

ISSN 2224-5227

2015 • 5

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ  
**БАЯНДАМАЛАРЫ**

**ДОКЛАДЫ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**REPORTS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.  
PUBLISHED SINCE 1944



Б а с р е д а к т о р  
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.** (бас редактордың орынбасары), эк.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әділов Ж.М.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Арзықұлов Ж.А.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаев У.К.**, а.-ш.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Есполов Т.И.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұтанов Г.М.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**, пед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пралиев С.Ж.**, геогр.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Северский И.В.**; тарих.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Сыдықов Е.Б.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбүсейітова М.Х.**, экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА корр. мүшесі **Бейсембетов И.К.**, биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Кәрібаев Б.Б.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**, геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірсеріков М.Ш.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Садыбеков М.А.**, хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; ҚР ҰҒА құрметті мүшесі, а.-ш.ғ. докторы, проф. **Омбаев А.М.**

Р е д а к ц и я к ең е с і:

Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина), Украинаның ҰҒА академигі **Неклюдов И.М.** (Украина), Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Гордиенко А.И.** (Беларусь), Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Дука Г.** (Молдова), Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Илолов М.И.** (Тәжікстан), Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Эркебаев А.Ә.** (Қырғызстан), Ресей ҒА корр.мүшесі **Величкин В.И.** (Ресей Федерациясы); хим.ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша), тех.ғ. докторы, профессор **Потапов В.А.** (Украина), биол.ғ. докторы, профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КХР), филос. ғ. докторы, профессор **Стефано Перни** (Ұлыбритания), ғ. докторы, профессор **Богуслава Леска** (Польша), философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы)

Главный редактор  
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов** (заместитель главного редактора), доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **Ж.М. Адилов**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Ж.А. Арзыкулов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **В.К. Бишимбаев**, доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Т.И. Есполов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Г.М. Мутанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**, доктор пед. наук, проф., академик НАН РК **С.Ж. Пралиев**, доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **И.В. Северский**, доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **Е.Б. Сыдыков**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Х. Абусеитова**, доктор экон. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И.К. Бейсембетов**, доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Б. Карибаев**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**, доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Ш. Омирсериков**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.А. Садыбеков**, доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; почетный член НАН РК, доктор сельскохозяйств. наук, проф., **А.М. Омбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **Гончарук В.В.** (Украина), академик НАН Украины **И.М. Неклюдов** (Украина), академик НАН Республики Беларусь **А.И. Гордиенко** (Беларусь), академик НАН Республики Молдова **Г. Дука** (Молдова), академик НАН Республики Таджикистан **М.И. Илолов** (Таджикистан), член-корреспондент РАН **Величкин В.И.** (Россия); академик НАН Кыргызской Республики **А.Э. Эркебаев** (Кыргызстан), д.х.н., профессор **Марек Сикорски** (Польша), д.т.н., профессор **В.А. Потапов** (Украина), д.б.н., профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КНР), доктор философии, профессор **Стефано Перни** (Великобритания), доктор наук, профессор **Богуслава Леска** (Польша), доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания), профессор **Вуйчик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **В.Н. Нараев** (Россия)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год. Тираж: 3000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz>, [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015 г.

Editor-in-chief

**M.Zh. Zhurinov**, academician of NAS RK

Editorial board:

**S.M. Adekenov** (deputy editor in chief), Doctor of Chemistry, prof., academician of NAS RK; **Zh.M. Adilov**, Doctor of Economics, prof., academician of NAS RK; **Zh.A. Arzykulov**, Doctor of Medicine, prof., academician of NAS RK; **V.K. Bishimbayev**, Doctor of Engineering, prof., academician of NAS RK; **T.I. Yespolov**, Doctor of Agriculture, prof., academician of NAS RK; **G.M. Mutanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.Zh. Praliyev**, Doctor of Education, prof., academician of NAS RK; **I.V. Seversky**, Doctor of Geography, prof., academician of NAS RK; **Ye.B. Sydykov**, Doctor of Historical Sciences, prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.Kh. Abuseitova**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **I.K. Beisembetov**, Doctor of Economics, prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, Doctor of Biological Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **B.B. Karibayev**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, Doctor of Medicine, prof., corr. member of NAS RK; **M.Sh. Omirserikov**, Doctor of Geology and Mineralogy, prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.A. Sadybekov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, Doctor of Chemistry, prof., corr. member of NAS RK; **A.M. Ombayev**, Honorary Member of NAS RK, Doctor of Agriculture, prof.

