

УДК 524.7-856

Спиральная структура дисковых галактик и эффект скрытой массы

Журавлев Виктор Михайлович (*)

zhvictorm@gmail.com

SPIN-код: 9763-0346

УлГПУ им.И.Н. Ульянова, Ульяновск, Россия

Аннотация. В работе на основе новой полуклассической теории тяготения строится модель спиральных галактик в условиях динамического равновесия, включающая эффект скрытой массы или “темной материи”. Новая модель является расширением модели строения и эволюции дисковых галактик и позволяет описывать спиральную структуры, наблюдаемую в большинстве дисковых галактик. Описание динамики вещества строится с использованием лагранжева подхода, применяемого и к параметрам сплошной среды, и к полю тяготения. Полученная модель поддерживает теорию волны плотности и устанавливает связь между спиральными структурами и эффектом скрытой массы.

Ключевые слова: полуклассическая теория тяготения, спиральные галактики, динамическое равновесие, эффект скрытой массы, автомодельная эволюция

Введение. В общей теории дисковых галактик имеются две основных проблемы. Первой является плоская кривая вращения галактик на их периферии [1, 2]. Вторая — формирование и эволюция спиральных структур, которые обладают большим разнообразием формы [3, 4]. Решение первой проблемы ищут либо в рамках гипотезы о существовании экзотических форм материи (“темная материя”), взаимодействующих с обычной только с помощью гравитационного поля [1,2], либо в рамках гипотезы о нарушении закона тяготения Ньютона на масштабах галактик (эффект скрытой массы, теория MOND) [1, 2].

В работах [5, 6] предложен новый подход к решению первой проблемы дисковых галактик — эффекта скрытой массы, основанный на полуклассической теории тяготения и лагранжевом формализме при описании поля тяготения. В этих работах на основе новой полуклассической теории тяготения были получены и проанализированы уравнения динамики дисковых галактик с эффектом скрытой массы, возникающем при естественном расширении нового представления решений уравнения Пуассона классической теории тяготения для сплошной среды с помощью лагранжевых переменных (маркеров).

В настоящей работе, подход, изложенный в работах [5, 6] в отношении дисковых галактик, обладающих цилиндрической симметрией, модифицируется с целью включить в это описание и спиральной структуры галактик. Основной задачей данной работы является построение модели динамического равновесия галактик со спиральными структурами.

Методы и материалы; результаты. Построение модели дисковых галактик со спиральной структурой в работе опирается на лагранжев подход описания динамики вращающейся самогравитирующей сплошной среды. В таком подходе используется полученное в [5, 6] представление гравитационного поля классической теории тяготения с помощью лагранжевых переменных. Описание динамики среды строится в рамках теории динамического равновесия астрофизических объектов [7]. В работе выведены уравнения строения и автомодельной эволюции дисковых галактик со спиральной структурой, с учетом эффекта скрытой массы. Проанализированы особенности автомодельной эволюции дисковых галактик в динамическом равновесии. Проведен анализ структуры зонального потока среды и его связи с волной плотности.

Заключение. Построенная модель строения и автомодельной эволюции дисковых галактик может рассматриваться как новый вариант теории волны плотности вместе, учитывающей эффект скрытой массы.

Работа выполнена в рамках Соглашения о предоставлении субсидии из федерального бюджета на финансовое обеспечение выполнения государственного задания на оказание государственных услуг (выполнения работ) № 073-03-2025-066 от 16.01.2025, заключенным между ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова» и Министерством просвещения Российской Федерации.

Список источников

- [1] Einasto J. Dark Matter. 2009, arXiv:0901.0632v1.
- [2] Засов А.В., Сабурова А.С., Хоперсков А.В., Хоперсков С.А. Темная материя в галактиках. *УФН*, 2017, т. 187, № 1, с. 3–44.
- [3] Dobbs C., Baba J.I. Dawes Review 4: Spiral Structures in Disc Galaxies. Publications of the Astronomical Society of Australia (PASA), 2014, vol. 31, e035, 40 p.
- [4] Марчук А.А., Костюк В.С. Прояснение природы спиральной структуры в галактиках: такие разные случаи NGC 3686 и М 100. *Известия Главной астрономической обсерватории в Пулкове*, 2023, т. 229, с. 1–24.
- [5] Журавлев В.М. Эволюция пылевых дисков и джеты в моделях динамического равновесия. Роль «темной материи». *Пространство, время и фундаментальные взаимодействия*, 2024, № 1, с. 54–58.
- [6] Журавлев В.М. Поле тяготения сплошной самогравитирующей среды и «темная материя». *Письма в ЖЭТФ*, 2024, т. 120, вып. 6, с. 400–408.
- [7] Журавлев В.М. Модели динамического равновесия астрофизических объектов. *ЖЭТФ*, 2022, т. 162, № 6, с. 850–877.

