

Boukalov A. V.

**The physical vacuum quanted oscillations
as an explanation of the relation of Modified Newtonian Dynamics (MOND)**

It is shown that the phenomenological relations of Modified Newton Dynamics (MOND), proposed as a “dark matter” alternative for the galaxies rotation peculiarities explanation, are yielded from the consideration of the vacuum resonance oscillations, correspondent to the “dark energy” of the Universe and galaxies masses. The obtained relations are valid for MOND as well as under the “dark matter” presence, whereas in cosmology they provide to determine the time of the Universe widening acceleration beginning. These results can be used under the producing of the gravitation successive quantum theory, because the general relativity equation are yielded from the ones for the 4-dimention quantum harmonic oscillator, whereas the space-time curvature is a partial case of the quantum vibration in the Universe physical vacuum.

Key words: MOND, gravitation, general relativity, vacuum vibrations, galaxies rotation, “dark energy”, 4-dimention harmonic oscillator.

ГРАВИТАЦИЯ И КОСМОЛОГИЯ

УДК 521.1:523.11:524.827:539.12

Букалов А. В.

**КВАНТОВАННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ВАКУУМА
КАК ОБЪЯСНЕНИЕ СООТНОШЕНИЙ
МОДИФИЦИРОВАННОЙ НЬЮТОНОВСКОЙ ДИНАМИКИ (MOND)**

*Физическое отделение Международного института соционики,
ул. Мельникова, 12, г. Киев-050, 04050, Украина; e-mail: boukalov@gmail.com*

Показано, что феноменологические соотношения модифицированной ньютоновской динамики (MOND), предложенные как альтернатива «темной материи» и объясняющие особенности вращения галактик, следуют из рассмотрения резонансных вакуумных колебаний, соответствующих «темной энергии» Вселенной и масс галактик. Полученные соотношения справедливы как для MOND, так и при наличии «темной материи», а в космологии они позволяют определить время начала ускорения расширения Вселенной. Эти результаты могут быть использованы в построении последовательной квантовой теории гравитации, так как уравнения ОТО следуют из уравнений для 4-мерного квантового гармонического осциллятора, а кривизна пространства-времени — это частный случай квантового колебания в физическом вакууме Вселенной.

Ключевые слова: MOND, гравитация, общая теория относительности, вакуумные колебания, вращение галактик, «темная энергия», 4-мерный гармонический осциллятор.

PACS number: **98.80.-k**

Введение

Как известно, кривые вращения галактик можно объяснить либо наличием темной материи в коронах галактик, либо модификацией законов гравитации. Модифицированная ньютоновская динамика (MOND) хорошо описывает кривые вращения галактик и еще целый ряд наблюдаемых эффектов [4, 6–14]. Однако последовательно теории, объясняющей эмпирические формулы MOND, не существует. В настоящей статье мы предлагаем новый подход к объяснению формул MOND, которые оказываются следствием вакуумных колебаний, порождаемых массами галактик и «темной энергии».

1. Краткий обзор MOND

В рамках MOND для галактик предполагается сохранение ньютоновского закона $a = GM/r^2$ при $a \gg a_0$ и новый закон: $a^2/a_0 = GM/r^2$ при $a \ll a_0$, где $a_0 = 1,2 \cdot 10^{-8} \text{ см/с}^2$ — некое эмпирически найденное фундаментальное ускорение [4, 6–14], M — видимая, барион-

ная масса галактики. При этом для галактик выполняется наблюдаемое соотношение массы M и светимости L : $M/L = \tau$, где τ — константа.

Соответственно, для гравитационного потенциала ϕ при $|\vec{\nabla}\phi| \gg a_0$ $|\vec{\nabla}\phi| = GM_{gal}/r^2$, а при $|\vec{\nabla}\phi| \ll a_0$ $a = |\vec{\nabla}\phi| = \sqrt{GMa_0/r}$. $\phi(r) = -GM/r$, $\phi(r) = \sqrt{GMa_0} \ln|r/r_0|$ при $r \ll r_0$, где r_0 — расстояние от центра галактики, соответствующее переходу к постоянной скорости вращения галактики: $r_0 = \sqrt{r_g \cdot r_1/2}$, где $r_1 = c^2/a_0 \approx 7,5 \cdot 10^{26}$ м.