Editorial staff:

**V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **I.M. Neklyudov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.I. Gordienko**, NAS RB academician (Belarus); **G. Duca**, NAS Moldova academician (Moldova); **M.I. Iolov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **A.E. Erkebayev**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **V.I. Velichkin**, RAS corr.member (Russia); **Marek Sikorski**, Doctor of Chemistry, prof. (Poland); **V.A. Potapov**, Doctor of Engineering, prof. (Ukraine); **Harun Parlar**, Doctor of Biological Sciences, prof. (Germany); **Gao Endzhun**, prof. (PRC); **Stefano Perni**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Boguslava Leska**, dr, prof. (Poland); **Pauline Prokopovich**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Wójcik Waldemar**, prof. (Poland), **Nur Izura Udzir**, prof. (Malaysia), **V.N. Narayev**, Doctor of Chemistry, prof. (Russia)

Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

ISSN 2224-5227

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz> / [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 5, Number 303 (2015), 12–18

**Influence of oscillating dark matter on the dynamics  
of baryonic substrate**

<sup>1</sup>Chechin L.M., <sup>2</sup>Ibraimova A.T.

<sup>1</sup>[chechin-lm@mail.ru](mailto:chechin-lm@mail.ru), <sup>2</sup>[bentos@mail.ru](mailto:bentos@mail.ru)  
Fessenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan.

**Key words:** dark matter, gravitational instability, theory of small perturbations, galaxies formation.

**Abstract.** One of the actual problems of modern cosmology is the search physical properties of dark matter. These properties can be understood in the framework of studying the influence of dark matter on the dynamic processes that take place the large-scale cosmic objects. The process of dark matter influence on the galaxies and their systems evolution are considered also.

The development of galaxy formation problem from the ordinary (baryonic) matter was done by Jeans at first. But from the modern point of view about representations of the substantial components of the Universe it is necessary to generalize the Jeans equations to the case dark matter background.

The evolution of the baryonic matter's density perturbations in the Universe on the background of oscillating dark matter is given in article. The cases of coherence fluctuations, the correlation between contributions to the kinetic energy of baryonic matter oscillations and to the potential energies of baryonic and dark matter in the generalized frequency have been examined. The mutual influence of the baryonic oscillations with oscillating dark matter is discussed also. We generalize Jeans equation system in case of presence of external background dark matter.

Searching of baryonic matter's density perturbations evolution on the background of oscillating dark matter shown, that:

- contribution of dark matter to the oscillating frequency of the baryonic substrate radically depends on the difference between wave vectors of dark and baryonic matter oscillations;
- the coherent oscillation of baryonic matter and dark matter leads the a new critical wavelength  $\lambda_l = 2\pi n / (K - k)$  to appearance;
- damping of baryonic substrate oscillations by oscillating dark matter leads to a stable formation of baryonic matter at the more larger distances from each other;
- the opposite case when baryonic substrate oscillations suppress dark matter oscillations and therefore do not play a significant role in structure formation of the galactic type is possible.

УДК 524

**Влияние осциллирующей темной материи  
на динамику барионного субстрата**

<sup>1</sup>Чечин Л.М., <sup>2</sup>Ибраимова А.Т.

<sup>1</sup>[chechin-lm@mail.ru](mailto:chechin-lm@mail.ru), <sup>2</sup>[bentos@mail.ru](mailto:bentos@mail.ru)  
Астрофизический институт им. В.Г.Фесенкова, Алматы, Казахстан.

**Ключевые слова:** темная материя, гравитационная неустойчивость, теория малых возмущений, образование галактик.

**Аннотация.** Рассмотрена эволюция возмущений плотности барионной материи во Вселенной на фоне осциллирующей темной материи. Найден вклад темной материи в частоту колебаний барионного субстрата, величина которой существенно зависит от разности волновых векторов колебаний темной и барионной материй. Исследованы случаи когерентности колебаний, а также соотношения в обобщенной частоте вкладов от кинетической энергии колебаний барионной материи и потенциальных энергий барионной и

темной материи. Обсужден вопрос о взаимном влиянии колебаний барионного субстрата и осциллирующей темной материи.

