

Пересмотр ограничения по грав. микролинзированию на плотность ПЧД с учетом их кластерной структуры

Студент: Мучкинова Б.Ю.

Научный руководитель: Шлепкина Е.С.

Консультант: Белоцкий К.М.

7.05.2024

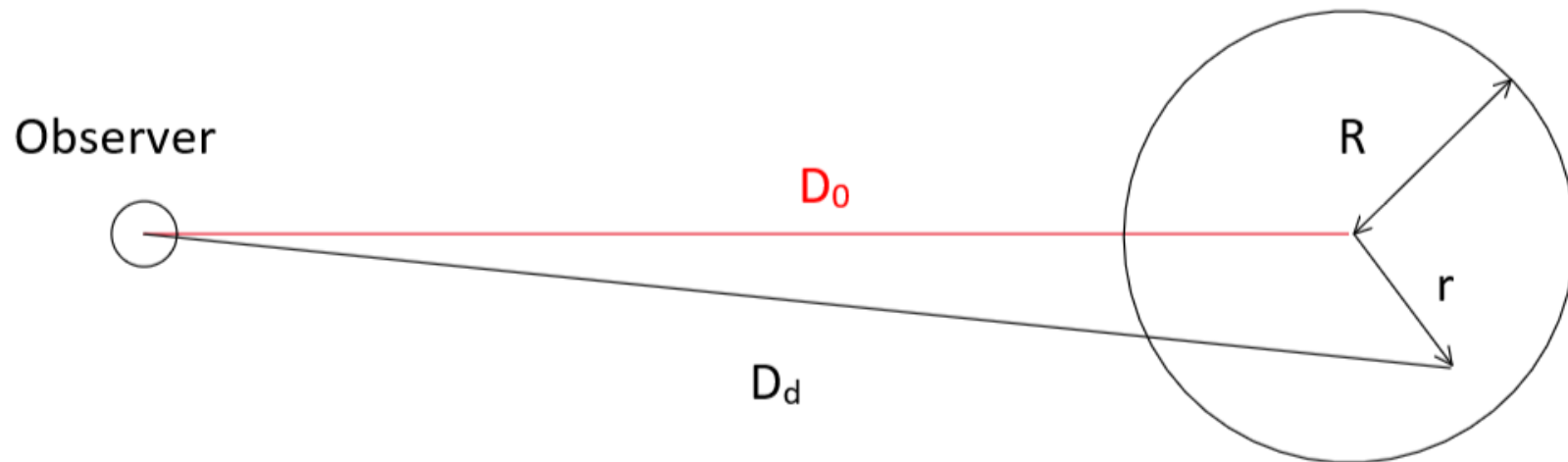
Параметры кластера

$R \leq 1$ пк – радиус кластера

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

$r_0 \leq 0.1R$ – радиус ядра кластера ("кора")

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

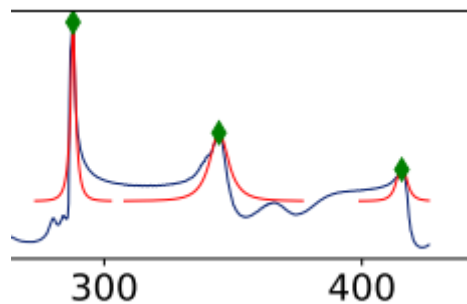


Возможные особенности линзирования на кластере

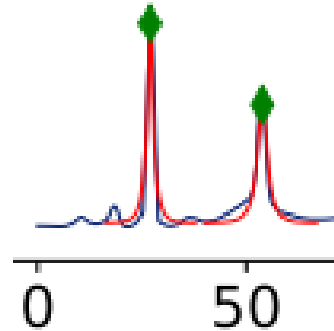
Возможные особенности линзирования на кластере