Spiral Structure of Disk Galaxies and Hidden Mass Effect

Zhuravlev Victor Mickhailovich ^(*)

zhvictorm@gmail.com

SPIN-code: 9763-0346

Ulyanovsk State Pedagogical University named I.N. Ulyanov, Ulyanovsk, Russia

Abstract. In this paper, a model of spiral galaxies under dynamic equilibrium conditions is constructed based on a new semiclassical theory of gravitation, including the effect of hidden mass or “dark matter”. The new model is an extension of the model of the structure and evolution of disk galaxies and allows one to describe the spiral structure observed in most disk galaxies. The description of the dynamics of matter in the structure of spiral galaxies is constructed using the Lagrangian approach, applied not only to the parameters of the continuous medium, but also to the gravitational field. The resulting model supports the density wave theory and establishes a connection between spiral structures and the effect of hidden mass.

Keywords: semiclassical theory of gravitation, spiral galaxies, dynamic equilibrium, hidden mass effect, self-similar evolution

Introduction. There are two main problems in the general theory of disk galaxies. The first is the flat rotation curve of galaxies at their periphery [1, 2]. The second is the formation and evolution of spiral structures, which have a great variety of shapes [3, 4]. The solution to the first problem is sought either within the framework of the hypothesis of the existence of exotic forms of matter (“dark matter”) interacting with ordinary matter only through a gravitational field [1, 2], or within the framework of the hypothesis of the violation of Newton's law of gravitation on the scale of galaxies (the effect of hidden mass, the MOND theory) [1, 2]. In [5, 6], a new approach to solving the first problem of disk galaxies — the effect of hidden mass, based on the semiclassical theory of gravitation and the Lagrangian formalism in describing the gravitational field is proposed. In these works, equations of the dynamics of disk galaxies with the effect of hidden mass, arising from the natural expansion of the new representation of solutions of the Poisson equation of the classical theory of gravitation for a continuous medium using Lagrangian variables (markers), were obtained and analyzed on the basis of a new semiclassical theory of gravitation. In this work, the approach presented in works [5,6] in relation to disk galaxies with cylindrical symmetry is modified in order to include in this description the spiral structure of galaxies. The main objective of this work is to construct a model of the dynamic equilibrium of galaxies with spiral structures.

Methods and materials; results. The construction of the model of disk galaxies with a spiral structure in the work is based on the Lagrangian approach to describing the dynamics of a rotating self-gravitating continuous medium. This approach uses the representation of the gravitational field of the classical theory of gravitation using Lagrangian variables obtained in [5, 6]. The description of the dynamics of the medium is constructed within the framework of the theory of dynamic equilibrium of astrophysical objects [7]. The work derives equations for the

structure and self-similar evolution of disk galaxies with a spiral structure, taking into account the effect of hidden mass. The features of the self-similar evolution of disk galaxies in dynamic equilibrium are analyzed. The structure of the zonal flow of the medium and its relationship with the density wave are analyzed.

Conclusion. The constructed model of the structure and self-similar evolution of disk galaxies can be considered as a new version of the density wave theory together with the effect of hidden mass.

The work was carried out within the framework of the Agreement on the provision of a subsidy from the federal budget for financial support for the implementation of the state assignment for the provision of public services (performance of work) No. 073-03-2025-066 dated 01/16/2025, concluded between the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “UlGPU named after I.N. Ulyanov” and the Ministry of Education of the Russian Federation.

References

- [1] Einasto J. Dark Matter. 2009, arXiv:0901.0632v1.
- [2] Zasov A.V., Saburova A.S., Khoperskov A.V., Khoperskov S.A. Dark matter in galaxies, *Uspekhi Fizicheskikh Nauk*, 2017, vol. 187, no. 1, pp. 3–44. (In Russ.).
- [3] Dobbs C., Baba J.I. Dawes Review 4: Spiral Structures in Disc Galaxies. Publications of the Astronomical Society of Australia (PASA), 2014, vol. 31, e035, 40 p.
- [4] Marchuk A.A., Kostyuk V.S. Clarification of the nature of spiral structure in galaxies: such different cases of NGC 3686 and M 100. *Bulletin of the Main Astronomical Observatory in Pulkovo*, 2023, vol. 229, pp. 1–24. (In Russ.).
- [5] Zhuravlev V.M. Evolution of dust disks and jets in dynamic equilibrium models. The role of “dark matter”. *Space, time and fundamental interactions*, 2024, no. 1, pp. 54–58. (In Russ.).
- [6] Zhuravlev V.M. Gravitational field of a continuous self-gravitating medium and “dark matter”. *Letters to JETP*, 2024, vol. 120, no. 6, pp. 400–408. (In Russ.).
- [7] Zhuravlev V.M. Models of dynamic equilibrium of astrophysical objects. *JETP*, 2022, vol. 162, no. 6, pp. 850–877. (In Russ.).