



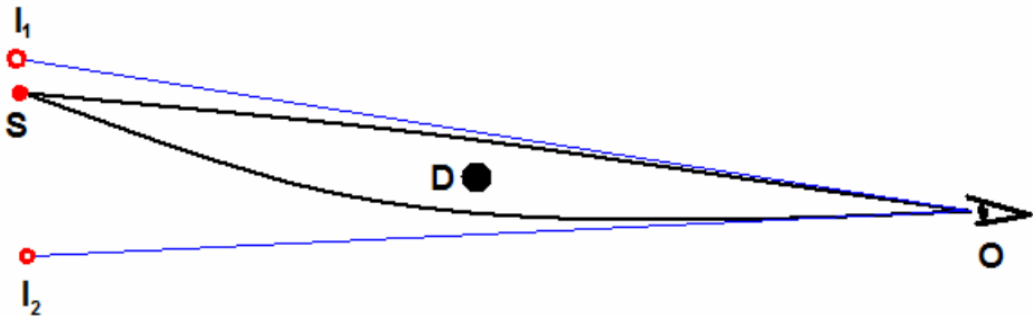
# Изучение эффекта микролинзирования на кластере ПЧД

Мучкинова Б.Ю. // Шлепкина Е.С.

26.12.2021

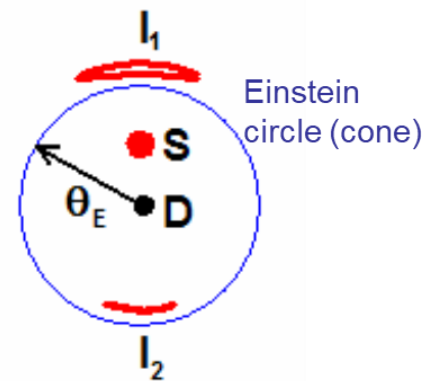


## Гравитационное микролинзирование

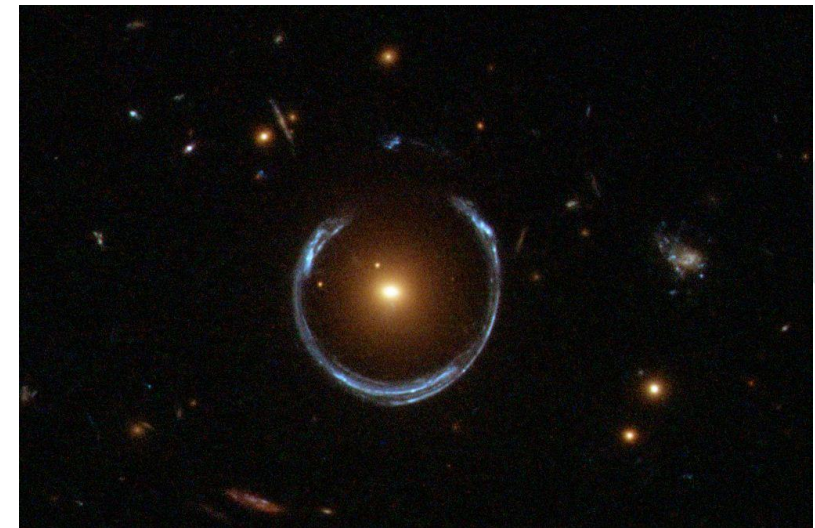


$$\theta_E^2 = \frac{4GM_D}{c^2} \frac{l_{SD}}{l_{DO}l_{SO}} = 2r_{gD} \left( \frac{1}{l_{DO}} - \frac{1}{l_{SO}} \right) \quad \text{Holstein-Einstein formula}$$