### Введение

Одной из актуальных проблем современной космологии является исследование физических свойств темной материи [1-3]. Эти свойства могут быть поняты и в рамках изучения влияния темной материи на динамические процессы, происходящих в крупномасштабных космических объектах (см., например, [4]). Сюда же относится процесс влияния темной материи на эволюцию галактик и их систем.

Начало развитию проблемы формирования галактик из обычной (барионной) материи было положено Джинсом [5]. Но с точки зрения современных представлений о субстанциональном составе Вселенной [6] возникает необходимость обобщения уравнений Джинса на случай наличия фона темной материи.

Различные аспекты этой проблемы были рассмотрены, например, в работах [7-9]. Так, в работе [7] авторы изучают образование темных гало в стандартной модели Вселенной, предполагая, что частицы в стандартной модели Вселенной имеют конечное сечение при упругих столкновениях. Они обосновали, что каждое столкновение частицы за время Хаббла может существенно повлиять на вид профиля гало. Кроме того, показано, что модель самодействующей темной материи не позволяет получить кривые вращения карликовых галактик. В статье [8] авторы исследовали иерархический рост связанных структур, сформированных на красных смещениях  $z \approx 25-30$  с массами в диапазоне  $\approx 10^5 \div 10^6 M_\odot$ . На основании численных результатов они разработали полуаналитическую модель образования первых звезд, хорошо описывающую темп образования звезд в ранней Вселенной. В статье [9] авторы исследовали образование гало холодной темной материи в присутствии негравитационных столкновений и построили теорию, предсказывающую вид профилей гало.

В отличие от этих и других работ, в нашей статье рассмотрена эволюция возмущений плотности барионной материи на фоне осциллирующей темной материи, что дает возможность более корректного описания процесса формирования галактик. В близкой постановке задача об эволюции плотности барионной материи была рассмотрена в недавней статье [10].

### Обобщение уравнений Джинса на случай присутствия внешнего фона темной материи

Впервые задачу об устойчивости однородного распределения вещества математически поставил и решил в рамках теории малых возмущений Джинс. Он учитывал два фактора: тяготение, стягивающее вещество в отдельные сгустки, и давление, выравнивающее неоднородности.

Напомним уравнения гидродинамики и тяготения в ньютоновском приближении для идеального газа

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{u}) &= 0, \\ \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \operatorname{grad}) \vec{u} + \frac{1}{\rho} \operatorname{grad} P + \operatorname{grad} \phi &= 0, \\ \Delta \phi &= 4\pi G \rho_{\text{BM}}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Здесь  $\rho$  – плотность,  $\vec{u}$  – скорость,  $\phi$  – гравитационный потенциал. Предположим, что невозмущенным состоянием является покоящийся газ ( $\vec{u}_0 = 0$ ), равномерно распределенный в пространстве ( $\rho = \rho_0 = \text{const}$ ). Давление его везде постоянно ( $P = P(\rho_0) = \text{const}$ ). Согласно Джинсу силы тяготения в безграничном равномерно распределенном газе исчезают, т.е.  $\operatorname{grad} \phi = 0$ .

Для получения решения с учетом возмущений, применяется метод разложения произвольного возмущения по определенной системе ортогональных функций и затем ищется развитие во времени отдельных составляющих возмущения. Следуя [5], возмущенное решение ищем в виде плоской волны с волновым вектором  $\vec{k}$  -

$$\left. \begin{aligned} \rho_{BM}(x, t) &= \rho_0 [1 + \delta(t) e^{ikx}], \\ \vec{u}(x, t) &= 0 + \vec{v}(x, t) = \vec{w} e^{ikx}, \\ \phi(x, t) &= \phi_0 + f(t) e^{ikx}, \\ P &= P_0 + \frac{\partial P}{\partial \rho} (\rho - \rho_0) = P_0 + b^2 \rho_0 \delta e^{ikx}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где  $\vec{b}$  - адиабатическая скорость звука. Поэтому из (1) и (2) легко получить стандартную систему уравнений Джинса

$$\left. \begin{aligned} \dot{\delta} + ikw &= 0, \\ \dot{w} + ikf + ikb^2 \delta &= 0, \\ k^2 f &= -4\pi G \rho_0 \delta. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Наша дальнейшая задача заключается в том, чтобы обобщить эту систему на случай присутствия внешнего фона темной материи\*. Темную материю будем описывать потенциалом  $\Phi$ , удовлетворяющим уравнению Пуассона