2. MOND как феноменология колебаний квантового вакуума

Легко заметить, что фундаментальное ускорение $a_0 = 1,2 \cdot 10^{-8}$ см/с² по порядку очень близко к космологическому $g_U = cH_0 = 6,74 \cdot 10^{-8}$ см/с² (при значении параметра Хаббла $H_0 = 70$ км/с·Мпк). При этом $H_0 = \nu_H = c^3/(GM_U)$, где M_U — масса Вселенной в радиусе Хаббла, а параметр Хаббла можно рассматривать как частоту колебаний ν_H вакуума Вселенной [3, 8]. Отметим также, что $r_1 = 4\sqrt{2}R_H$ и

$$a_0 = \frac{g_U}{4\sqrt{2}} = \frac{GM_\Lambda}{(2R_H)^2} = \frac{GM_\Lambda}{D_H^2} = \frac{cH_0}{4\sqrt{2}} = \Omega_\Lambda \frac{c}{4t_H} = \Omega_\Lambda \cdot \frac{\varepsilon_H}{4} \cdot \frac{c}{h} = \frac{\varepsilon_H c}{8\pi \hbar} \quad (1)$$

где $\varepsilon_H = h/t_H = hH = h\nu_H$ — энергия кванта, соответствующая частоте колебаний вакуума — параметру Хаббла, $R_H = ct_H$ и $\Omega_\Lambda \approx 0,7 \approx 1/\sqrt{2}$.

Таким образом, фундаментальное ускорение a_0 в MOND — это ускорение, порождаемое «темной энергией».

Тогда, вводя обозначение $a_1 = GM/R^2$, получим

$$a = \sqrt{\frac{GM}{R^2}} a_0 = \sqrt{a_1 a_0} = \sqrt{\frac{GM}{R^2} \cdot \frac{g_U}{4\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{GM}{R^2} \cdot \frac{GM_U}{R_H^2} \cdot \frac{1}{4\sqrt{2}}} \quad (2)$$

$$a = \sqrt{a_1 \cdot \frac{GM_\Lambda}{R_H^2} \cdot \frac{1}{2}} = \sqrt{\frac{a_1 \cdot a_\Lambda}{2}} \quad (3)$$

где $a_\Lambda = GM_\Lambda/R_H^2$.

В частном случае, при $a_1 = g_U$,

$$a_U = \sqrt{\frac{g_U}{2} \cdot \frac{g_\Lambda}{2}} = \frac{g_U}{2\sqrt{2}} = a_0 \cdot 2\sqrt{2} = 2,854 \cdot 10^{-8} \text{ см/с}^2 \quad (4)$$

Введем частоту и энергию колебаний вакуума, соответствующие «темной энергии».

$$\varepsilon_\Lambda = h\nu_\Lambda = hH_0\sqrt{2} = h\sqrt{2} \frac{c^3}{2GM_U} = \frac{ha_\Lambda}{c} \quad (5)$$

$$\frac{ha_0}{c} = \left(\frac{\varepsilon_H}{2}\right) \frac{1}{\varepsilon_\Lambda} \quad (6)$$

$$\frac{ha_0}{c} \varepsilon_\Lambda = \left(\frac{\varepsilon_H}{2}\right)^2 \quad (7)$$

Отсюда произведение частот, или энергий колебаний, ε_0 и «темной энергии» ε_Λ равно квадрату вакуумной частоты, представляющей собой половину параметра Хаббла как собственной частоты колебаний Вселенной:

$$\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_\Lambda = \left(\frac{\varepsilon_H}{2}\right)^2 = \left(\frac{hH_0}{2}\right)^2 = \left(\frac{h\nu_H}{2}\right)^2 \quad (8)$$

Рассмотрим теперь равенство для расстояния, на котором происходит переход к постоянной угловой скорости вращения галактики r_0 :

$$r_0 = \sqrt{r_g \cdot \frac{r_1}{2}} = \sqrt{r_g \cdot \frac{R_H}{2} 4\sqrt{2}}. \quad (9)$$

