

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](http://www.springer.com/11182); [www.springerlink.com/content/1573-9228](http://www.springerlink.com/content/1573-9228)

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-11546 от 4 января 2002 г.

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

---

Сдано в набор 16.03.2012 г. Подписано к печати 30.04.2012 г.  
Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бум. книжно-журнальная. Гарнитура Таймс. Печать офсетная.  
Усл. п. л. 13,48. Усл. кр.-отг. 13,83. Уч.-изд. л. 15,1.  
Тираж 209 экз. Заказ № 25.

---

Адрес редакции (издательства): 634050, г. Томск, пл. Ново-Соборная, 1,  
Сибирский физико-технический институт,  
редакция журнала «Известия высших учебных заведений. Физика», тел. 53-33-35

---

Отпечатано в типографии ЗАО «М-Принт», г. Томск, ул. Пролетарская, 38/1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Известия высших учебных заведений

**ФИЗИКА**

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 1958 г.

Том 55

Апрель

СОДЕРЖАНИЕ

**Физика конденсированного состояния**

- Суржиков А.П., Фрагнулян Т.С., Гынгазов С.А. Исследование методом дилатометрии влияния давления прессования на кинетику уплотнения ультрадисперсных порошков диоксида циркония при термическом обжиге .....3
- Кулагина В.В., Потекаев А.И., Клопотов А.А., Старостенков М.Д. Влияние плотности планарных дефектов структуры на структурно-фазовые превращения в слабоустойчивом состоянии тетрагональных сплавов .....11

**Оптика и спектроскопия**

- Войцеховская О.К., Егоров О.В. Расчет интенсивностей колебательных переходов сульфида водорода для дистанционного зондирования высокотемпературных сред .....19
- Титова Т.Ю., Морозова Ю.П., Жаркова О.М., Артюхов В.Я., Королёв Б.В. Квантово-химическое исследование спектроскопических свойств флуоресцентного зонда .....25
- Валиев Р.Р., Черепанов В.Н., Кузнецова Р.Т., Ермолина Е.Г. Электронный спектр поглощения моноаминно замещенного тетрафенилпорфирина с комплексоном в виде диэтилентриаминпентауксусной кислоты в качестве заместителя .....33
- Буриков С.А., Доленко Т.А., Курчатov И.С., Пацаева С.В., Старокуров Ю.В. Компьютерный анализ колебательных спектров водно-этанольных растворов .....38
- Медведев А.Э. Перенос плазмы в условиях протекающего тока .....44

**Физика магнитных явлений**

- Найден Е.П., Родионов В.А. Анализ основного состояния наноразмерной ферромагнитной частицы .....48
- Митлина Л.А., Молчанов В.В., Бадртдинов Г.С., Никифорова И.В., Косарева Е.А. Закономерности формирования эпитаксиального слоя феррошпинелей .....53

**Физика элементарных частиц и теория поля**

- Ласуков В.В. Гравитационно-кулоновское взаимодействие в небесной механике .....61
- Киселев А.С., Кречет В.Г. Статические распределения вещества в пятимерном пространстве Римана – Вейля .....68

**Физика полупроводников и диэлектриков**

- Козловский В.Х. К теории диэлектрических свойств сегнетовой соли .....75
- Белоненко М.Б., Федоров Э.Г. Самофокусировка супергауссовых лазерных пучков в массиве углеродных нанотрубок .....83
- Кистенева М.Г., Акрестина А.С., Шандаров С.М., Мандель А.Е., Гребенчуков А.Н., Поздеева Э.В., Каргин Ю.Ф. Спектральные зависимости оптического поглощения в кристалле германата висмута, подвергнутом отжигу в вакууме .....90

**Квантовая электроника**

- Бочковский Д.А., Васильева А.В., Долгий С.И., Матвиенко Г.Г., Полуниин Ю.П., Романовский О.А., Солдатов А.Н., Харченко О.В., Юдин Н.А., Яковлев С.В. Многоволновой лазер на самоограниченных переходах стронция в задачах дистанционного газоанализа атмосферы .....95

