компонент, образуемых электрическим и магнитным полями, соответственно

$$F_{MN} = E_{MN} + iH_{MN}. \quad (14)$$

Таким образом, определенная конфигурация поля в одном 4-подпространстве будет иметь влияние на конфигурацию поля в другом 4-подпространстве, и переход между ними будет осуществляться посредством вышеупомянутых суперлюминальных преобразований, которые в предельном случае (между $v = 0$ в Re-секторе и $v = \infty$ в Im, т. е. без учета собственного движения объектов, находящихся в данный момент времени по разные стороны горизонта событий) запишутся в виде

$$E \rightarrow iH; \quad H \rightarrow -iE \quad (15)$$

а для инварианта $(E^2 + H^2)$, входящего в T_{ij} либо $(E^2 + H^2)$ в T_{mn} :

$$E^2 + H^2 \rightarrow -(E^2 + H^2), \quad (16)$$

т. е.

$$(E^2 + H^2) = -(\bar{E}^2 + \bar{H}^2).$$

В силу Лоренц-инвариантности электромагнитного поля (под действием обычной группы Лоренца, содержащей сублюминальные ортохронные преобразования, в каждом подпространстве), мы можем выбрать такое электромагнитное поле, что в выражениях для T_{ij} и T_{mn} останутся только третьи слагаемые²⁰⁾. Следует также заметить, что при известном факте отсутствия высших мультиполей для компонент электрического и магнитного полей для внешнего поля антиколлапсара, кроме таковых для статических электрического и магнитного зарядов, но для внутреннего поля могут быть использованы произвольные формы полей. Таким образом уравнения Эйнштейна-Максвелла следует составлять с помощью следующих тензоров в правой части

$$T_{ij} = (1/8\pi)(E^2 + H^2) g_{ij} \quad (17a)$$

$$T_{mn} = (1/8\pi)(\bar{E}^2 + \bar{H}^2) g_{mn} \quad (17b)$$

$$T_{tt} = (1/8\pi)(E^2 + H^2); \quad T_{\bar{t}\bar{t}} = (1/8\pi)(\bar{E}^2 + \bar{H}^2). \quad (17c)$$

Для компонент тензора Риччи будем иметь

$$R_{ij} = -(2kR^{-2} + 2\dot{R}^2R^{-2} + \ddot{R}/R) g_{ij} \quad (18a)$$

$$R_{mn} = -(2\bar{k}\bar{R}^{-2} + 2\dot{\bar{R}}^2\bar{R}^{-2} + \ddot{\bar{R}}/\bar{R}) g_{mn} \quad (18b)$$

$$R_{tt} = 3\ddot{R}/R; \quad R_{\bar{t}\bar{t}} = -3\ddot{\bar{R}}/\bar{R} \quad (18c)$$

и запишем систему уравнений, решением которой и будет закон эволюции для масштабных факторов подпространств $R = R(t)$ и $\bar{R} = \bar{R}(\bar{t})$

$$3\ddot{R}/R = (G/c^4)(E^2 + H^2) \quad (19a)$$

$$-3\ddot{\bar{R}}/\bar{R} = (G/c^4)(\bar{E}^2 + \bar{H}^2) \quad (19b)$$

$$2kR^{-2} + 2\dot{R}^2R^{-2} + \ddot{R}/R = -(G/c^4)(E^2 + H^2) \quad (19c)$$

$$2\bar{k}\bar{R}^{-2} + 2\dot{\bar{R}}^2\bar{R}^{-2} + \ddot{\bar{R}}/\bar{R} = -(G/c^4)(\bar{E}^2 + \bar{H}^2). \quad (19d)$$

Из этих уравнений можно получить

$$2kR^{-2} + 2\dot{R}^2R^{-2} + 4\ddot{R}/R = 0 \quad -2R\ddot{R} = k + \dot{R}^2 \quad (20a)$$

и

$$2\bar{k}/\bar{R} + 2\dot{\bar{R}}/\bar{R} - 2\ddot{\bar{R}}/\bar{R} = 0 \quad \bar{R}\ddot{\bar{R}} = \bar{k} + \dot{\bar{R}}^2. \quad (20b)$$

