

## **Отзыв научного руководителя**

на диссертационную работу Подзолковой Екатерины Николаевны

“Влияние бара на кинематику диска Галактики вблизи  
внешнего линдбладовского резонанса”,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия

Работа Е.Н. Подзолковой посвящена актуальной теме – исследованию движения звезд вблизи внешнего линдбладовского резонанса (OLR) бара. Построены модели Галактики с аналитическим баром. Модельный диск формирует двойное внешнее эллиптическое резонансное кольцо  $R_1R_2$ , расположенное вблизи OLR бара. Из двух внешних колец, кольцо  $R_1$  лежит немного ближе к центру галактики и вытянуто перпендикулярно бару, а кольцо  $R_2$  лежит дальше от центра и вытянуто параллельно бару. Работа включает сравнение моделей с наблюдениями, что позволяет найти наиболее вероятные значения параметров бара. Существование бара в Галактике является общепризнанным фактом, однако его угловая скорость вращения, позиционный угол относительно линии, соединяющей Солнце с центром Галактики, а также возраст остаются предметом научных дискуссий. Кроме того, существуют две различные точки зрения на природу некруговых движений звезд в широкой окрестности Солнца. Одна концепция связывает появление некруговых движений с возмущениями от спиральных рукавов, а другая --- с резонансными эффектами, возникающими вблизи OLR бара. Много данных указывает на то, что OLR бара в Галактике расположен вблизи солнечного круга.

Высокоточные данные о положениях и скоростях миллионов звезд, поступающие со спутника Gaia, делают работу особенно актуальной.

Диссертационная работа Е.Н. Подзолковой состоит из введения, пяти глав и заключения.

**Во введении** описывается современное состояние исследований кинематики Галактики, приводится краткий исторический обзор, а также указываются противоречия, с которыми сталкивается модель спиральной структуры Галактики.

**В первой главе** описаны методы построения модели Галактики, методы численного моделирования, методы обработки данных Gaia. Рассматривается формирование резонансных эллиптических колец в модельном диске, проводится сравнение модельных и наблюдательных распределений скоростей, на основании которого получена оценка угловой скорости вращения бара  $\Omega_b = 55 \pm 3$  км/с/кпк.

**Во второй главе** выполнено исследование периодических изменений морфологии резонансных колец, формирующихся в диске модельной Галактики. Обнаружено попеременное усиление то лидирующих, то отстающих сегментов колец. Для количественного описания этих изменений применяется фурье-анализ распределения плотности звезд, позволяющий определить характерные периоды колебаний плотности. Обсуждаются орбиты, поддерживающие изменения морфологии резонансных колец.

**В третьей главе** исследуется возникновение горбов на профилях распределения радиальной скорости  $V_R$  в модельном диске. Горбы формируются на расстояниях  $R = 6\text{--}7$  кпк с периодом 2 млрд лет и достигают высоты  $1.90 \pm 0.12$  км/с. Исследуется выборка звезд на качающихся орбитах. Анализируется распределение звезд по периоду колебаний направления вытянутости орбиты. На основании сравнения модельных и наблюдательных распределений радиальных скоростей получены оценки возраста галактического бара:  $2.0 \pm 0.3$  или  $4.0 \pm 0.5$  млрд лет.

**В четвертой главе** определяется момент начала колебаний орбит, поддерживавших горбы. Показано, что колебания качающихся орбит начинаются не одновременно со стартом моделирования, а позже, когда бар достигает критического значения  $Q_b = 0.17$ , что лишь незначительно меньше величины  $Q_b = 0.25$ , принятой в качестве условной границы между слабыми и сильными барами.

**В пятой главе** исследуется поток Геркулеса, возникающий на плоскости скоростей ( $V_R$ ,  $V_T$ ) в распределении звезд, расположенных в окрестности 0.5 кпк от Солнца. Поток Геркулеса возникает, как в модельной, так и в наблюдательной выборке звезд. Для калибровки вводится область анти-Геркулеса, расположенная симметрично области Геркулеса относительно линии  $V_R = 0$ . Показано, что большинство звезд в области Геркулеса двигаются по орбитам, вытянутым перпендикулярно бару, и поддерживают внешнее кольцо  $R_1$ , а в области анти-Геркулеса — по орбитам, вытянутым параллельно бару, и поддерживают кольцо  $R_2$ . Проводится сравнение модельных и наблюдательных данных, подробно обсуждаются эффекты селекции в данных Gaia.

**В Заключении** суммированы полученные результаты и описаны перспективы дальнейших исследований.

Результаты работы Е. Н. Подзолковой опубликованы в четырех научных статьях и доложены на нескольких научных конференциях. Диссертантка показала себя самостоятельным и вѣдливym научным исследователем.

Считаю, что диссертация Е. Н. Подзолковой “Влияние бара на кинематику диска Галактики вблизи внешнего линдбладовского резонанса” удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым МГУ к кандидатским диссертациям, и может быть рекомендована к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.1. Физика космоса, астрономия (физико-математические науки).

**Научный руководитель:**

доктор физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник  
отдела изучения Галактики и переменных звезд

ГАИШ МГУ

А. М. Мельник

12.05.2025

Подпись А. М. Мельник заверяю:

начальник отдела канцелярии ГАИШ МГУ Л. Н. Новикова