**Физика плазмы**

- Матвеев А.И. Нелинейное взаимодействие пучка конечной плотности с продольной волной .....103

**Краткие сообщения**

- Смирнов А.И. Усиление действия темной энергии со временем .....110
- Бобровских Е.И., Панов В.Ф. Нестационарные космологические модели с вращением типа II по Бьянки .....112
- Хонгорова О.В., Михалыев Б.Б. Резонансное возбуждение радиальных мод неоднородного цилиндрического плазменного волновода .....114

4. Чернин А. Д. // УФН. – 2001. – Т. 171. – С. 1153.
5. Смирнов А. И. // Изв. вузов. Физика. – 2010. – Т. 53. – № 5. – С. 10.
6. Зельдович Я. Б., Новиков И. Д. Строние и эволюция Вселенной. – М.: Наука, 1975.
7. Окунь Л. Б. Физика элементарных частиц. – М.: Наука, 1988.
8. Рубаков В. А. // УФН. – 2007. – Т. 177. – С. 407.

Костромской государственный технологический университет, г. Кострома, Россия  
E-mail: smirnovai2008@yandex.ru

Поступило в редакцию 14.09.11,  
после доработки – 14.02.12.

Смирнов Александр Иванович, к.ф.-м.н., ст. преподаватель каф. физики.

УДК 530.12:531.51

Е.И. БОБРОВСКИХ, В.Ф. ПАНОВ

## НЕСТАЦИОНАРНЫЕ КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ С ВРАЩЕНИЕМ ТИПА II ПО БЬЯНКИ

**Ключевые слова:** космологическая модель, уравнения Эйнштейна.

В последнее время усилился интерес к исследованию крупномасштабной анизотропии Вселенной, которая, в частности, может быть связана с космологическим вращением. За несколько десятилетий уже построен целый ряд космологических моделей с вращением, исследованы возможные наблюдательные эффекты в космологии с вращением.

В данной работе в рамках общей теории относительности построены модели Вселенной с метрикой типа II по Бьянки, имеющей следующий вид:

$$ds^2 = dt^2 - 2R(t)\sqrt{be_1}dt - R^2(t)(ae_1^2 + e_2^2 + e_3^2), \quad (1)$$

где  $e_1 = dx - zdy$ ;  $e_2 = dy$ ;  $e_3 = dz$ ;  $a, b - \text{const}$ ,  $a > 0$ ,  $b > 0$ .

В дальнейшем при нахождении решений уравнений Эйнштейна будем обозначать  $R = R(t)$ .

Отметим, что в работах [1, 2] уже были получены космологические модели с вращением с метрикой (1) типа II по Бьянки, но для других, чем у нас, материальных источников.

Итак, будем искать для метрики (1) космологические решения уравнений тяготения Эйнштейна, записанных в тетрадной форме:

$$R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2}\eta_{\alpha\beta}R = \varkappa T_{\alpha\beta}. \quad (2)$$

Здесь используется лоренцева тетрада и выбрано  $\varkappa = 1$ .

При этом предполагаем, что источником гравитационного поля в случае первой модели являются: анизотропная жидкость и чистое излучение, а для второй модели – анизотропная жидкость.

Для первой модели тензор энергии-импульса анизотропной жидкости имеет вид

$$T_{ab}^{(1)} = (\varepsilon + \pi)u_a u_b + (\sigma - \pi)\chi_a \chi_b - \pi\eta_{ab}, \quad (3)$$

где  $\sigma, \pi$  – компоненты анизотропного давления;  $\varepsilon$  – плотность энергии анизотропной жидкости;  $u_\alpha = (1, 0, 0, 0)$  – вектор 4-скорости анизотропной жидкости;  $\chi_\alpha = (0, 1, 0, 0)$  – вектор анизотропии.