Искаженная форма
профиля события

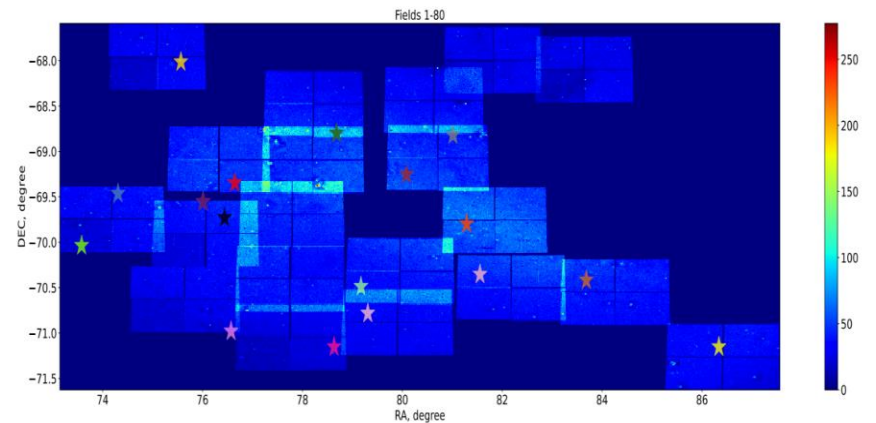
Экранировка



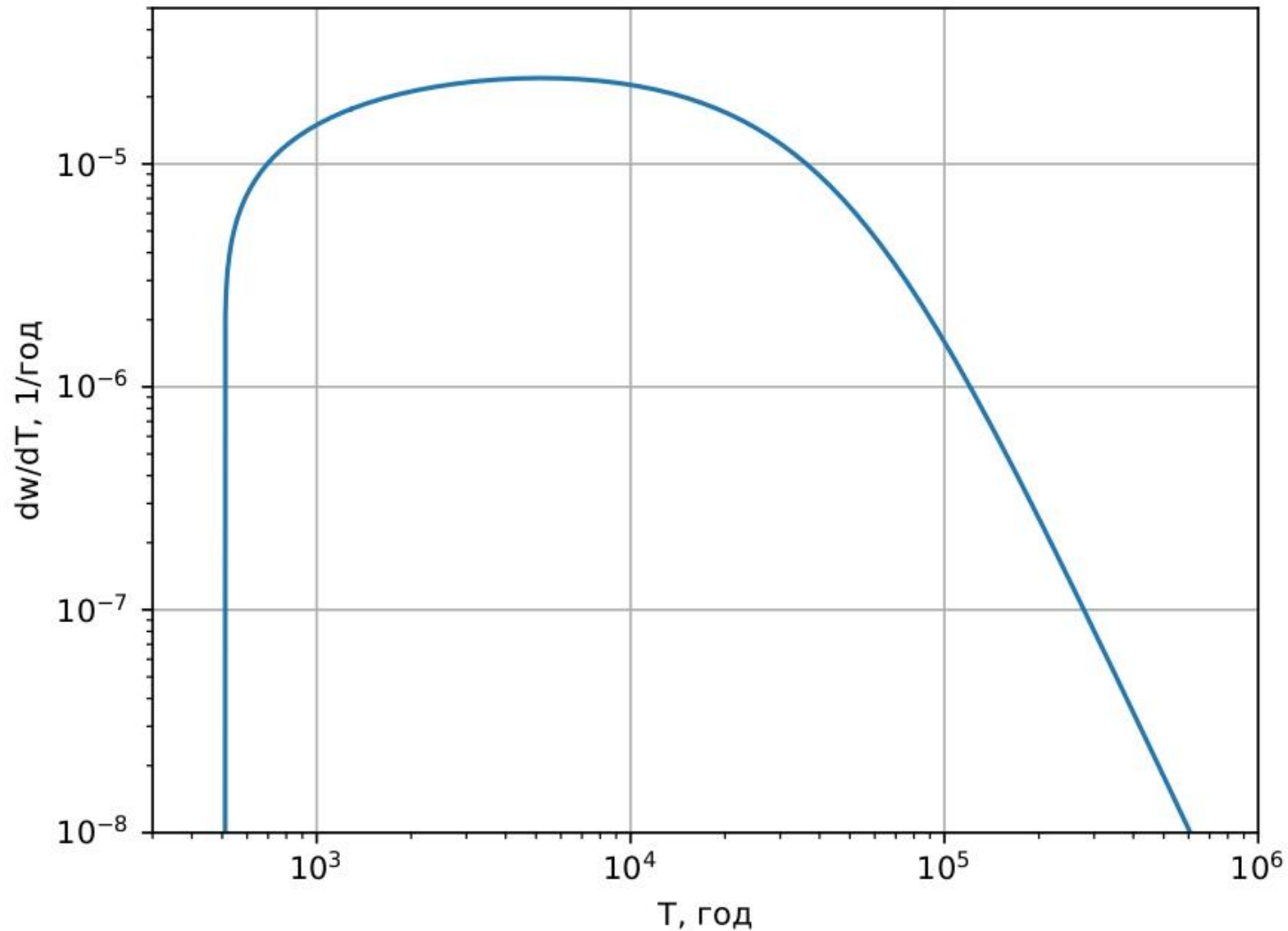