Обратимся вначале к «открытой» модели, которая соответствует канонической БД по классификации работ 24, 25, при $\kappa = -1$, тогда

$$\dot{R}^2 + 2R\ddot{R} - 1 = 0 \quad (21a)$$

и

$$\dot{\bar{R}}^2 - \bar{R}\ddot{\bar{R}} - 1 = 0. \quad (21b)$$

Решением первого уравнения будет следующая неявная функция при начальных условиях: $R = 0 \quad t = 0 \quad (C = \text{const})$

$$t = [R(R + C)]^{1/2} - \frac{1}{2} C \ln [((R + C)^{1/2} + R^{1/2})/((R + C)^{1/2} - R^{1/2})] \quad (22)$$

а решение второго-

$$\bar{R} = C_1 \text{sh}(C_2 \bar{t}), \quad (23)$$

где C_1, C_2 — const.

Теперь с использованием уравнений (20) и, используя связь электромагнитного поля в подпространствах (15), можно получить

$$(R + C)R^{-2} = C_1 C_2^2. \quad (24)$$

Это соотношение устанавливает связь законов расширения БД в действительном и мнимом подпространствах через константы C_1, C_2 , которые определяются начальными и граничными условиями, причем эта связь носит универсальный характер, поскольку обусловлена связью электромагнитного поля, а не тем или иным состоянием гравитирующего вещества (см. ниже).

В случае «закрытой» модели, $\bar{k} = 1$, соответствующей, видимо, многомерной СД (серой дыре), мы получим следующие уравнения

$$\dot{R}^2 + 2R\ddot{R} + 1 = 0 \quad (25a)$$

$$\dot{\bar{R}}^2 - \bar{R}\ddot{\bar{R}} + 1 = 0. \quad (25b)$$

Решение первого, являющегося одним из фридмановских уравнений в стандартной космологии, записывается в параметрическом виде в зависимости от параметра $\tau: 0 < \tau < \pi/2$

$$R = C_1 (1 - \cos \tau); \quad t = C_1 (\tau - \sin \tau) + C_2. \quad (26)$$

Можно положить $C_2 = 0$, и для второй производной от масштабного фактора получим

$$\ddot{R}/R = -\frac{1}{2} (\operatorname{ctg}^2 (\tau/2) + 1). \quad (27)$$

Общее решение уравнения (25b)

$$\bar{R} = \bar{C}_1^{-1} \operatorname{ch} (\bar{C}_1 t + \bar{C}_2), \quad (28)$$

и, полагая $\bar{C}_2 = 0$, будем иметь

$$\ddot{\bar{R}}/\bar{R} = (\bar{C}_1^2 \operatorname{cth}^2 \bar{C}_1 \bar{t} + 1). \quad (29)$$

Итак, уравнение для связи подпространств запишется следующим образом

$$2(\bar{C}_1^2 \operatorname{cth}^2 \bar{C}_1 \bar{t} + 1) = \operatorname{ctg}^2 (\tau/2) + 1, \quad (30)$$

где

$$t = C_1 (\tau - \sin \tau).$$

Можно заметить, что в случае закрытой модели получается более сложная связь действительного и мнимого подпространств: в уравнение входят временные координаты в обоих подпространствах. Значит на ранних стадиях эволюции и в последующем зависимости подпространств друг от друга (т. е. параметров, их описывающих) не одинаковая. Например, при $\bar{t} = 0$, $t = 0$ обе части уравнения (30) сингулярны, а при $\tau = \pi/2$ они принимают вполне определенные значения: далее в течение эволюции ($0 < \tau < \pi/2$) обе части имеют одинаковые знаки, и можно получить вполне определенное количественное соотношение между их параметрами.

Для открытого случая из уравнения (25) следует, что при сингулярности действительного подпространства ($R = 0$), соответствующей нулевому расширению, для мнимого имеем $\bar{R} \rightarrow \infty$. Однако, в то же время изменение \bar{t} никак не влияет на действительную часть (это можно интерпретировать как тот факт, что мнимое подпространство «не догоняет» действительное при открытом (до ∞) расширении обоих).