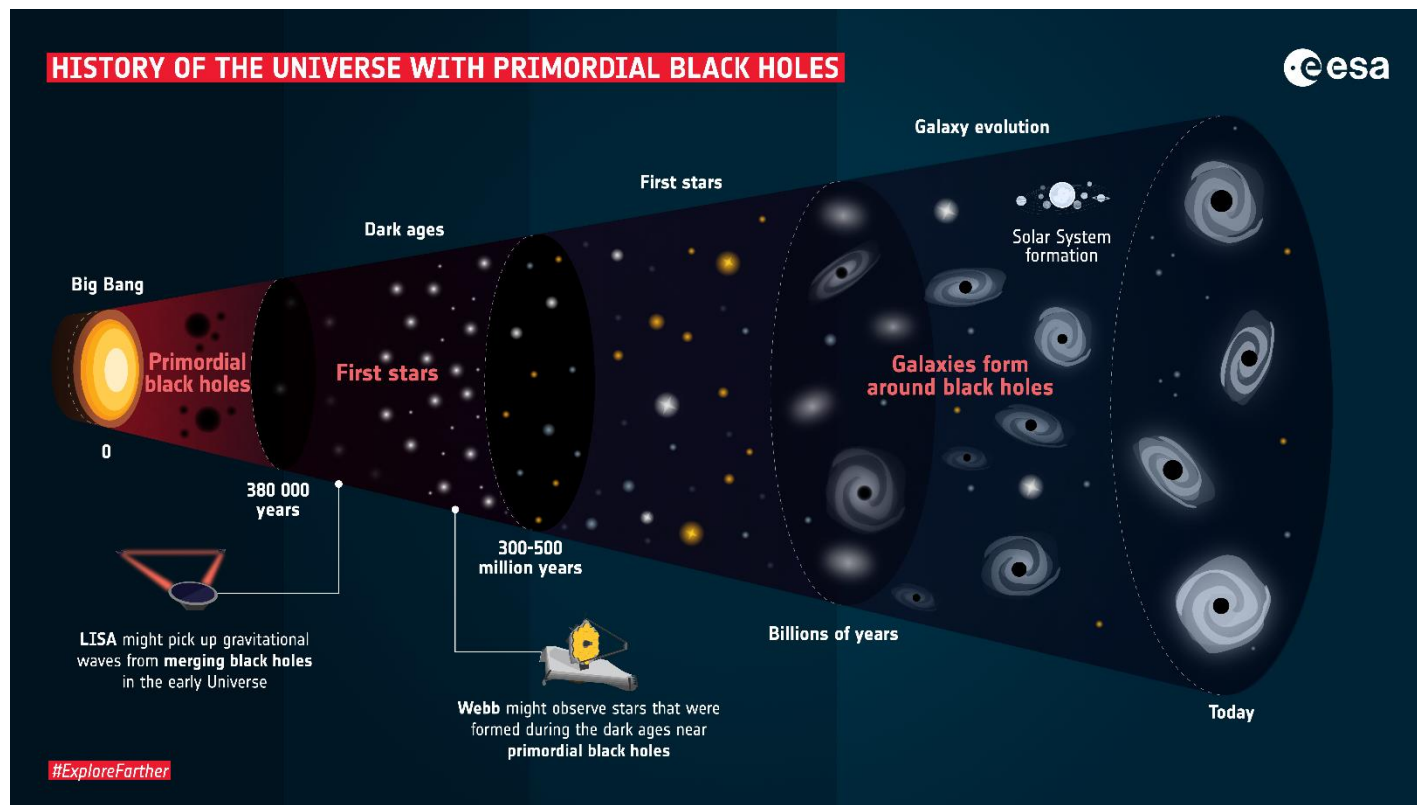
$$\mu = \frac{\theta_I d\theta_I}{\theta_S d\theta_S} = \frac{1}{2} \left( \frac{\Delta\theta}{\theta_S} + \frac{\theta_S}{\Delta\theta} \right) \quad \text{- intensity enhancement}$$
$$\Delta\theta = \sqrt{\theta_S^2 + 4\theta_E^2}$$



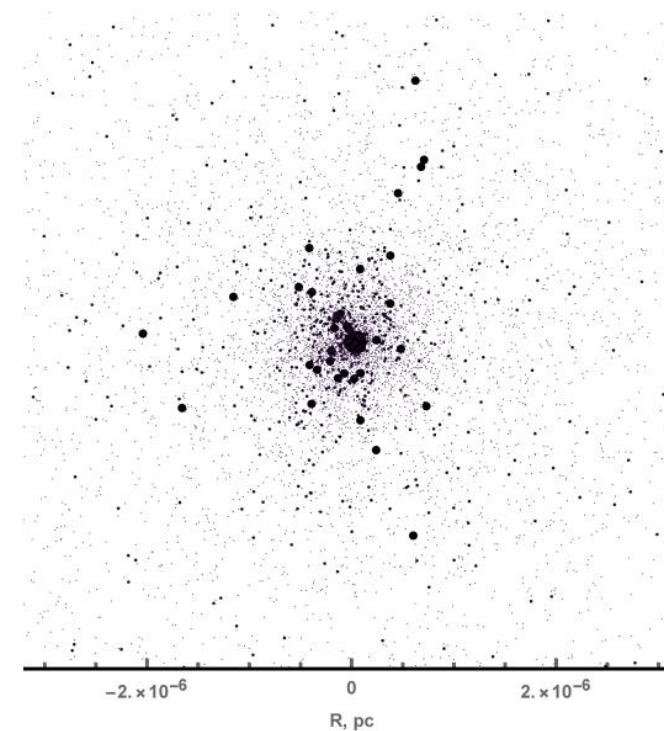
Note, effect does not depend on the frequency of the light (blue, green, yellow, red...).



