



Оптимизация методики расчета эффекта микролинзирования на кластере ПЧД

Студент: Мучкинова Б.Ю.

Научный руководитель: Шлепкина Е.С.

Консультант: Белоцкий К.М.

27.12.2023



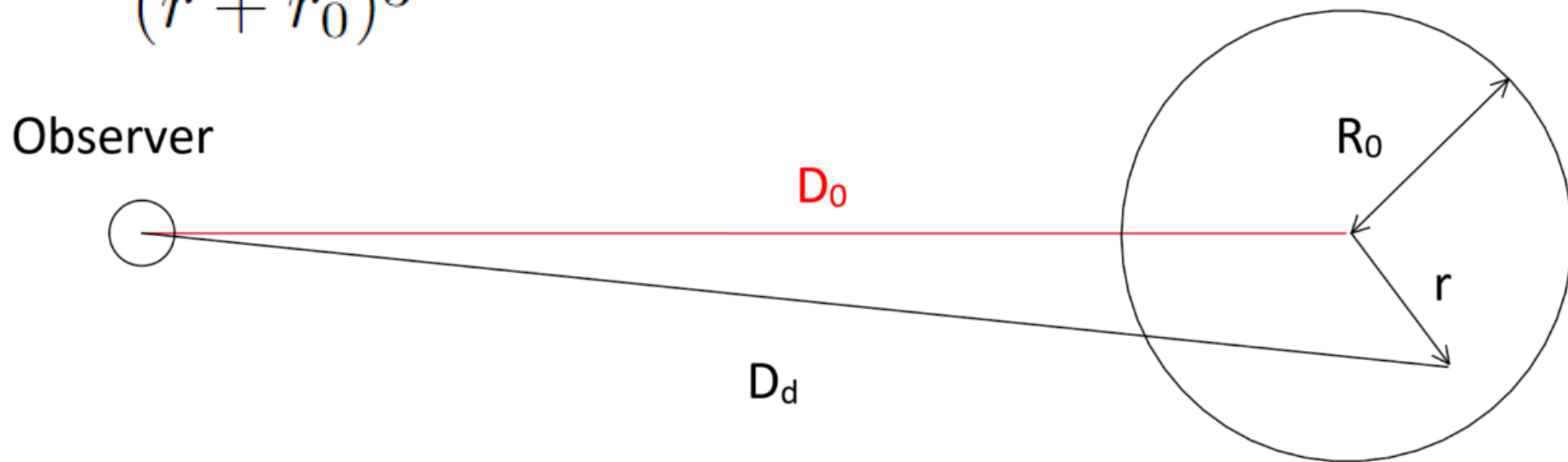
Параметры кластера

$R = 1$ пк – радиус кластера

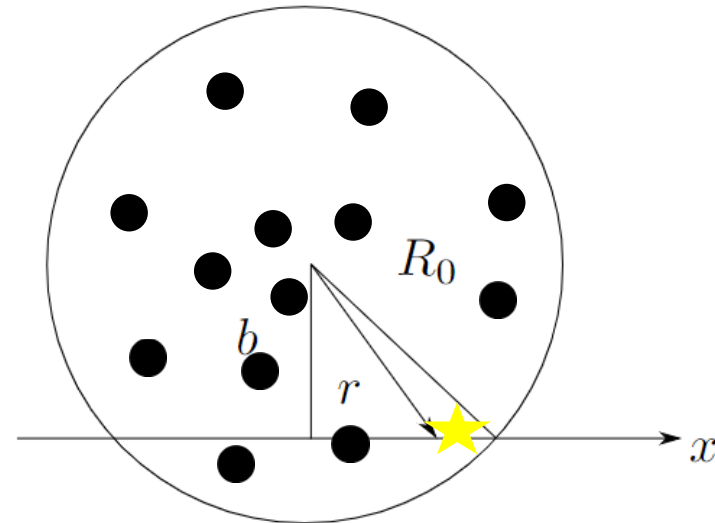
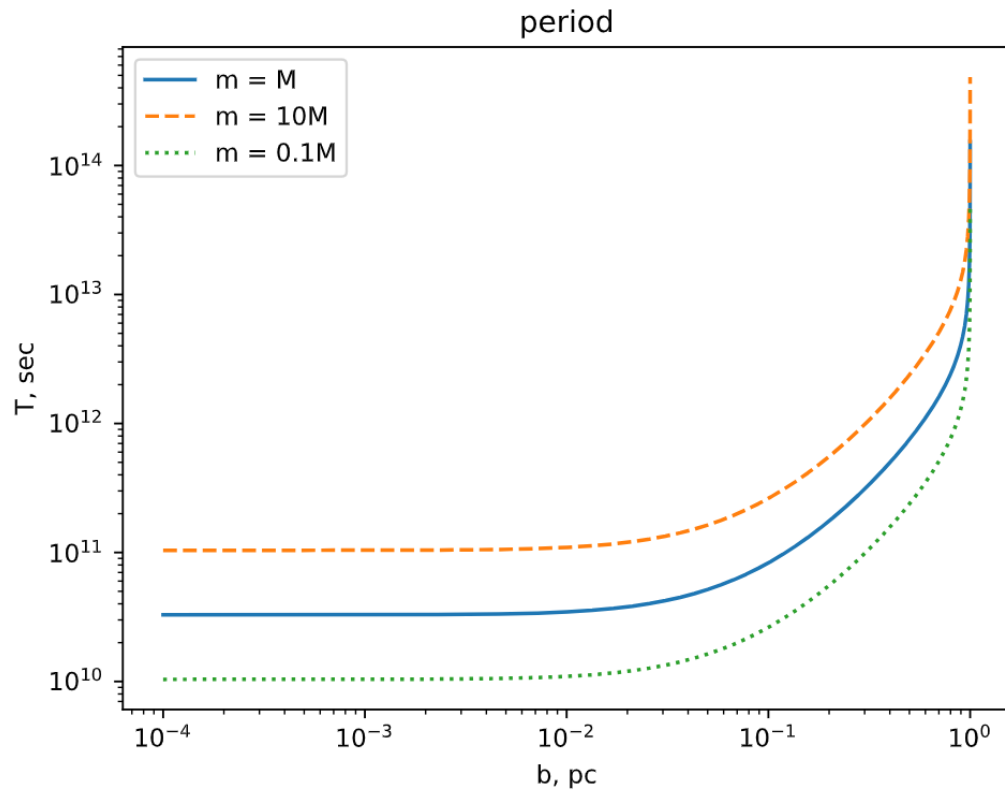
$M = 10^4 M_{\odot}$ – масса кластера

$r_0 = 0.1R$ – радиус ядра кластера

$$\rho(r) = \rho_0 \frac{r_0^3}{(r + r_0)^3}, \quad 0 < r < R$$



Влияние параметра массы ПЧД на период



$$T(b, m) = 1.626 \cdot 10^{12} \cdot \sqrt{\frac{m}{M_{\odot}}} \cdot \int_{-y_1}^{y_1} \frac{1}{(\sqrt{y^2 + (b/R)^2} + r_0/R)^3} dy \text{ сек}$$

Проверка правильности методики расчета

$\tau_{\text{кл}}$ – прозрачность кластера

$$\tau_{\text{кл}} = \frac{\int_0^{R/D_d} \tau(\tilde{b}) n \cdot 2\pi \tilde{b} d\tilde{b}}{\pi (R/D_d)^2} = 1.59 \cdot 10^{-5}$$

Вероятность линзирования звезды
из БМО на одном кластере

$\langle \tau_{\text{кл}} \rangle$ – прозрачность неба

$$\langle \tau_{\text{кл}} \rangle = \tau_{\text{кл}} \cdot N_{\text{кл}} \cdot \frac{\pi R_{\text{кл}}^2}{4\pi D_d^2} = 3.98 \cdot 10^{-6}$$

Средняя вероятность линзирования
с учетом всех кластеров

$\langle \tau_{\text{кл}} \rangle$ – прозрачность неба

Первый способ:

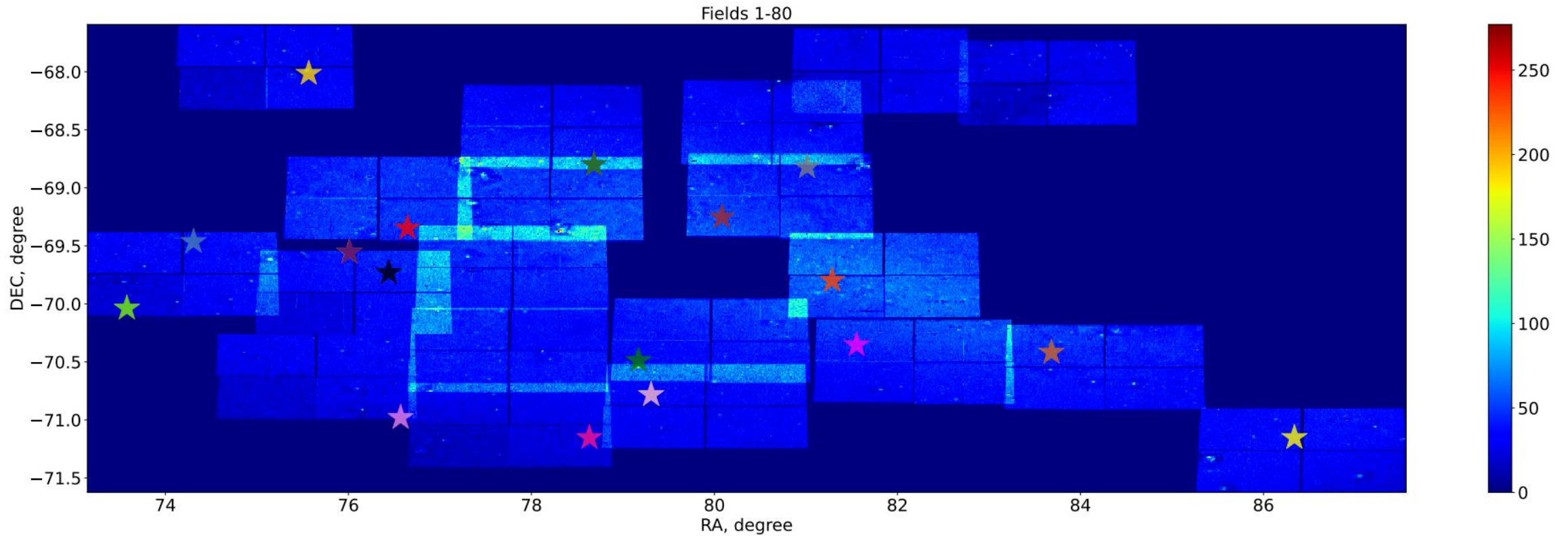
«Прозрачность» неба для одиночных ПЧД,
вычисленная разными способами

$$\langle \tau \rangle = \frac{4\pi G}{c^2} D_s^2 \int_0^1 \rho(x) x(1-x) dx = 3.95 \cdot 10^{-6}$$

Второй способ:

$$\langle \tau \rangle = \frac{M_{\text{Гал}}}{m} \frac{\pi R_E^2}{4\pi D_d^2} = 4 \cdot 10^{-6}$$

Линзирование звезд Большого Магелланова Облака



$$\mathcal{N} = \int_0^R \tau(b)n \cdot 2\pi b db = 10^{-3}$$

$$\mathcal{N}_{\text{DM}} = \mathcal{N} \cdot N_{\text{clus LMC}} = 2.38 \cdot 10^2$$

Заключение

В данной работе совершенствовалась методика расчета вероятностей эффекта гравитационного микролинзирования на кластере ПЧД. Были рассмотрены упрощенные модели кластеров для оценки вероятности линзирования фоновых звезд. Для сравнения была оценена аналогичная вероятность для таких же, но одиночных ЧД при таком же упрощенном допущении их массовом и пространственном распределении в Галактике. В результате получено:

- 1) оценка влияния параметра массы ПЧД на зависимость временного интервала между событиями линзирования одной звезды на кластере от прицельного параметра;
- 2) проведены оценки прозрачности вдоль луча зрения для разных точек кластера, средних прозрачностей всего кластера и всего неба, ими "покрытого"; также проведена оценка прозрачности неба для одиночных ПЧД двумя методами расчета;
- 3) для полученной оценки прозрачности кластеров оценено ожидаемое количество событий линзирования на одном кластере и их множестве

Список литературы

- [1] M.Y. Khlopov, R.V. Konoplich, S.G. Rubin and A.S. Sakharov, First-order phase transitions as a source of black holes in the early universe, *Grav. Cosmol.* 6 (2000) 153.
- [2] S.G. Rubin, M.Y. Khlopov and A.S. Sakharov, Primordial black holes from nonequilibrium second order phase transition, *Grav. Cosmol.* 6 (2000) 51 [hep-ph/0005271].
- [3] S.G. Rubin, A.S. Sakharov and M.Y. Khlopov, The Formation of primary galactic nuclei during phase transitions in the early universe, *J. Exp. Theor. Phys.* 91 (2001) 921 [hep-ph/0106187].
- [4] K.M. Belotsky, V.I. Dokuchaev, Y.N. Eroshenko, E.A. Esipova, M.Y. Khlopov, L.A. Khromykh et al., Clusters of primordial black holes, *Eur. Phys. J. C* 79 (2019) 246 [1807.06590].