Кратность событий
для одной звезды



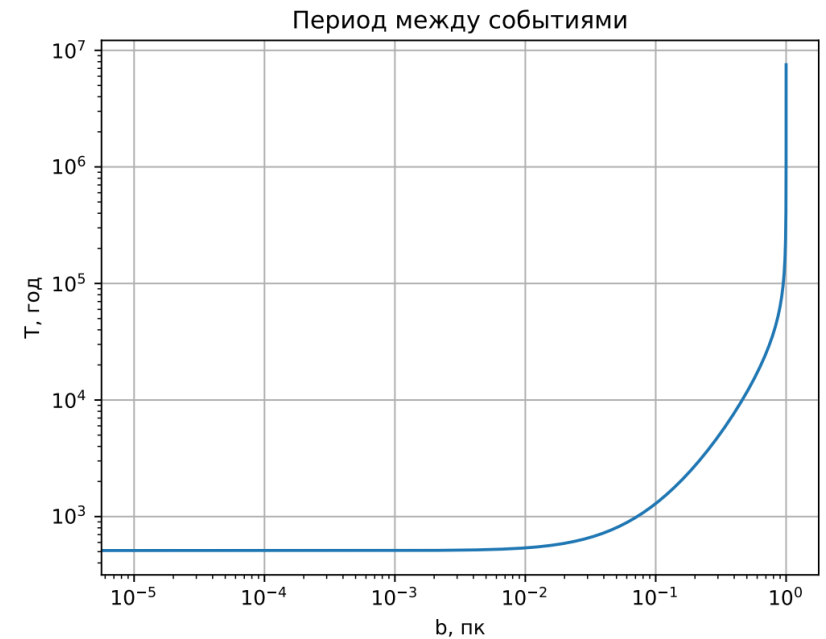
Группирование событий
по времени и расстоянию