Поставим в соответствие расстояниям r частоты колебаний вакуума: $\nu = \frac{c}{r_0}$. Тогда

$$\nu = \frac{c}{r_0} = \frac{c}{\sqrt{r_g \cdot \frac{r_1}{2}}} = \sqrt{\nu_g \cdot \frac{\nu_H}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}} = \sqrt{\nu_g \cdot \frac{H_0}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}}} = \sqrt{\frac{\nu_g}{2} \cdot \frac{\nu_\Lambda}{2}}; \quad (10)$$

$$\nu_0^2 = \left(\frac{\nu}{2}\right)^2 = \frac{\nu_g}{2} \cdot \frac{\nu_\Lambda}{2}; \quad \hbar\tilde{\omega} = \sqrt{\frac{\hbar\omega_g}{2} \cdot \frac{\hbar\omega_\Lambda}{2}} = \tilde{\varepsilon}_0 = \frac{\varepsilon}{2} = \sqrt{\frac{\varepsilon_g}{2} \cdot \frac{\varepsilon_\Lambda}{2}}. \quad (11)$$

$$(12)$$

Таким образом, частота и энергия колебаний, соответствующие расстоянию r_0 , являются среднегеометрическим значением вакуумных частот колебаний или энергий галактики как единого гравитирующего тела (что выражается через ее гравитационный радиус r_g) и энергии вакуума, выраженной через эквивалентный радиус r_Λ или частоту $\nu_\Lambda = H_0\sqrt{2} = \nu_H\sqrt{2}$. Иными словами, квадрат ускорения $a^2 = a_{gal} \cdot a_0 = \frac{a_{gal}}{2} \cdot \frac{a_\Lambda}{2}$ равен произведению вакуумных ускорений, создаваемых Галактикой и гравитирующей «темной энергией» с эквивалентной массой $M_\Lambda = \Omega_\Lambda \cdot \frac{3H_0^2}{8\pi G} \cdot V_H$, где V_H — объем Вселенной в радиусе Хаббла. Тогда

$$a^2 = \frac{G}{R^2} \left(\frac{M_{gal}}{2}\right) \cdot \frac{G}{R_H^2} \left(\frac{M_\Lambda}{2}\right). \quad (13)$$

Сопоставление каждой массе (энергии) частоты, обратной эквивалентному гравитационному радиусу: $\nu_g = c/r_g$ означает переход к рассмотрению гравитационных взаимодействий на уровне квантовых вакуумных взаимодействий или колебаний. Такой частотный подход показывает, что гравитационное взаимодействие, в том числе феноменологически описываемое MOND, можно описать как взаимодействие колебаний и их частот, создаваемых в вакууме гравитирующим телом и энергией вакуума, представленной космологической постоянной: $\nu^2 = (\nu_g/2) \cdot (\nu_\Lambda/2)$. Это описание, по-видимому, можно представить как колебание некоторого тела или компоненты в сверхтекучей жидкости, представленной вакуумом.

Последовательную аналогию между свойствами вакуума и сверхтекучей жидкости исследует Г. Е. Воловик [15]. Заметим, что с точки зрения представления вакуума как сверхтекучей жидкости логично было бы рассматривать обычное вещество как нормальную компоненту, взаимодействующую с компонентой сверхтекучей (вакуумной). Тогда вращение галактик может быть рассмотрено как аналог вихря нормальной компоненты в сверхтекучей жидкости. В этом случае легко объясняется связь частот нормальной и сверхтекучей компоненты как единой когерентной среды, в которой вращаются галактики, а произведение ее «гравитационной частоты» на гравитационную частоту вакуумной компоненты порождает феноменологию MOND.

Заметим также, что для наиболее точного соответствия наблюдаемым эффектам вращения галактик необходимо рассматривать и MOND и наличие темной материи, но в два раза меньше, чем это необходимо без MOND в рамках законов Ньютона [14].

Частотная интерпретация MOND порождает новый вакуумно-квантовый подход к описанию гравитации. В этом случае требуют своей модификации не только законы Ньютона, но и теория гравитации А. Эйнштейна.

Опишем некоторые применения формул MOND в их вакуумной интерпретации к космологии. Так

$$r_x = \sqrt{\frac{r_{gB} \cdot 4\sqrt{2}R_H}{2}} = \sqrt{\Omega_B \cdot R_H \cdot 2\sqrt{2}R_H} = \sqrt{\frac{\Omega_B R_H}{2}} \cdot R_\Lambda = 5 \cdot 10^9 \text{ лет}, \quad (14)$$

где r_{g_B} — гравитационный радиус видимого барионного вещества, $\Omega_B = 0,045$ — плотность барионного вещества. Значение r_x соответствует расстоянию на $z \sim 0,5$, при котором, как считается, началось ускорение расширения Вселенной, обнаруженное по сверхновым SNIa [13].

