

Исследование свойств линзирования шаровыми скоплениями

Никитина Елена Борисовна

Борисевич Алексей Николаевич

Красноярский государственный университет

Границкий Лев Васильевич, к.ф.-м.н.

maggika@mail.ru

Шаровые скопления (ШС) – это звездная система. Населяющие его звезды гравитационно взаимодействуют друг с другом, с окружающими звездами, газопылевыми облаками, скоплениями и с общим гравитационным полем Галактики.

Каждое скопление состоит из наиболее плотной центральной области, называемой ядром скопления, и окружающей ядро коронарной области (или короны), звездная плотность в которой в десятки, а у очень богатых звездами массивных скоплений в тысячи и миллионы раз меньше плотности ядра. Ядро – это то, что непосредственно бросается в глаза как звездное скопление. Корона – внешняя протяженная область скопления, определяющая его истинные размеры. Достаточно уверенно можно выделить несколько различных пространственных зон в скоплении, в котором градиент плотности примерно постоянен или слабо меняется, а на границе каждой зоны происходит его быстрое изменение.

Зона I – неразрешима (она не учитывается);

Зона II – внутренняя зона ядра с радиусом R_2 . В ней происходит наиболее быстрое уменьшение звездной плотности. Ее радиус R_2 примерно равен $2' - 3'$;

Зона III – внешняя зона ядра с радиусом R_3 . Его определяют как границу между ядром и короной скопления;

Зона IV – внутренняя корона с радиусом R_4 и медленным убыванием звездной плотности;

Зона V и VI – средние зоны короны с радиусами R_5 и R_6 , в которых убывание плотности весьма мало;

Зона VII – внешняя корона с радиусом R_7 , который принят за радиус скопления.

Во внутренних областях большинства зон обычно наблюдается превышение значения плотности над линией среднего градиента в зоне, а на ее границах – наоборот, что проявляется в виде ступенек и волн в ходе кривых. Этот эффект наблюдается в основном в области короны скопления и по мере перехода к большим относительным видимым звездным величинам постепенно замыкается.

Все вышесказанное позволяет предположить, что ШС в известном смысле обладают слоистой структурой, где отдельные слои – это указанные выше пространственные зоны.

Для ШС радиальная зависимость объемной плотности задается распределением Кинга:

$$\begin{aligned} \rho(p) &= \rho_0 (1 + p^2 / r_c^2)^{-3/2} && \text{при } p < r_t \\ \rho(p) &= 0 && \text{при } p \geq r_t \end{aligned} \quad (1)$$

где p – прицельный параметр, ρ_0 – центральная объемная плотность, r_c – радиус ядра, r_t – внешний радиус скопления.

Эффект гравитационных линз основан на преломлении световых лучей в поле тяготения. Гравитационное поле массивного тела действует подобно собирающей оптической линзе. Объекты с массами $10^3 - 10^9 M_\odot$ называются мезолинзами. Кинговскими линзами называют объекты, удовлетворяющие условию (1). Гравитационное отклонение лучей, проходящих на расстоянии l , определяется массой, заключенной в шаре радиуса l . Отклоняющий нормированный угол в кинговской модели представляется как

$$\alpha(x) = \frac{\Lambda(x)}{x}, \quad (2)$$

где

$$\Lambda(x) = \begin{cases} \ln(1+x^2) - 4(1+x_t^2)^{-1/2} [(1+x^2)^{1/2} - 1] + x^2(1+x_t^2)^{-1} & \text{при } |x| < x_t \\ \Lambda(x_t) & \text{при } |x| \geq x_t, \end{cases} \quad (3)$$

здесь $x = l/r_c$, $x_t = r_t/r_c$.

Нами исследована функция отклоняющего нормированного угла $\alpha(x)$ для некоторых ШС. Были выбраны 10 шаровых скоплений. Отбор производился по параметру x_t , от \min до \max значения. Функцию исследовали на экстремумы. Первая производная исследуемой функции:

$$\alpha'(x) = \frac{2}{1+x^2} - \frac{\ln(1+x^2)}{x^2} - \frac{4}{\sqrt{1+x_i^2}\sqrt{1+x^2}} + \frac{4(\sqrt{1+x^2}-1)}{x^2\sqrt{1+x_i^2}} + \frac{1}{1+x^2}, \quad (4)$$

Все расчеты производились с помощью программы «Maple». Для каждого скопления функция $\alpha(x)$ имеет два экстремума, но в рассматриваемые интервалы значений x (от $x_{\min} = r_c$ до $x_{\max} = r_l$) попадает только один экстремум. Построены графики для скоплений NGC 6284 и NGC 6362.

Интересно отметить, что ШС со значением $x_i \leq 15.84$ в экстремуме имеют \min и с возрастанием x_i увеличивается и значение $x_{\text{экстр}}$, а $\alpha(x_{\text{экстр}})$ уменьшается. ШС со значением $x_i \geq 19.95$ в экстремуме имеют \max , но с возрастанием x_i значение $x_{\text{экстр}}$, а следовательно и $\alpha(x_{\text{экстр}})$, не меняется.

Наличие \max и \min у функции $\alpha(x)$ в рассматриваемых интервалах значений x говорит о том, что в короне скоплений функция уменьшения оптической плотности с учетом эффектов гравитационного линзирования может характеризоваться не гладким убыванием. Следовательно, можно предположить, что для оптической плотности ШС характерна кольцевая структура, аналогичная дифракционной картине.

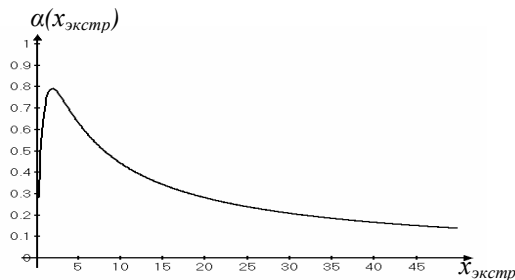


рис.1. Распределение функции отклоняющего нормированного угла для скопления 6284.

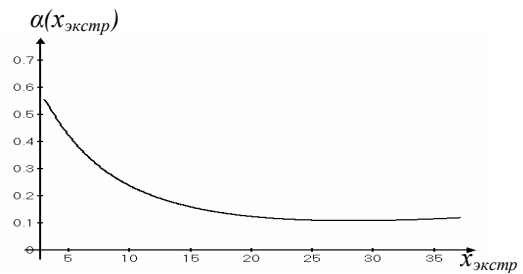


рис.2. Распределение функции отклоняющего нормированного угла для скопления 6362.

Список публикаций:

- [1] Пейков З.И., Кадийская Р.И., Пространственная структура шарового скопления M15. АЖ, 2002, т.79, №3.
- [2] Суханов А.Г., Никитина Е.Б., К вопросу о втором гало шаровых звездных скоплений. Сборник тезисов ВНКСФ-7, Санкт-Петербург, 2001.
- [3] Барышев Ю.В., Езова Ю.Л., Гравитационное мезолинзирование объектами кинговского типа и ассоциации квазар – галактика. АЖ, 1997, т.74, №4.