4. Электромагнитное поле с пылевой материей

Для простейшего учета вклада вещества, претерпевающего антиколлапс, в связь подпространств, типа описанной выше, исследуем задачу об эволюции

согласно уравнениям Эйнштейна для пылевидной материи, опять-же с электромагнитным полем. Тогда тензор энергии-импульса $T = T_{em} + T_{mat}$ будет содержать для пылеобразного вещества компоненты $T_{MN} = u_M u_N$, которые в разных рассматриваемых подпространствах будут представляться в одинаковой форме

$$T_{ik} = \varepsilon \text{ и } T_{mn} = \bar{\varepsilon}. \quad (31)$$

Таким образом вместо уравнений (19а, б) получим

$$(3\ddot{R}/R)(c^4/G) = \varepsilon + (1/8\pi)(E^2 + H^2), \quad (32a)$$

$$(3\bar{\ddot{R}}/\bar{R})(c^4/G) = \bar{\varepsilon} + (1/8\pi)(\bar{E}^2 + \bar{H}^2) \quad (32b)$$

которые в комбинации с (19с, d) дадут

$$2kR^{-2} + 2\dot{R}^2 R^{-2} + 4\ddot{R}/R = 8\pi\varepsilon G/c^4 \quad (33a)$$

$$2\bar{k}\bar{R}^2 + 2\dot{\bar{R}}^2 \bar{R}^{-2} - 2\bar{\ddot{R}}/\bar{R} = 8\pi\bar{\varepsilon} G/c^4. \quad (33b)$$

Переходя опять к открытому типу расширения, $k = -1$, получим два основных уравнения, из которых получаются законы для эволюции подпространств

$$2\ddot{R} + \dot{R}^2/R - R^{-1} - BR = 0 \quad (34a)$$

$$\bar{R} - \bar{R}^2/\bar{R} + \bar{R}^{-1} + \bar{B}\bar{R} = 0 \quad (34b)$$

где

$$B = 4\pi\varepsilon G/c^4, \quad \bar{B} = 4\pi\bar{\varepsilon} G/c^4. \quad (35)$$

Их решениями будут

$$t = \int [(B/3)^{1/2} R \operatorname{th}(C_1 R + C_2) + (8/9)]^{-1} dR \quad (36a)$$

$$\bar{R}^2 = \bar{B}^{-1} (\exp(-2\bar{B}t) - 1) \quad (36b)$$

(т. е. $R(t)$ задается в неявном виде) и

$$C_1 = \text{const}; \quad C_2 = \text{const}.$$

А для вторых производных, необходимых для определения связи подпространств, получим

$$\bar{R} = \dot{R}(B/3)^{1/2} [C_1 R + \operatorname{sh}(C_1 R + C_2) \operatorname{ch}(C_1 R + C_2)] \operatorname{ch}^{-2}(C_1 R + C_2) \quad (37a)$$

$$\ddot{\bar{R}} = \bar{B}^{1/2} \beta^{1/2} [\beta^{-2} \bar{B} \exp(-4\bar{B}\bar{t}) - \beta^{-1} - 1], \quad (37b)$$

$$\beta = \exp(-2\bar{B}\bar{t}) - 1.$$

Ввиду громоздкости этих выражений проанализируем приближенные формулы, когда $\exp(-2Bt) \gg 1$, т. е. при больших значениях масштабных факторов. Получим

$$\bar{B}^{-(3/2)} \exp(-3\bar{B}\bar{t}) = (\dot{\bar{R}} B^{1/2} / 3^{1/2}) \operatorname{th}(C_1 \bar{R} + C_2) \quad (38)$$

причем постоянные интегрирования C_1 и C_2 определяются, очевидно, начальными условиями, и пока мы их сохраним, так как $R(t)$ задана неявным образом.

