Stars-2025-Activity012

Моделирование торможения звезды ssAp-star 33 Lib магнитным звездным ветром

Айсен Г. Никифоров[1] , Максим В. Барков[1] , Виктор Д. Бычков[2]

[1] Institute of Astronomy of the Russian Academy of Sciences
[2] Special Astrophysical Observatory of the Russian Academy of Sciences

anikiforov@inasan.ru

Магнитные поля звезд играют важную роль в физике и эволюции звезд. Приблизительно 10% OBA звезд главной последовательности (ГП) имеют достаточно сильные магнитные поля [1, 2], достигающие по напряженности несколько тысяч гаусс [3, 4]. Наблюдаемые свойства (super-slowly rotating Ap) ssAp-звёзд, такие, как квазипериодические колебания блеска, пятнистое распределение элементов и синхронизация магнитных осей с осями вращения, напрямую связаны с динамикой их магнитных полей и замедлением вращения. Однако природа торможения остаётся недостаточно изученной: традиционные модели, основанные на диссипации энергии через звёздный ветер, плохо согласуются с крайне низкими темпами потери массы у этих объектов. Альтернативные гипотезы предполагают, что крупномасштабные магнитные поля играют двойную роль — не только подавляют турбулентность и конвекцию, но и перераспределяют угловой момент в объёме звезды через взаимодействие с неоднородностями в ионизированных слоях атмосферы.

Данная работа фокусируется на аналитическом расчете на основе наблюдательных данных и моделировании, чтобы изучить связь между торможением магнитным полем, ветром и динамикой вращения ssAp-звезд. Для этого изучается звезда ssAp – star 33 Lib (HD137949) — яркая roAp-звезда (rapidly oscillating Ap star) спектрального класса A5p [5].

Было показано, что даже звездный ветер малой интенсивности может эффективно затормозить ssAp звезды до наблюдаемой скорости вращения такой звезды, как 33 Lib. Предлагаемый метод может позволить измерять темп потери массы у звезд класса A, что затруднительно сделать иными методами. Проведенное исследование демонстрирует, что магнитное торможение, обусловленное взаимодействием сильного магнитного поля и звездного ветра, может играть ключевую роль в замедлении вращения звёзд типа ssAp. Моделирование эволюции магнитных полей с учетом переменной магнитной конфигурации и звездного ветра подтверждает, что эти процессы эффективно подавляют вращение, приводя к наблюдаемому медленному вращению данных объектов.

[1] J. Sikora, G. Wade, J. Power, and C. Neiner, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 483, 2300 (2019).

[2] J. H. Grunhut, G. Wade, C. Neiner, M. E. Oksala, V. Petit, E. Alecian, D. A. Bohlender, J.-C. Bouret, H. F. Henrichs, G. Hussain, et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society , stw2743 (2016).

[3] V. Bychkov, L. Bychkova, and J. Madej, VizieR Online Data Catalog 343, J (2006).

[4] V. Bychkov, L. Bychkova, and J. Madej, Astronomy & Astrophysics 652, A31 (2021).

[5] S. P. Jarvinen, S. Hubrig, R. Jayaraman, I. Ilyin, and M. Scholler, MNRAS 516, 2629 (2022), arXiv:2208.14013 [astro-ph.SR].