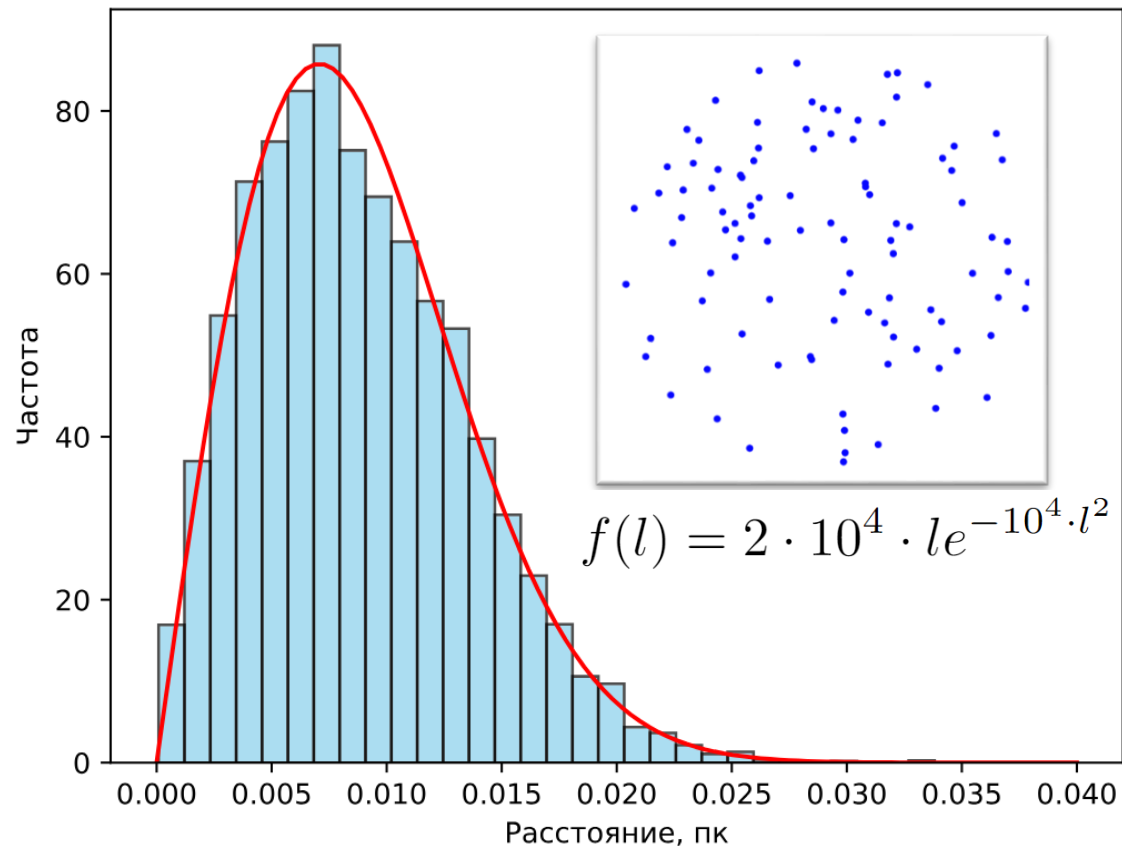
Распределение по временному интервалу T между событиями для одной звезды