Для анализа значения полученных результатов было бы удобным иметь явную зависимость $R(t)$. При $t \rightarrow \infty$ после нахождения интеграла в (36a) можно получить

$$R \approx \exp[C(B/3)^{1/2} t], \quad C = \text{const} \quad (39)$$

и

$$R = (C^2 B/3) \exp(C(B/3)^{1/2} t), \quad (40)$$

а вместо (38)

$$\bar{B}^{-(3/2)} \exp(-3\bar{B}\bar{t}) = \frac{1}{3} C^2 B \exp(C(B/3)^{1/2} t). \quad (41)$$

Последнее равенство может быть справедливо только если согласованы показатели экспонент, тогда, учитывая приближенный характер этих выражений, имеем

$$9\bar{B}^2 \approx BC^2/3, \quad (42)$$

что и устанавливает связь действительного и мнимого подпространств для такой модели антиколлапса.

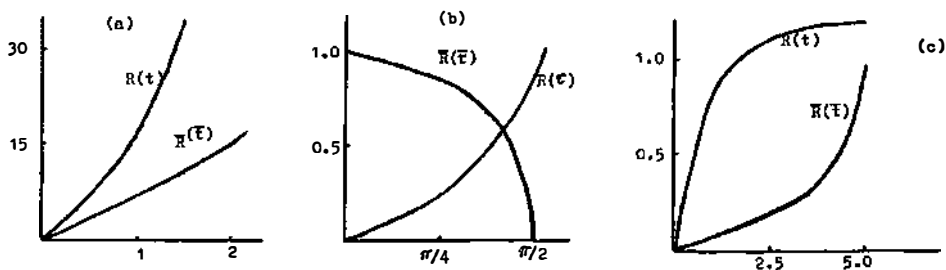


Рис. 2. Законы изменения масштабных факторов действительного и мнимого подпространств с электромагнитным полем: (а) без вещества; (б) с пылевидной материей.

Таким образом, возможность связи физических законов в рассматриваемой модели в действительном и мнимом подпространствах глобального ПВМ накладывает определенные ограничения на параметры объектов, «осуществляющих» эту связь (БД, СД). Следует заметить, что в общем случае она может сказаться довольно сложной, поскольку следует учитывать различные уравнения состояния материи и влияние разнообразных физических полей на геометрию подпространств. Полученные выше простые соотношения типа (38) и (42) следует считать только лишь как свидетельство возможности установления зависимости характера эволюции антиколлпаса в одном подпространстве от такового в другом подпространстве. Из самой постановки задачи в настоящей работе можно видеть, что в плоском пространстве-времени (например, $M^4 \times iM^4$, где M^4 — пространство Минковского) какая либо связь между действительным и мнимым подпространствами должна отсутствовать, т. е. сублюминальный и суперлюминальный миры разделены и независимы без включения дополнительных взаимодействий, главным образом, гравитации.

5. Возможные наблюдательные следствия

В качестве одной из простейших моделей для возможных наблюдательных проявлений обсуждаемой многомерной структуры ПВМ рассмотрим электромагнитное излучение заряженной частицы (с зарядом q), находящейся на поверхности антиколлпаса, движение которой описывается найденными в предыдущих разделах законами расширения. Тогда мы можем использовать известную формулу для оценки интенсивности электромагнитного излучения и его спектра для частицы, которая движется, по некоторой траектории, задаваемой формулой $R(t)$. В нашем случае высокосимметричного расширения мы полагаем одномерное радиальное движение для данной частицы²⁵):

$$dE/d\nu = (4q^2/3c^3) \left| \int_{-\infty}^{+\infty} \ddot{R}(t) \exp(i\omega t) dt \right|^2. \quad (43)$$

Так как для различных подпространств было получено экспоненциальное либо асимптотически приближающееся к нему расширение согласно (22, 23, 28, 36), то в качестве $R(t)$ разумно использовать функцию типа $b \exp(ht)$ где $b, h = \text{const}$, и параметры b и h в ней как раз и будут различными для антиколлпасов в действительном и мнимом подпространствах. Спектры для излучений обоих типов, значит, будут сходными, но соотношения (38) и (42) наложат определенные ограничения на связь двух спектров:

$$dE/d\nu = (4q^2/3c^3) h^4 (1+b)^2 (\omega^2 + h^2)^{-1}, \quad \omega = 2\pi\nu. \quad (44)$$