$$\Delta \Phi = 4\pi G \bar{\rho}_{DM}, \quad (4)$$

в котором  $\bar{\rho}_{DM}$  - плотность темной материи. Заметим, что в литературе в основном встречаются статические сферически-симметричные профили темной материи [12]. Однако для достижения цели, поставленной в работе, необходимо перейти к нестационарному профилю темной материи. Такого типа работы также известны в литературе (например, [13, 14]). Мы же зададим нестационарный плосковолновой её профиль в виде, соответствующим (2), -

$$\bar{\rho}_{DM} = \bar{\rho}_0 \delta(t) e^{iKx}, \quad (5)$$

считая, в согласии с постановкой задачи, что  $\bar{\rho}_0 < \rho_0$ . Здесь  $\vec{K}$  - волновой вектор темной материи.

Кроме того, примем по аналогии с (2), что  $\Phi(x, t) = F(t) e^{iKx}$ . Тогда система уравнений (3) принимает вид

$$\left. \begin{aligned} \dot{\delta} + ik\omega &= 0, \\ \omega + ikb^2 \delta + ikf - iKFe^{i(K-k)x} &= 0, \\ k^2 f &= -4\pi G \rho_0 \delta, \\ K^2 F &= -4\pi G \bar{\rho}_0 \delta. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Она легко преобразуется в дифференциальное уравнение второго порядка

$$\ddot{\delta} + \left[ k^2 b^2 - 4\pi G \rho_0 - \frac{k}{K} 4\pi G \bar{\rho}_0 e^{i(K-k)x} \right] \delta = 0. \quad (7)$$

Выражение, стоящее в квадратных скобках, является постоянной во времени величиной и имеет смысл квадрата частоты колебаний. Введя обозначение

\* Заметим, что ранее обобщение уравнений Джинса для расширяющейся Вселенной, то есть для темной энергии, приведено в цитированной монографии, а для случая вращающейся Вселенной - в [11].

$$\Omega^2 = k^2 b^2 - 4\pi G \rho_0 + 4\pi G \frac{k}{K} \bar{\rho}_0 e^{i(K-k)x}, \quad (8)$$

уравнение (7) приведем к виду

$$\ddot{\delta} + \Omega^2 \delta = 0, \quad (9)$$

которое имеет решение

$$\delta(t) = \delta_0 e^{i\Omega t}. \quad (10)$$

Уравнение (9) описывает гармонические колебания барионной материи с частотой

$$\Omega = \left( k^2 b^2 - 4\pi G \rho_0 + 4\pi G \frac{k}{K} \bar{\rho}_0 e^{i(K-k)x} \right)^{1/2}. \quad (11)$$

Выражение (11), как видно, содержит постоянную часть

$$\Omega_0^2 = k^2 b^2 - 4\pi G \rho_0, \quad (12)$$

и периодическую компоненту

$$\Omega_I^2 = 4\pi G \frac{k}{K} \bar{\rho}_0 \exp i(K-k)x = \tilde{\Omega}^2 \cdot \exp[i(K-k)x], \quad (13)$$

$$\text{где } \tilde{\Omega}^2 = 4\pi G \frac{k}{K} \bar{\rho}_0.$$

Наше дальнейшее исследование будет включать анализ соотношений между двумя этими компонентами.

1. Пусть  $\Omega_0 \gg \Omega_I$ , тогда получаем стандартное выражение для плотности возмущений барионной материи

$$\delta(t) = \delta_0 \exp i \Omega_0 t. \quad (14)$$

Здесь важно заметить, что это решение описывает гармоническое колебание с амплитудой  $\delta_0$  и частотой  $\Omega_0$ . Другими словами, плотность возмущений барионной материи меняется со временем по гармоническому закону и достигает максимального значения  $\delta_0$ . Поэтому с физической точки зрения решение (14) означает возможность появления устойчивого возмущения на расстояниях, пропорциональных (целому числу) длинам волн Джинса. Её величину легко получить из (12), полагая  $\Omega_0 = 0$ , -

$$\lambda_J = \frac{2\pi}{k_J} = \frac{\sqrt{\pi} \cdot b}{\sqrt{G \rho_{BM}}}. \quad (15)$$