Тензор энергии-импульса чистого излучения

$$T_{ab}^{(2)} = wk_a k_b, \quad w > 0. \quad (4)$$

Здесь  $k_a = (k_0, k_1, 0, 0)$ , где  $k_0 = k_1$ .

Система уравнений Эйнштейна (2) для метрики (1), когда  $T_{ab} = T_{ab}^{(1)} + T_{ab}^{(2)}$ , дает

$$\begin{aligned} \frac{\sqrt{b}(a+b+4R'^2-4RR'')}{2R\sqrt{(a+b)R^2}} &= wk_0^2, \\ \frac{-a^2+ab+b^2+4(3a+2b)R'^2-8bRR''}{4(a+b)R^2} &= \varepsilon + wk_0^2, \\ \frac{-4(a-2b)R'^2+(a+b)(3a+2b-8bRR'')}{4(a+b)R^2} &= \sigma + wk_0^2, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\frac{a(a+b+4R'^2+8RR'')}{4(a+b)R^2} = \pi.$$

Из уравнений (5) получим

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{-a^2 + ab + 2b^2 + 4(3a+2b)R'^2 - 8bRR'' - 4(a+b)wk_0R^2}{4(a+b)R^2}, \\ \sigma &= \frac{-4(a-2b)R'^2 + (a+b)(3a+2b-8bRR'') - 4(a+b)wk_0R^2}{4(a+b)R^2}, \\ \pi &= -\frac{a(a+b+4R'^2+8RR'')}{4(a+b)R^2}.\end{aligned}\quad (6)$$

Тогда, полагая, что  $R = R_0 e^{Ht}$ , ( $R_0, H$  – const), из (5) и (6) будем иметь

$$\begin{aligned}wk_0^2 &= \frac{\sqrt{b(a+b)}}{2R_0^2 e^{2Ht}}, \\ \varepsilon &= \frac{(a+b)(2b-a-2\sqrt{b(a+b)}+12aH^2R_0^2e^{2Ht})}{4(a+b)e^{2Ht}R_0^2}, \\ \sigma &= \frac{3a+2b(b-\sqrt{b(a+b)})+a(5b-2(\sqrt{b(a+b)}+6H^2R_0^2e^{2Ht}))}{4(a+b)e^{2Ht}R_0^2}, \\ \pi &= -\frac{a(a+b+12H^2R_0^2e^{2Ht})}{4(a+b)e^{2Ht}R_0^2}.\end{aligned}\quad (7)$$

При подходящих константах  $a$  и  $b$  можно получить  $\varepsilon > 0$ .

Для второй космологической модели тензор энергии-импульса анизотропной жидкости имеет вид

$$T_{ab}^{(1)} = (\varepsilon + \pi)u_a u_b + (\sigma - \pi)\chi_a \chi_b - \pi \eta_{ab}, \quad (8)$$

где  $\sigma, \pi$  – компоненты анизотропного давления;  $\varepsilon$  – плотность энергии анизотропной жидкости;  $u_\alpha = (1, 0, 0, 0)$  – вектор 4-скорости анизотропной жидкости;  $\chi_\alpha = (0, 1, 0, 0)$  – вектор анизотропии.

Система уравнений Эйнштейна (2) для метрики (1) и с тензором энергии-импульса (8) дает

$$\begin{aligned}\frac{-4(a-2b)R'^2 + (a+b)(3a+2b-8bRR'')}{4(a+b)R^2} &= \sigma, \\ \frac{-a^2 + ab + b^2 + 4(3a+2b)R'^2 - 8bRR''}{4(a+b)R^2} &= \varepsilon, \\ -\frac{a(a+b+4R'^2+8RR'')}{4(a+b)R^2} &= \pi, \\ \frac{\sqrt{b(a+b+4R'^2-4RR'')}}{2R\sqrt{(a+b)R^2}} &= 0.\end{aligned}\quad (9)$$

Из (9) имеем

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{-a^2 + ab + 2b^2 + 4(3a+2b)R'^2 - 8bRR''}{4(a+b)R^2}, \\ \sigma &= \frac{-4(a-2b)R'^2 + (a+b)(3a+2b-8bRR'')}{4(a+b)R^2}, \\ \pi &= -\frac{a(a+b+4R'^2+8RR'')}{4(a+b)R^2},\end{aligned}\quad (10)$$

$$R = \frac{R_1 e^{2kt} + a + b}{2kR_1 e^{kt}}, \quad (11)$$

где  $R_1, k$  – const.