В модели с пылевидной материей и электромагнитным полем:

$$(dE/d\nu)_{Re} = (16C^4 B^2 q^2 / c^3 9) (C^2 B + \omega^2)^{-1} \quad (45)$$

$$(dE/d\nu)_{Im} = (64q^2 \bar{B}^2 (\bar{B} + 1)^2 / 3c^3) (\omega^2 + 4\bar{B}^2)^{-1}. \quad (46)$$

При сходстве общего вида этих спектров подстановка параметров моделей (B , \bar{B} и C) будет давать смещение их один относительно другого. Конечно же следует иметь в виду, что приближенный характер расчетов вряд ли дает достаточно оснований для непосредственного сопоставления этих результатов с экспериментом, но уже можно проводить анализ регистрируемого (в особенности, высокоэнергетического) электромагнитного излучения с учетом возможной связи сигналов и их спектральных характеристик, обусло-

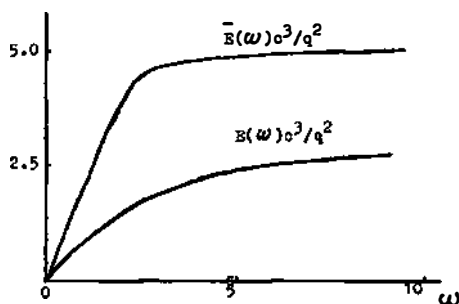


Рис. 3. Спектры излучения заряженной частицы на поверхности антиколлпаса
 $B = 1$, $C = 1$, $9\bar{B}^2 \approx BC^{2/3}$.

вленной излучением из действительного и мнимого подпространств. Как известно^{26,27}, кандидатами на отнесение к антиколлпсам прежде всего являются гамма-всплески, кратковременные источники рентгеновского излучения и др. В свете рассмотренных выше представлений можно предложить поиск корреляций между различными линиями в гамма-всплесках, которые могут соответствовать связи подпространств. При этом следует использовать и более реалистичные уравнения состояния для вещества антиколлпсирующих объектов и более точный расчет излучения электромагнитных волн, которые при этом могут испускаться. Поскольку даже в 4-х измерениях и в плоском пространстве задачи расчета электромагнитного излучения достаточно сложны, то обобщение таких задач в многомерной теории, в том числе и типа рассмотренной здесь, будет еще более осложнять расчетную задачу. Поэтому следует прежде всего обращать внимание на установление фундаментальных следствий возможного проявления дополнительных измерений. Их отличительными особенностями является либо действие на малых масштабах и в космологическом контексте в случае схем типа Калуцы-Клейна, либо их времениподобный (суперлюминальный) характер и связь таких дополнительных размерностей с эффектами горизонтов событий для теорий типа рассмотренной выше. В таком случае можно ожидать и других нетривиальных следствий, поскольку возможности возникновения «эффектов горизонтов» довольно широки в связи с формированием сильных гравитационных полей ЧД (существование последних предполагается в самых различных объектах: двойных системах, квазарах, ядрах галактик, звездах, планетах и др.)²⁵⁻²⁸.

В заключение автор выражает благодарность Трофименко А. П. и другим членам Астрономической секции Минского отделения Всесоюзного ас-

трономо-геодезического общества за конструктивное обсуждение некоторых вопросов настоящей работы.

