

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЕ

СТРУКТУРА АТМОСФЕРЫ МАГНИТНОЙ
ЗВЕЗДЫ HD21699

Опыт моделирования большого числа звезд показывает, что характер распределения магнитного поля по поверхности можно описать несколькими основными приближениями: 1) магнитный диполь находится в центре звезды, 2) диполь смещен вдоль оси, 3) диполь смещен поперек оси, 4) сложная структура, описываемая двумя или тремя диполями, смещенными поперек оси [1,2]. Величина смещения диполя может достигать половины радиуса звезды, при этом одна половина поверхности намагничена гораздо сильнее, чем другая. Возникает вопрос, влияет ли асимметрия магнитных структур на распределение температур с глубиной в атмосферах таких звезд.

Рассмотрим звезду HD21699, которая имеет несимметричную по отношению к оси вращения структуру магнитного поля [3-5]. Магнитный диполь лежит в плоскости экватора вращения и сдвинут от центра звезды на расстояние $\Delta a = 0.4 R_*$, в результате чего магнитные полюса находятся на экваторе вращения на расстоянии 55° друг от друга, а расстояние между монополями $l \approx 0.07 R_*$. Схема расположения диполя показана на рис.1, если смотреть со стороны оси вращения. Максимум положительного магнитного поля B_e приходится на фазу $\Phi = 0$, когда точка 0 на рисунке проходит через центральный видимый меридиан. Максимум среднего поверхностного магнитного поля приходится на фазу $\Phi = 0.17$, он равен $B_s(\max) = 9200$ Гс, а минимум $B_s(\min) = 3100$ Гс приходится на фазу 0.68. Заштрихованная область на схеме показывает положение конвективного ядра, линии показывают (предположительно) характер распределения силовых линий магнитного поля. Области максимальной напряженности магнитного поля внутри звезды (положение магнитного диполя) находятся между двумя точками, обозначающими положение магнитных монополей. Положение магнитных полюсов обозначено черными полукружками. Напряженность магнитного поля на полюсах равна $B_p = 21900$ Гс. Очевидно, что градиент магнитного поля по поверхности около полюсов существенно больше, чем на противоположной части звезды. Интересно выяснить, влияет ли градиент поля и его величина на структуру атмосферы звезды? Существуют звезды,

у которых градиенты и поле более существенны, но данная звезда интересна тем, что структура магнитного поля относительно простая и легче заметить искомый эффект. Для исследования использован тот же наблюдательный материал, что и в упомянутых статьях [3-5]. Это спектры с разрешением 15000 в диапазоне длин волн $\lambda = 4000 - 4240 \text{ \AA}$ и отношением $S/N = 1000$. Эффективная температура звезды $T_e = 16000 \text{ K}$, $\log g = 3.92$ [4].

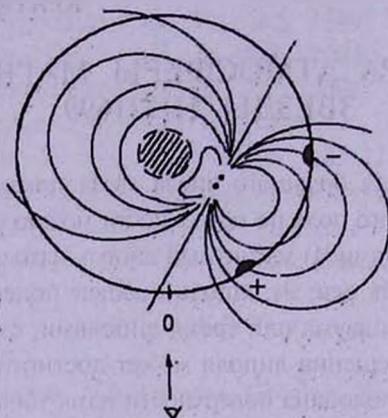


Рис.1. Схема магнитных силовых линий в HD21699 (вид со стороны оси вращения).

Максимальная напряженность магнитного поля наблюдается в фазах $\Phi = 1 + 0.4$. На рис.2 приведены зависимости изменения температуры с глубиной τ_{5000} в атмосфере HD21699, усредненные по фазам 0.023-0.410 (6 фаз) и 0.470-0.928 (5 фаз). Средняя величина температуры в области

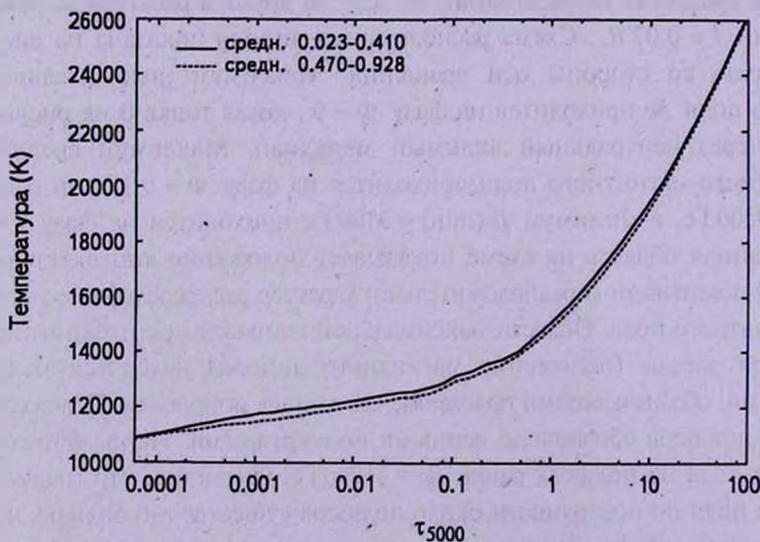


Рис.2. Сравнение усредненных зависимостей, полученных в области сильного магнитного поля (сплошная линия) и слабого магнитного поля (штриховая линия).