2. Пусть  $\Omega_I \gg \Omega_0$ , тогда получаем аналогичное по форме выражение для плотности возмущений барионной материи

$$\delta(t) = \delta_0 \exp i \Omega_I t, \quad (16)$$

в котором частота колебаний, согласно (13), будет зависеть не только от соотношения волновых векторов  $\vec{K}$  и  $\vec{k}$ , но и являться периодической функцией расстояния  $x$ . Из (13) имеем

$$\Omega_I = \tilde{\Omega} \exp i \frac{1}{2} (K-k)x. \quad (17)$$

Выберем действительную часть, тогда

$$\Omega_I = \tilde{\Omega} \cos \frac{1}{2} (K-k)x. \quad (18)$$

Если  $\Omega_I \rightarrow 0$ , то нетрудно видеть, что это условие приводит к следующему соотношению

$$\frac{1}{2}(K-k)x = n\pi, \quad (19)$$

в котором  $n$  - целое число. Отсюда находим новую критическую длину волны, связанную с разницей в величинах волновых векторов в барионной и темной материи

$$\lambda_I = \frac{2\pi n}{(K-k)}. \quad (20)$$

Очевидно, что если  $\vec{K} \rightarrow \vec{k}$ , то критическая длина волны  $\lambda_I$  стремится к бесконечности. Физически это означает отсутствие влияния темной материи на эволюцию плотности возмущения барионного субстрата.

Если  $K \gg k$ , то минимальная критическая длина волны равна  $\lambda_I = 2\pi/K$  и она, как видно, полностью определяется величиной волнового вектора  $\vec{K}$ .

3. Рассмотрим важный случай, когда в (11) имеет место соотношение

$$4\pi G \rho_0 = 4\pi G \frac{k}{K} \bar{\rho}_0 e^{i(K-k)x}, \quad (21)$$

физический смысл которого состоит в том, что суммарная потенциальная энергия барионной материи преобладает над ее кинетической энергией. Отсюда, взяв действительную часть (21), получаем

$$\rho_0 = \frac{k}{K} \bar{\rho}_0 \cos[(K-k)x]. \quad (22)$$

Поскольку периодическая функция ограничена сверху значением единица, то из (22) легко найти соотношение между волновыми векторами  $K$  и  $k$  -

$$\frac{K}{k} = \frac{\bar{\rho}_0}{\rho_0}, \quad (23)$$

и соответствующее им отношение длин волн

$$\frac{\lambda_I}{\lambda_J} = \frac{\rho_0}{\bar{\rho}_0}. \quad (24)$$

Для дальнейших расчетов используем следующие соображения. Известно [5], что с расширением Вселенной плотность барионной материи убывает со временем по закону  $\rho(t) = 1/6\pi G t^2$ . Но так как образование галактик в основном начинается с эпохи рекомбинации водорода  $t_{rec} \cong 10^{13} \text{ сек}$  (см. например, [15]), то соответствующая ей максимальная плотность оказывается равной  $\rho_{0\max} \cong 10^{-20} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ .

В ходе дальнейшего расширения она продолжает убывать и к транзитивному моменту (равенство плотностей барионной материи и вакуума)  $t_{rec} \cong 10^{17} \text{ сек}$  минимальная плотность  $\rho_{0\max} \cong 10^{-28} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ . Так что усредненная плотность барионной материи в период активного образования галактик будет составлять величину  $\rho_{0\max} \cong 10^{-24} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ , которую в дальнейшем будем использовать для численных оценок.

Что касается плотности темной материи, то ее значение выберем согласно оценкам в [15] -  $\bar{\rho}_0 \sim 10^{-29} \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$ . Тогда имеем следующее соотношение между двумя критическими длинами волн -  $\lambda_I/\lambda_J \propto 10^5$ . Оно означает, что устойчивые образования в барионной материи теперь могут находиться на (существенно) больших расстояниях друг от друга, чем ранее.