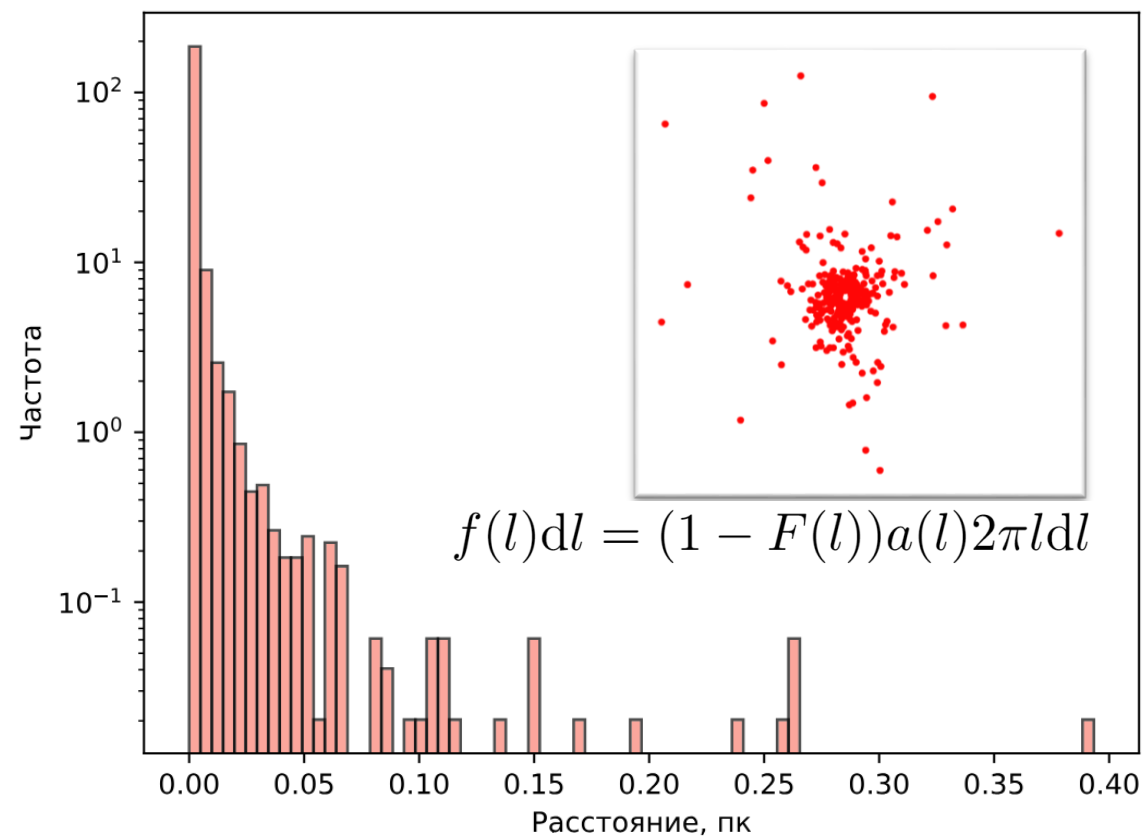
$$\frac{dw}{dT} = \frac{dw}{db} \frac{1}{\frac{dT}{db}}$$