При подходящих константах  $a$  и  $b$  можно получить  $\varepsilon > 0$ .

Кинематические параметры для двух полученных космологических моделей имеют следующий вид:

- расширение  $\theta = 3 \frac{R'}{R}$ ;

- вращение  $\omega = \frac{\sqrt{b}}{2R}$ ;

- ускорение  $a = \frac{\sqrt{b}R'}{\sqrt{a+bR}}$ .

Сдвиг для обеих моделей отсутствует.

Обе космологические модели можно использовать для описания второй инфляционной стадии развития Вселенной с вращением.

Будем считать, что в современную эпоху для первой модели  $a \ll e^{Ht}$ ,  $b \ll e^{Ht}$ , а для второй модели  $a \ll e^{kt}$ ,  $a \ll e^{kt}$ . Тогда при большом значении  $t$  с высокой степенью точности для первой модели имеем

$$\sigma \approx \frac{-1}{a+b} \varepsilon, \quad \pi \approx \frac{-1}{a+b} \varepsilon, \quad (a+b) > 0. \quad (12)$$

Если  $\frac{1}{3} < \frac{1}{a+b} < 1$ , то в нашей первой космологической модели будет присутствовать квинтэссенция, а при  $\frac{1}{a+b} > 1$  в модели имеется фантомная энергия.

Для второй модели при больших значениях  $t$  с высокой степенью точности имеем

$$\sigma \approx -\frac{a+2ab+2b(b-1)}{3a} \varepsilon, \quad \pi \approx -\varepsilon. \quad (13)$$

Поэтому для второй модели, заполненной только анизотропной жидкостью, для одной компоненты давления мы имеем уравнение состояния либо квинтэссенции (если  $\frac{1}{3} < \frac{a+2ab+2b(b-1)}{3a} < 1$ ), либо фантомной энергии (когда  $\frac{a+2ab+2b(b-1)}{3a} > 1$ ), а для другой компоненты давления будет уравнение состояния космического вакуума.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Короткий В. А., Обухов Ю. Н. // Изв. вузов. Физика. – 1994. – Т. 37. – № 10. – С. 54–63.
2. Кувшинова Е. В. // Изв. вузов. Физика. – 2004. – Т. 47. – № 5. – С. 3–6.

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
г. Пермь, Россия  
E-mail: Panov@psu.ru

Поступило в редакцию 27.01.12.

Бобровских Екатерина Викторовна, студентка-магистрантка;  
Панов Вячеслав Федорович, д.ф.-м.н., профессор каф. высшей математики.

УДК 523.947

О.В. ХОНГОРОВА, Б.Б. МИХАЛЯЕВ

### РЕЗОНАНСНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ РАДИАЛЬНЫХ МОД НЕОДНОРОДНОГО ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ПЛАЗМЕННОГО ВОЛНОВОДА

**Ключевые слова:** магнитная гидродинамика, магнитогидродинамические волны, взаимодействие волн.

Принято считать, что источником энергии солнечных вспышек служат корональные электрические токи, причем непосредственной причиной возникновения простой петлевой вспышки является запираение тока в вершине корональной петли [1]. Мы исходим из предположения, что запираение тока происходит в результате развития перетяжки в корональной петле, несущей электрический ток. Механизмом возбуждения перетяжки может быть резонансное взаимодействие торсионных волн [2]. В данной работе изучается модель корональной петли с продольным электрическим током, которая допускает длинноволновые аксиально-симметричные моды.