4. И наконец, пусть собственная потенциальная энергия барионной материи будет пренебрежимо мала в сравнении с ее кинетической энергией и потенциальной энергией темной материи. Тогда

$$k^2 b^2 + 4\pi G \bar{\rho}_0 \frac{k}{K} e^{i(K-k)x} = 0. \quad (25)$$

Отсюда следуют (максимальное) значение волнового вектора

$$K \leq \pm 4\pi G \frac{\bar{\rho}_0}{kb^2}, \quad (26)$$

и соответствующая ему длина волны

$$\Lambda \geq \pm \frac{b^2}{2G\bar{\rho}_0\lambda}. \quad (27)$$

Из (27), следовательно, имеем отношение между соответствующими длинами волн –

$$\frac{\Lambda}{\lambda} \geq \pm \frac{b^2}{2G\bar{\rho}_0\lambda^2}, \quad (28)$$

которое существенно зависит от длины волны в барионной материи.

Для предварительных оценок примем, что в эпоху доминирования материи, согласно [15], скорость звука  $b \cong 6,4 \cdot 10^5 \text{ см/сек}$ , а длина волны примерно равна соответствующей длине Джинса, т.е.  $\lambda \approx \lambda_J \cong 0,75 \cdot 10^{20} \text{ см}$ . Тогда  $\Lambda/\lambda_J \cong 5,0 \cdot 10^{-2}$ . Отсюда следует вывод, что в рассматриваемом случае соотношение между длинами волн становится в пользу длины волны в барионном субстрате и уже его колебания подавляют осцилляции темной материи. Если же длина волны  $\lambda < \lambda_J$  или  $\lambda \ll \lambda_J$ , то возникает противоположная ситуация – темная материя подавляет колебания барионной материи.

### Заключение

Исследование эволюции возмущений плотности барионной материи во Вселенной на фоне осциллирующей темной материи показало, что:

- вклад темной материи в частоту колебаний барионного субстрата существенно зависит от разности волновых векторов колебаний темной и барионной материй;
- случай когерентности колебаний барионной материи и темной материи приводит к возникновению новой критической длины волны  $\lambda_t = 2\pi n/(K-k)$ ;
- подавление колебаний барионного субстрата колебаниями осциллирующей темной материи приводит к возникновению устойчивых образований барионной материи на существенно больших расстояниях друг от друга;
- возможен противоположный случай, когда осцилляции барионного субстрата подавляют колебания темной материи и поэтому не играют существенной роли в формировании структур галактического типа.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Copeland E.J., Sami M., Tsujikawa S. Dynamics of Dark Energy // International Journal of Modern Physics D. – 2006. - №11. – V.15. - P.1753-1935.
- [2] Орлов В.В., Райков А.А. Темная материя: динамические проблемы // Астрофизический бюллетень. – 2014. - Т. 69 - №4 – С. 399–405.
- [3] Read J.I. The local dark matter density // Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics. – 2014 - №6. – V.41.
- [4] Bohmer C.G. et al. Dynamics of dark energy with a coupling to dark matter // Physical Review D. – 2008 - V. 78 - № 2.
- [5] Зельдович Я.Б., Новиков И.Д. Строение и эволюция Вселенной // М.: Наука, 1975.
- [6] Чернин А.Д. Космический вакуум // УФН. – 2001. Т. 171 - P. 1153
- [7] Yoshida N. et al. Weakly self-interacting dark matter and the structure of dark halos // The Astrophysical Journal. – 2000. - №2. – V.544. – P.L87-L90.
- [8] Yoshida N. et al. Simulations of early structure formation: primordial gas clouds // The Astrophysical Journal. – 2003. - №2 – V.592. – P.645-663.
- [9] Ahn K., Shapiro P.R. Formation and Evolution of Self-Interacting Dark Matter Haloes // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2005 - V.363 – №4 – P.1092.

- [10] Magana J. et al. A brief Review of the Scalar Field Dark Matter model // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2012. - V. 378 - №1. – 26 p.
- [11] Chechin L.M., Ibraimova A.T. The Jeans equation generalization for the rotating Universe // *International Journal of Astronomy and Astrophysics*. – 2014. - №4. – P.614 - 619.
- [12] Bullock S. et al. Profiles of dark haloes: evolution, scatter and environment // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. – 2001. - V. 321 - №3 – P. 559-575.
- [13] Dolag K. et al. Numerical study of halo concentrations in dark-energy cosmologies // *Astronomy and Astrophysics*. – 2004. – V.416. – P.853-864.
- [14] Prada F. et al. Halo concentrations in the standard  $\Lambda$  cold dark matter cosmology // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. – 2012. - V.423 - №4. – P. 3018-3030.
- [15] Byrd G.G., Chernin A.D., Valtonen M.J. *Cosmology: Foundations and Frontiers* // Moscow, URSS, 2007.