Отметим, что при $\Omega_\Lambda \approx 1/\sqrt{2}$ плотность барионного вещества описывается простым соотношением:

$$\Omega_B \approx \frac{\Omega_\Lambda}{(2\pi)^{3/2}} \approx \frac{1}{\sqrt{2}(2\pi)^{3/2}}. \quad (15)$$

Близкое к r_x значение r'_x определяется вакуумной круговой частотой, задаваемой «темной энергией». Исходя из

$$\rho_{vac} \approx 0,7\rho_c \approx \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{3H_0}{8\pi G} = \frac{3}{8\pi G} \left(\frac{v_H}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{3}{8\pi G} v_\Lambda^2 \quad (16)$$

получаем:

$$\omega_x = \frac{2\pi c}{R'_x} = \frac{c}{r'_x} = \sqrt{\frac{2\pi}{2t_H \sqrt[4]{2}} \cdot \frac{2\pi}{2t_H \sqrt[4]{2}}} = \frac{\tilde{\omega}_\Lambda}{2}, \quad (17)$$

$$r'_x = ct'_x = \frac{c}{\omega_x} = 5,3 \cdot 10^9 \text{ св. лет.}$$

Таким образом, круговая частота ω_x , соответствующая расстоянию r'_x от наблюдателя до начала ускорения расширения Вселенной, равна вакуумной частоте колебаний, задаваемых энергией вакуума: $\Omega_{vac} \approx 0,7 \approx 1/\sqrt{2}$, и это согласуется со стандартной Λ CDM-моделью в рамках ОТО.

Возможно, имеет физический смысл и радиус $\tilde{r}_\Lambda = c/\tilde{v}_\Lambda = R_H / \sqrt{\Omega_\Lambda} \approx \sqrt[4]{2} R_H$, несколько превосходящий радиус Хаббла.

3. Кривизна пространства-времени как макроскопические квантовые колебания

Итак, мы можем рассматривать гравитацию как следствие квантовых колебаний в физическом вакууме, задаваемых собственными гравитационными частотами $\nu_g \sim 1/r_g$ тяготеющих тел и полей¹. Это означает, что уравнения гравитации могут быть представлены в виде уравнений для собственных частот, которыми обладают черные дыры с массами, равными массам тяготеющих объектов, таких как галактики и др. Если мы представим уравнения ОТО в виде

$$G_{\mu\nu} - \Lambda g_{\mu\nu} = 8\pi\chi T_{\mu\nu} \\ G_{\mu\nu} - \frac{1}{c^2}(\omega_\Lambda^2 + \omega_{Matter}^2)g_{\mu\nu} = 0, \quad (18)$$

или, используя $G_{\mu\nu} = \gamma^{\mu\nu} \frac{D}{DX_\mu} \frac{D}{DX_\nu} = \gamma^{\mu\nu} D_\mu D_\nu g_{\mu\nu}$ [4],

$$\left(\gamma^{\mu\nu} D_\mu D_\nu - \frac{\omega_B^2}{c^2} \right) g_{\mu\nu} = 0, \quad (19)$$

где $\omega_B^2 = \omega_\Lambda^2 + \omega_{Matter}^2 = m_\Lambda^2 \frac{c^2}{\hbar^2} + \tilde{k}_{Matter}^2 \cdot c^2$; при этом m_Λ — масса, соответствующая Λ -члену как константе, $\tilde{k}_{Matter}^2 \cdot c^2$ — импульс, соответствующий материи и излучению.

Легко заметить, что уравнение (19) по форме очень похоже на уравнение гармонического осциллятора вида $\ddot{u} + \omega^2 u = 0$. Ранее, из применения теории такого осциллятора к Вселенной, нами было получено значение постоянной Хаббла, хорошо согласующееся с экспериментальными данными [2, 3]. Поэтому **можно рассматривать общую теорию относительности**

¹ Интересно, что возможно описание гравитации как взаимодействия между двумя пульсирующими частицами, погруженными в несжимаемую жидкость [6, 7].