References

- 1) D. Bailin and A. Love, *Rep. Progr. Phys.* **50** (1987) 1087;
- 2) R. Coquereaux, *Acta Phys. Polon.* **B15** (1984) 821;
- 3) V. M. Emel'yanov et al., *Phys. Rep.* **143** (1986) 1;
- 4) E. Schmutzer, *Class. Quantum Grav.* **5** (1988) 353;
- 5) E. Schmutzer, *Found. Phys.* **15** (1985) 553;
- 6) I. Y. Aref'eva, B. G. Dragovic and I. V. Volovich, *Fizika (Yugoslavia), Suppl.*, 1987, 150;
- 7) C. Wolf, *Canad. J. Phys.* **66** (1988) 292;
- 8) A. D. Sakharov, *JETP* **87** (1984) 375;
- 9) W. E. Hagston and I. D. Cox, *Found. Phys.* **15** (1985) 773;
- 10) R. Goldoni, *Acta Phys. Austr.* **41** (1975) 75, 133; *Lett. Nuovo Cim.* **21** (1978) 333;
- 11) V. De Sabbata, M. Pavšić and E. Recami, *Lett. Nuovo Cim.* **19** (1977) 349;
- 12) H. C. Chandola et al., *Indian J. Pure & Appl. Phys.* **24** (1986) 51;
- 13) V. S. Gurin, *Pramana* **24** (1985) 817; *Acta Phys. Polon.* **B17** (1986) 3;
- 14) M. Pavšić, *Lett. Nuovo Cim.* **30** (1981) 111; *Class. Quantum Grav.* **2** (1985) 869;
- 15) A. P. Trofimenko and V. S. Gurin, *Indian J. Pure and Appl. Phys.* **24** (1986) 421; *Pramana* **28** (1987) 379;
- 16) V. S. Gurin and A. P. Trofimenko, *Fizika (Yugoslavia)* **17** (1985) 101; *Acta Phys. Hung.* **59** (1986) 371; *Rev. Roum. Phys.* **33** (1988) 1171;
- 17) D. G. Boulware, *Phys. Rev.* **D8** (1973) 2363;
- 18) B. Balbinot, *Lett. Nuovo Cim.* **43** (1985) 76; *Phys. Lett.* **B227** (1989) 30;
- 19) *Exact Solutions of the Einstein Field Equations*. Deutscher Verlag der Wiss., Berlin, 1980 (Ed. E. Schmutzer);
- 20) S. W. Hawking and G. F. R. Ellis, *The Large Scale Structure of Space-Time*. Cambridge Univ. Press, 1973;
- 21) S. Chandrasekhar, *The Mathematical Theory of Black Holes*. Cambridge Univ. Press, 1983;
- 22) R. Mignani and E. Recami, *Lett. Nuovo Cim.* **9** (1974) 367;
- 23) E. Recami, *Riv. Nuovo Cim.* **9** (1986) 1;
- 24) L. D. Landau and E. M. Lifshits, *Theoria polia*. Moscow, Nauka, 1973;
- 25) M. Rees, R. Ruffini and J. A. Wheeler, *Black Holes, Gravitational Waves and Cosmology: An Introduction to Current Research*. Gordon and Breach Sci. Publ., N. Y., 1974;
- 26) R. D. Blandford and K. S. Thorne, In: *General Relativity: An Einstein Centenary Survey*. (Ed. S. W. Hawking and W. Israel). Cambridge Univ. Press, 1979;
- 27) A. P. Trofimenko and V. S. Gurin, *Astrophys. Space Sci.* **152** (1989) 105;
- 28) A. P. Trofimenko, *Astrophys. Space Sci.* **159** (1989) 301.

EVOLUCIJA ANTIKOLABIRAJUĆIH OBJEKATA (BIJELIH RUPA) U KOMPLEKSNOM PROSTORU-VREMENU S ELEKTROMAGNETSKIM POLJEM

VALERIJ S. GURIN

Astronomska sekcija Minskog odjela Astronomsko-Geodetskog društva SSSR-a, p. p. 7, Minsk-12, SSSR

UDK 538.3

Originalni znanstveni rad

Razmatrana je osam-dimenzionalna Einstein-Maxwellova teorija s realnim i imaginarnim podprostorima te u njima evolucija sferično simetričnog prostora s elektromagnetskim poljem i razvoj antikolabirajućih objekata iz prašini slične materije. Nađena je veza zakona evolucije za antikolabirajuće objekte (bijele i sive rupe) u različitim podprostorima. Ukazano je na mogućnost da je to moguća manifestacija dodatnih dimenzija.