#### REFERENCES

- [1] Copeland E.J., Sami M., Tsujikawa S. Dynamics of Dark Energy. *International Journal of Modern Physics D*, **2006**, 15, 1753-1935 (in Eng.).
- [2] Orlov V.V., Rajkov A.A. Temnaja materija: dinamicheskie problem. *Astrofizicheskij bjulleten'*, **2014**, 69, 399–405 (in Russ.).
- [3] Read J.I. The local dark matter density. *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics*. **2014**, 41 (in Eng.).
- [4] Bohmer C.G. et al. Dynamics of dark energy with a coupling to dark matter. *Physical Review D*. **2008**, 78 (in Eng.).
- [5] Zel'dovich Ja.B., Novikov I.D. *Stroenie i jevoljucija Vselennoj*. M.: Nauka, **1975** (in Russ.).
- [6] Chernin A.D. Kosmicheskij vakuum. *UFN*, **2001**, 171, 1153 (in Russ.).
- [7] Yoshida N. et al. Weakly self-interacting dark matter and the structure of dark halos. *The Astrophysical Journal*. **2000**, 544, L87-L90 (in Eng.).
- [8] Yoshida N. et al. Simulations of early structure formation: primordial gas clouds. *The Astrophysical Journal*. **2003**, 592, 645-663 (in Eng.).
- [9] Ahn K., Shapiro P.R. Formation and Evolution of Self-Interacting Dark Matter Haloes Monthly. *Notices of the Royal Astronomical Society*. **2005**, 363, 1092 (in Eng.).
- [10] Magana J. et al. A brief Review of the Scalar Field Dark Matter model. *Journal of Physics: Conference Series*. **2012**, 378, 26 p (in Eng.).
- [11] Chechin L.M., Ibraimova A.T. The Jeans equation generalization for the rotating Universe, *International Journal of Astronomy and Astrophysics*. **2014**, 614 – 619 (in Eng.).
- [12] Bullock S. et al. Profiles of dark haloes: evolution, scatter and environment. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. **2001**, 321, 559-575 (in Eng.).
- [13] Dolag K. et al. Numerical study of halo concentrations in dark-energy cosmologies *Astronomy and Astrophysics*, **2004**, 416, 853-864 (in Eng.).
- [14] Prada F. et al. Halo concentrations in the standard  $\Lambda$  cold dark matter cosmology, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **2012**, 423, 3018-3030 (in Eng.).
- [15] Byrd G.G., Chernin A.D., Valtonen M.J. *Cosmology: Foundations and Frontiers*. Moscow, URSS, **2007** (in Eng.).

Толқымалы қараңғы материяның барионды субстрат динамикасына тигізетін әсері

Чечин Л.М., Ибраимова А.Т.

В.Г. Фесенков атындағы астрофизикалық институт, Алматы, Қазақстан

**Тірек сөздер:** қараңғы материя, гравитациялық тұрақсыздық, болмашы ауытқулар теориясы, ғаламдардың пайда болуы.

**Аннотация.** Бұл жұмыста Әлемдегі бариондық материя тығыздығының ауытқу эволюциясы толқымалы қараңғы материя аясында қарастырылды. Шамасы қараңғы және барионды материяның тербелістерінің толқынды векторлар айырмасына біршама тәуелді болып табылатын барионды субстрат тербеліс жиілігіне қосатын қараңғы материяның үлесі табылды. Тербелістердің когеренттілік жағдайлары, сонымен қатар барионды материя тербелісінің кинетикалық энергияға, сонымен қатар қараңғы және барионды материяның потенциалды энергияға қатынасы зерттелді. Барионды субстрат тербелісі мен толқымалы қараңғы материяның бір біріне әсер етуі талқыланды.

Поступила 11.09.2015 г.

**PUBLICATION ETHICS AND PUBLICATION MALPRACTICE  
IN THE JOURNALS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

**[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)**

**<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>**

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*  
Верстка на компьютере *С.К. Досаевой*

Подписано в печать 08.10.2015.  
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
14,2 п.л. Тираж 2000. Заказ 4.