магнитного пятна $T^* = 11782\text{K} \pm 166\text{K}$, а средняя температура на противоположной стороне $T^{**} = 11503\text{K} \pm 240\text{K}$, т.е. различие, равное 279 К, не значимое. Отдельные для каждой фазы зависимости получены подбором новых температур в модели 16000/3.85 в слоях образования профиля H δ до наилучшего совпадения вычисленного по программе Цымбала SYNTHV [6] и наблюдаемого профиля. Отметим, что центральная часть профиля H δ образуется в слоях, имеющих $\tau_{5000} \sim 0.0003$ ($P \sim 1$ дин/см 2). Выше этих слоев мы не можем изучать атмосферу по профилям H δ , поскольку профиль не чувствует изменение T в более верхних слоях при моделировании. Расчеты распределения температуры с глубиной по профилям H δ производились по программе, учитывающей 64 слоя. В каждой фазе вращения итерациями подбиралось содержание He, Si и Fe, которые меняются и которые более всего влияют на профиль H δ , а также T в разных участках профиля. Влияние стратификации химических элементов не учитывалось.

Почти во всех фазах (рис.2) наблюдается повышение температуры до 500 К в области $\tau_{5000} = 0.001$ по отношению к нормальной модели Куруца, кроме фаз $\Phi = 0.116$ и 0.682, в которых в этой области давлений профили H δ соответствуют некоторому понижению температур по отношению к модели Куруца. Причина этого отличия от других 9 фаз непонятна.

На основании полученных средних зависимостей очевидно, что градиент поля и его величина не влияют на структуру звезды. В работе [7] было найдено, что у магнитных звезд соотношение между температурами возбуждения и ионизации, а также их отношение к эффективной температуре такое же, как у нормальных звезд. Это показывает, что магнитное поле не влияет на физическое состояние звездного вещества у магнитных CP-звезд и у них нет нарушений термодинамического равновесия.

На тех временах, что мы наблюдаем, магнитное поле не успевает изменяться и остается стационарным. Оно меняется только вследствие омической диссипации, которая, как известно, составляет время $\tau \sim 10^{10}$ лет [8]. Нас интересует - потенциально оно или нет, т.е. равна ли нулю магнитная сила. Из изложенного выше видно, что магнитная сила равна нулю, т.е. поле с высокой степенью вероятности - потенциальное. Поля ко времени выхода звезды на Главную последовательность столь старые, что все электрические токи уже потухли, а магнитные силовые линии составляют скелет, каркас.

Авторы благодарны А.В.Соловьеву за ценные советы.

Structure of the atmosphere of magnetic star HD 21699. The model atmosphere temperature distribution with depth was obtained for each observed rotational phase of magnetic star HD21699 from H δ line profiles obtained with high $S/N=1000$. These observed temperature distributions were averaged over the region of magnetic spots and outside of them. It was appeared, that within the limits of errors these averaged distributions are identical. It specifies that the

magnetic field does not influence a physical condition of star substance and there are no infringements of thermodynamic balance.

Key words: *stars:magnetic field:stellar atmosphere*

31 августа 2011

¹ Специальная астрофизическая обсерватория,
Россия, e-mail: glagol@sao.ru

Ю.В.Глаголевский
Yu.V.Glagolevskij
Г.А.Чунтонов
G.A.Chuntonov
А.В.Шаврина
A.V.Shavrina

² Главная астрофизическая обсерватория,
Украина, e-mail: shavrina@mao.kiev.ua

ЛИТЕРАТУРА

1. Yu.V.Glagolevskij, *Astrophys. Bull.*, 66, 123, 2011.
2. Yu.V.Glagolevskij, E.Gerth, *Magnetic stars*, Nizhnij Arkhyz, 2011, p.147.
3. Ю.В.Глаголевский, Г.А.Чунтонов, *Астрофизика*, 50, 441, 2007.
4. Ю.В.Глаголевский, А.В.Шаврина, Г.А.Чунтонов и др., *Астрофиз. Бюлл.*, 64, 170, 2009.
5. A.V.Shavrina, Yu.V.Glagolevskij, J.Silvester et al., *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 401, 1882, 2010.
6. V.V.Tsybal, *ASP Conf. Ser.*, V 108, 1996, p.198.
7. Ю.В.Глаголевский, *Изв. САО*, 2, 3, 1970.
8. Yu.V.Glagolevskij, *Magnetic stars*, Leningrad, Nauka, 1988, p.206.