## Первичные черные дыры (ПЧД)



- 1) Данные LIGO
- 2) Ранние квазары (на больших красных смещениях,  $Z = 10$ )



# Задачи

- Пространственное распределение – Пуассоновское, массы ПЧД в кластере одинаковые и равные  $M_{\text{PBH}}$ ;
- Значения масс чёрных дыр скопления лежат в диапазоне  $10^{-4} - 10^2 M_{\odot}$ , график средней плотности в скоплении приведен на рис. 1

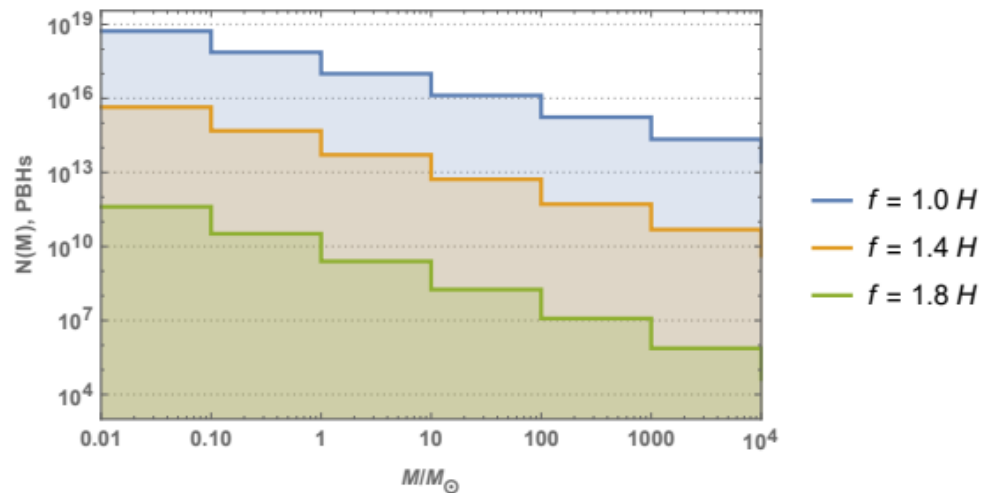
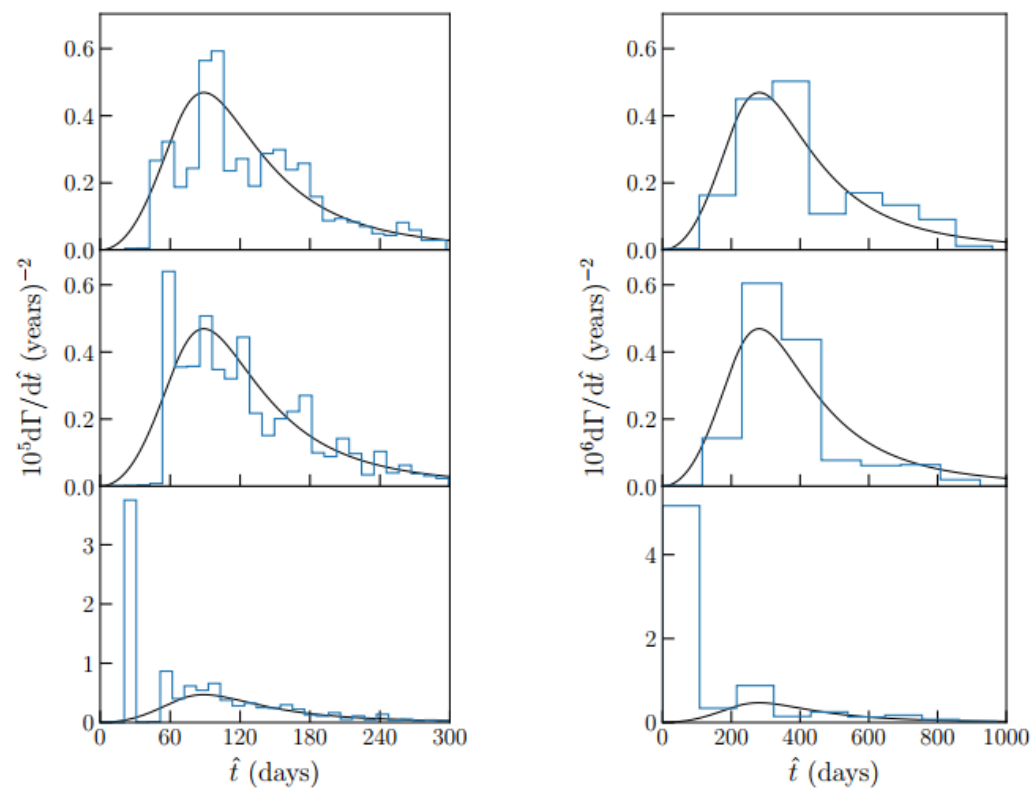


