

Переменные звезды 20, 99–101, 1975
Variable Stars 20, 99–101, 1975

О гравитационном потемнении в двойных системах типа W UMa

Л. Н. Иванов

Несинхронное вращение тесных двойных звезд влияет на степень их гравитационного потемнения. Для звезды с развитой конвективной оболочкой, такой, как W UMa, эта величина может достигать 0.3–0.4, тогда как при синхронном вращении она равна 0.08.

Gravity Darkening in W UMa Type Binary Systems by L. N. Ivanov

An asynchronous rotation of the close binary stars influences on the efficiency of their gravity darkening. In the W UMa systems this value can be as much as 0.3–0.4, while in the stars with synchronous rotation it is only 0.08.

Существуют многочисленные наблюдения, показывающие, что в моменты минимумов затменные системы типа W UMa, как правило, становятся краснее (сводку данных об этом явлении можно найти в работе Бинне н д и й к а (1965)). Причиной наблюдаемого покраснения принято считать пониженную температуру приливных выступов. Этот эффект носит название гравитационного потемнения и в общем виде описывается формулой:

$$T_{\bullet} \sim g^{\beta}, \quad (1)$$

где T_{\bullet} – эффективная температура в некотором месте поверхности звезды, g – ускорение силы тяжести, β – число, характеризующее степень гравитационного потемнения.

У двойных звезд, находящихся в лучистом равновесии и обладающих синхронным вращением, в соответствии с известной теоремой Цей п е л я, $\beta = 0.25$. Как показал Л ю с и (1967), синхронно вращающимся звездам с развитыми конвективными оболочками (например, компонентам систем типа W UMa), соответствует значение $\beta = 0.08$.

Малость значения β часто приводит к большим затруднениям при попытках построить модели звезд типа W UMa (см., например, работы М о х н а ц к и и др., (1972), М а у д е р а (1972)). Для согласования модели с наблюдениями колебаний цвета приходится предполагать очень большую степень эллиптичности звезд, вплоть до того, что звезды частично сливаются (как пишет Л ю с и (1968) "обладают общей конвективной оболочкой"). Модель двойной звезды со слившимися компонентами не может считаться удовлетворительной (К о п а л, 1971), кроме того, даже она далеко не всегда способна объяснить наблюдаемые кривые блеска и цвета звезд во время затмений.

В работе И в а н о в а (1971) проведен численный анализ процесса переноса энергии через конвективную оболочку звезды с несинхронным вращением, которая моделируется плоским слоем несжимаемой жидкости, помещенным в периодическое по времени гравитационное поле g . В совокупности с аналогичными расчетами для сжимаемого вещества, этот анализ показал, что переменность гравитационного поля приводит к переменности потока энергии, протекающей через конвективную зону. Приблизительно связь величины нестационарного потока энергии с ускорением силы тяжести можно представить формулой (1), но показатель степени β теперь зависит как от структуры конвективной зоны, так и от частоты несинхронного вращения ω . Если ω велика настолько, что конвекция не успевает приспособиться к переменному g , то $\beta \approx 0$. (В связи с этим уместно упомянуть звезду ϵ СтА, которая будучи звездой типа W UMa, не показывает изменений цвета (Т а п и а, 1969), что никак не может быть объяснено в предположении синхронности).

При уменьшении ω величина β возрастает и может достигнуть значения 0.6 (если колебания конвективного потока предполагать адиабатическими). Учет неадиабатичности снижает максимальное значение β до 0.3–0.4. Если период несинхронного вращения существенно больше времени тепловой релаксации конвективной зоны звезды, то допустимо считать, что она находится все время в тепловом равновесии и β должно уменьшиться до 0.08.

Итак, при несинхронном вращении звездам различной структуры могут соответствовать самые различные значения β , от нуля до нескольких десятых. Тем самым снимаются все затруднения, связанные с малостью β .

В заключение отметим, что предположение о несинхронности может оказаться полезным не только при объяснении наблюдаемых изменений цвета, но и при интерпретации нерегулярных колебаний блеска в двойных системах. Это следует из результатов работы И в а н о в а (1972), в которой показано, что несинхронность стимулирует тепловую неустойчивость конвективной оболочки звезды.

Приведенные выше данные о величине β носят предварительный характер, т. к. получены на основе одномерной плоской модели. В ближайшее время будут предприняты расчеты влияния динамических приливов на излучение звезды с учетом ее сферичности.

Л и т е р а т у р а:

- Биннендик, 1965 – Binnendijk L., "Kleine Veröff. Remeis. Sternwarte Bamberg" 4, 40, 36.
 Иванов Л. Н., 1971, Вестник ЛГУ № 19, 125.
 Иванов Л. Н., 1972, Вестник ЛГУ № 13, 126.
 Копал, 1971 – Kopal Z., PASP 83, № 495, 521.
 Люси, 1967 – Lucy L. B., Z. Astrophys. 65, 2, 89, 1967.
 Люси, 1968 – Lucy L. B., ApJ 153, 877

Маудер, 1972 -- Mauder H., Astron. and Aph 17, №1, 1.
Мохнацки и др., 1972 -- Mochnacki S.W., Doughty N.A., MN 156, №2, 243.
Тариа, 1969 -- Taria S., AJ 74, №4, 533.

Ленинградский гос. университет
им. А. А. Жданова
Астрономическая обсерватория

*Поступила в редакцию
15 мая 1974 г.*