Распределения по расстояниям до ближайшей ПЧД (для одной звезды) (1 шаг)

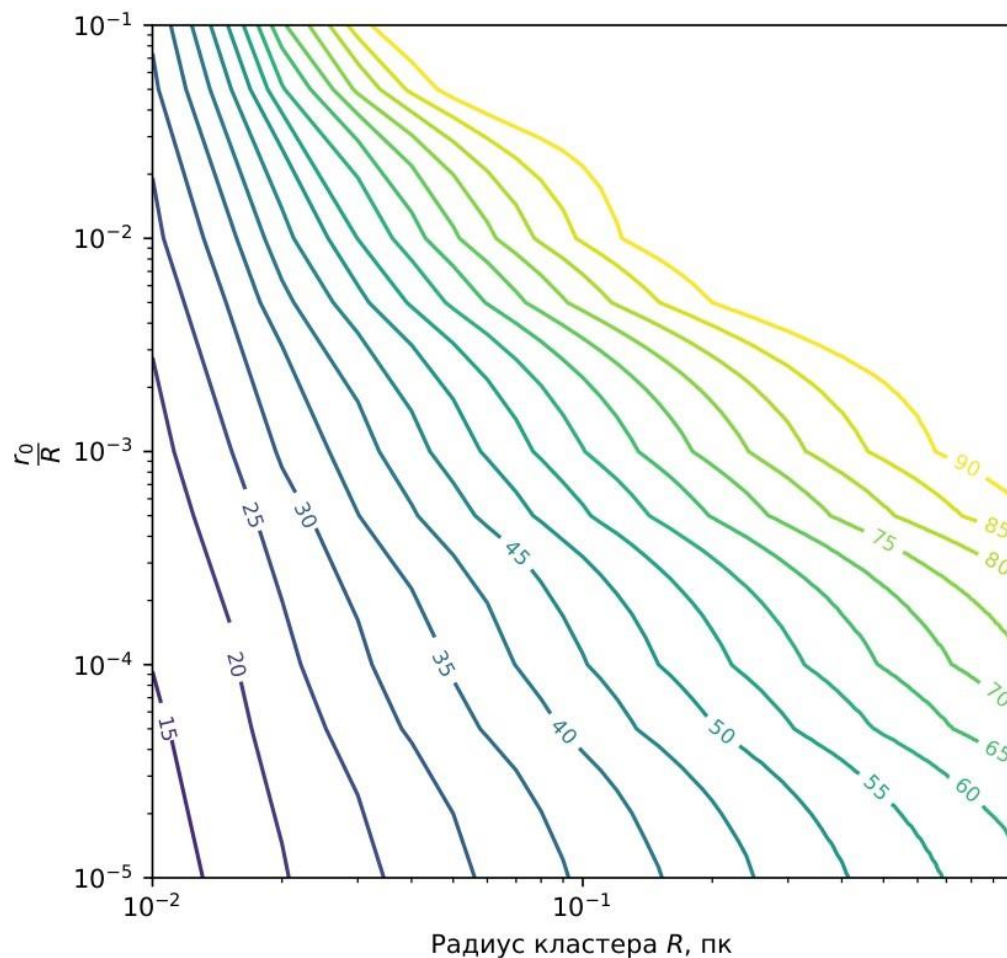


Равномерное распределение
ПЧД в кластере



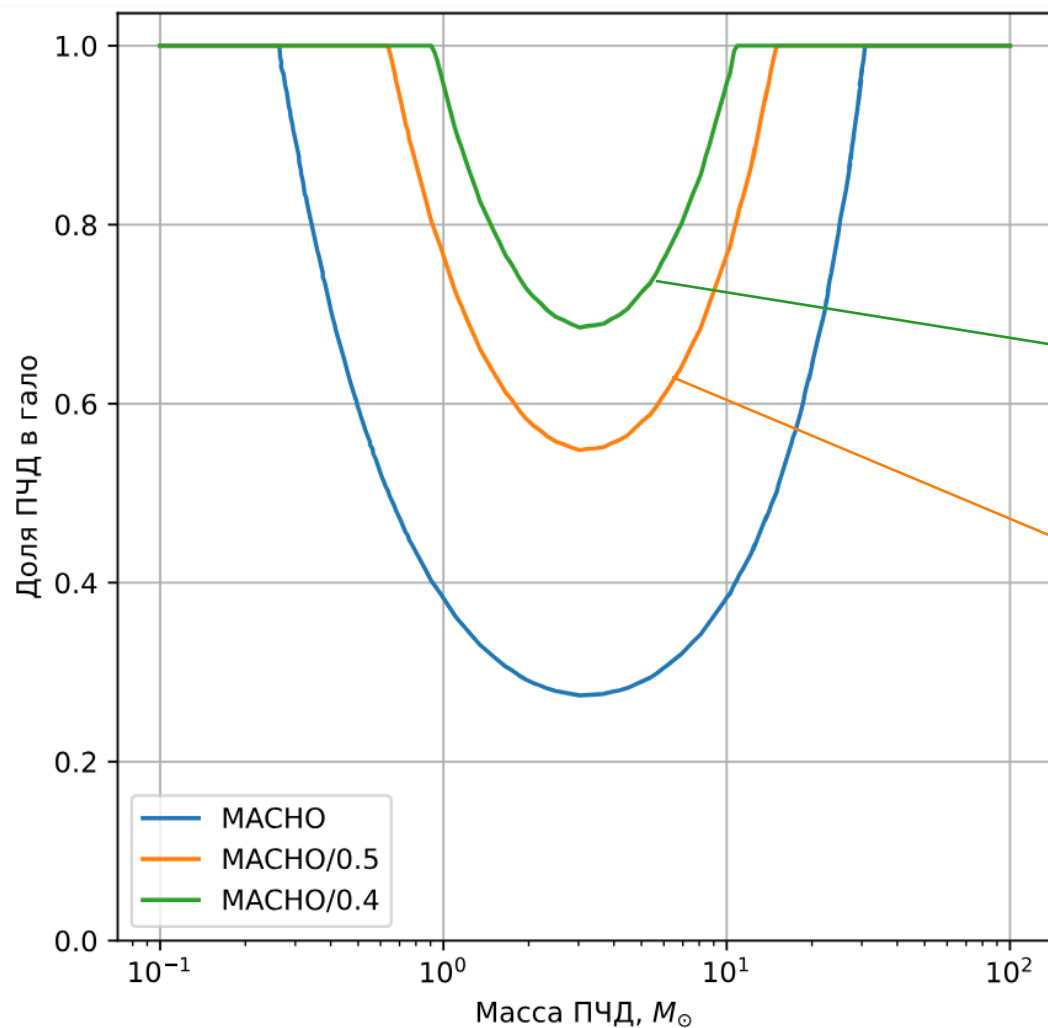
Реальное распределение
ПЧД в кластере

Доля незаэкранированных ПЧД

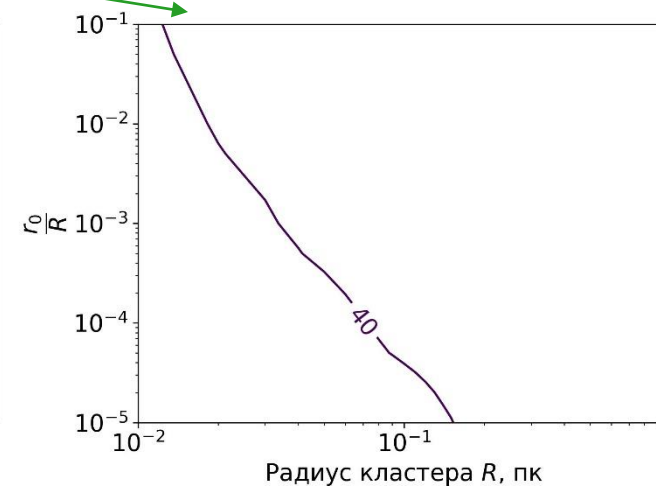
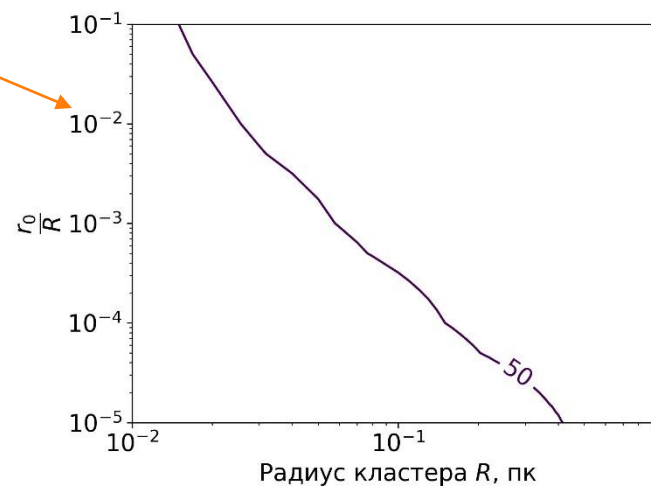


Под **незаэкранированными** ПЧД подразумеваем часть ПЧД в кластере, которая лежит в области $\tau < \mathbf{0.1}$, поскольку эффект искажения профиля события проявляется при $\tau \ll 1$, (работа К. Тощенко и др. "Влияние кластеризации первичных черных дыр на наблюдательные ограничения доли компактных объектов Гало")

Ослабленные ограничения МАСНО



Ослабления ограничений имеют место, когда эффект от кластера силен (менее вероятный случай, поскольку требуются более экстремальные параметры кластера)



Заключение

В данной работе исследовалось влияние кластеризации ПЧД на их ограничение по гравитационному микролинзированию. На данном этапе достигнуты следующие результаты:

- Классифицированы возможные проявления кластерной структуры ПЧД в эффекте микролинзирования;
- Оценено в 1-м приближении распределение по временному интервалу T между событиями микролинзирования для одной звезды;
- Получены распределения по расстояниям до ближайшей ПЧД для двух случаев (однородного профиля плотности кластера ПЧД и степенного с «кором»);
- Получены численные оценки ослабления ограничения на основе эффекта простого экранирования.