(ОТО) как частный случай теории четырехмерного гармонического осциллятора, эволюционирующего в 4-мерном пространстве-времени, собственные круговые частоты которого задаются тензором кривизны. При этом метрический тензор $g_{\mu\nu}$ выступает для такого осциллятора в роли тензора амплитуды отклонения геометрии пространства-времени от евклидовой. Частота осциллятора составляет $\omega_B = (m_\Lambda^2 c^2 / \hbar^2 + \bar{k}_{Matter}^2 \cdot c^2)^{1/2}$ [1]. Отсюда 4-мерную кривизну пространства-времени можно рассматривать как частотно-волновой процесс, или колебания метрики. Квантование этих колебаний превращает (19) в квантовое уравнение

$$\left(\hbar^2 \gamma^{\mu\nu} D_\mu D_\nu - \frac{\hbar^2}{c^2} \omega_B^2 \right) g_{\mu\nu} = 0. \quad (20)$$

Преобразование метрического тензора в тензорный гравитационный потенциал [2] $g_{\mu\nu} = B_{\mu\nu} / \sqrt{G_N}$, где G_N — гравитационная постоянная Ньютона, дает уравнение

$$\left(\hbar^2 \gamma^{\mu\nu} D_\mu D_\nu - \frac{\hbar^2}{c^2} \omega_B^2 \right) B_{\mu\nu} = 0 \quad (21)$$

с решениями в виде набора квантованных гравитационных частот, или энергий, $\epsilon_n = \hbar \omega_{0B} (n + 1/2)$, обратных гравитационным радиусам тяготеющих масс. Это объясняет полученные выше результаты по частотной интерпретации MOND, которые остаются в силе и при соответствующем распределении темной материи в коронах галактик.

Более общая форма уравнения гармонического осциллятора вида $\ddot{u} + \theta^{*-1} \omega i + \omega^2 u = 0$ приводит к различным режимам осцилляции пространства-времени Вселенной, включая её экспоненциальное расширение [3, 9].

Отметим, что полученные результаты находятся в согласии с идеологией теории струн, колебания которых, как предполагается, обуславливают существование наблюдаемых форм материи и пространства-времени.

Таким образом, уравнения гравитации могут быть представлены в квантовом виде, объясняющем наблюдаемые астрофизические закономерности в динамике галактик и Вселенной в целом.

Л и т е р а т у р а :

1. Боголюбов Н. Н., Ширков Д. В. Квантовые поля. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1980. — 320 с.
2. Букалов А.В. Об электродинамическом описании классической теории гравитации и общей теории относительности. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2005. — № 1. — С. 43–50.
3. Букалов А. В. Точное значение постоянной Хаббла и режимы эволюции квантовой Вселенной. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2002. — № 1. — С. 50–52.
4. Визнюк А. Обзор теории MOND. — Доклад на семинаре ИТФ НАНУ, 10.03.2006.
5. Логунов А. А. Лекции по теории относительности и гравитации: Современный анализ проблемы. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. — 272 с.
6. Савченко К. Н. К вопросу о теории тяготения. // Известия Астр.обсерв. Одесского университета. — 2, Вып. 1. — 1949.
7. Станюкович К. П. Гравитационное поле и элементарные частицы. — М.: Наука, 1965. — 312 с.
8. Boukalov A.V. Determination of the Hubble parameter exact value. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2004. — № 1. — С. 56–58.
9. Boukalov A. V. The modes of evolution of the quantum Universe. // 36. тез Міжнар. наук. конф. „Астрономічна школа молодих вчених”. Під ред. П. І. Фомін, О. Коноваленко, О. Железняк. — Біла Церква, 2004. — С. 47.
10. Milgrom M. 1983a ApJ 270, 365–384.
11. Milgrom M. 1994, ApJ 429, 540.
12. Milgrom M. 1998, ApJ 496, L89.
13. Riess A. G. et al. // Astron. J. 1999. Vol. 116. P. 1009.
14. Scarpa R. Modified Newtonian Dynamics, as Introductory Review. — astro-ph/0601478.
15. Volovik G. E. The Universe in a Helium Droplet. — Clarendon Press, Oxford, 2003.

Статья поступила в редакцию 29.03.2006 г.