Список литературы

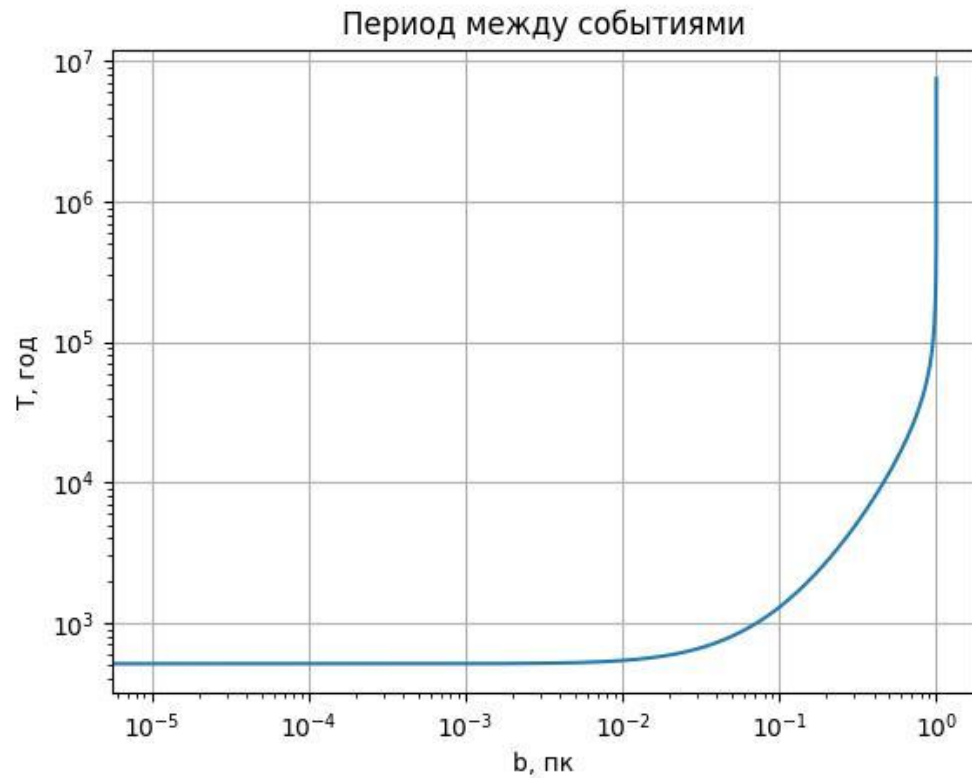
- [1] M.Y. Khlopov, R.V. Konoplich, S.G. Rubin and A.S. Sakharov, First-order phase transitions as a source of black holes in the early universe, *Grav. Cosmol.* 6 (2000) 153.
- [2] S.G. Rubin, M.Y. Khlopov and A.S. Sakharov, Primordial black holes from nonequilibrium second order phase transition, *Grav. 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] N. Kaiser, On the Spatial correlations of Abell clusters, *Astrophys. J. Lett.* 284 (1984) L9.
- [5] C. Animali and V. Vennin, Clustering of primordial black holes from quantum diffusion during inflation, 2402.08642.
- [6] 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].
- [7] Macho collaboration, MACHO project limits on black hole dark matter in the 1-30 solar mass range, *Astrophys. J. Lett.* 550 (2001) L169 [astro-ph/0011506].



Back-Up



Период между событиями и распределение по периоду



$$T(b) = \frac{R_E}{v\tau} = \frac{1}{v\pi \left(2r_\odot \frac{D_{ds}D_d}{D_s}\right)^{1/2} \rho_0 \int_{-\sqrt{R^2-b^2}}^{\sqrt{R^2-b^2}} \frac{1}{(\sqrt{x^2+b^2}+r_0)^3} dx}$$

$$\frac{dw}{2\pi b db} = \text{const}, \int dw = 1$$

$$\frac{dw}{db} = \frac{2b}{R^2}$$

$$\frac{dw}{dT} = \frac{dw}{db} \frac{1}{\frac{dT}{db}}$$