Figure 1. PBHs mass spectrum for the visible Universe:  $f = 1.4H$  line represents realistic PBH distribution. In this case, the number of PBHs with a mass  $\sim 10^2 M_{\odot}$  corresponds to the number of galaxies in the observable Universe. The role of other lines is to demonstrate a strong dependence of the distribution on the parameter  $f$ .

# Задача-1



**Figure 1.** Example realisations of the differential event rate,  $d\Gamma/d\hat{t}$ , for clustered DM (blue lines) compared with the standard smooth DM halo (black). In all six cases all of the DM is in clusters containing  $N_{\text{cl}} = 10^6$  PBHs and the PBHs have mass  $M_{\text{PBH}} = 1$  and  $10M_{\odot}$  in the left and right hand columns respectively. The top two rows show ‘typical’ realisations, where the absence of any clusters close to the observer leads to a deficit of short-duration events. The bottom row shows examples of rare realisations where there is a cluster close to the observer which produces short-duration events at a high rate (note the different range of the y-axis in this case).

# Задача-2

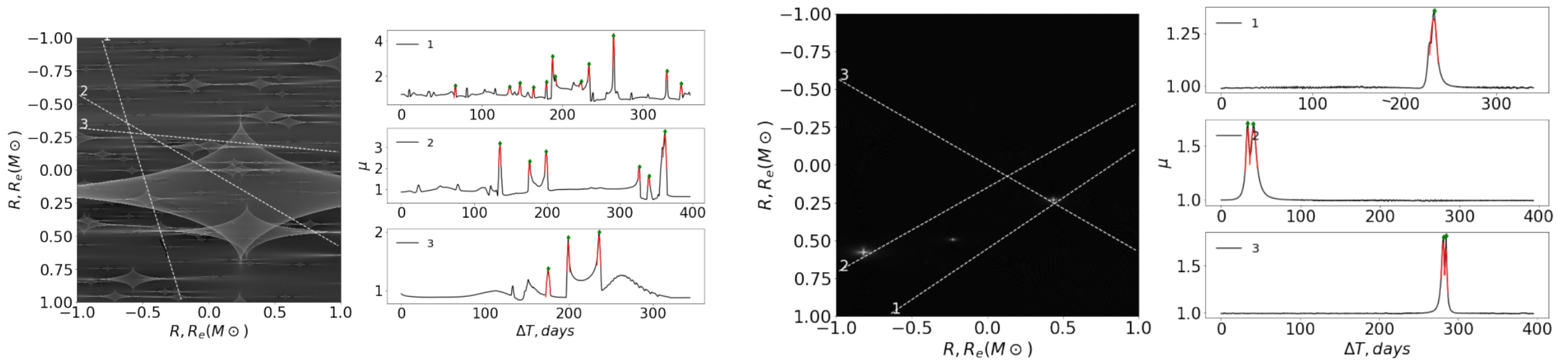


Рисунок 2 — Пример карт усиления и соответствующих им кривых блеска для фоновой звезды размером до  $R_{\text{source}} \approx 27 \cdot R_{\odot}$  для скопления ПЧД на расстояниях: (сверху вниз) 0.014, 0.020, 0.033 пк от центра скопления. Зеленым цветом обозначены найденные пики. Красным цветом показан результат фитирования пиков кривых блеска.

# Заключение

- 1) Была освоена постановка задачи о микролинзировании кластера ПЧД, включающая изучение самого эффекта;
- 2) Изучалась литература, имеющаяся по данной тематике на данный момент;
- 3) Была поставлена задача о классификации событий микролинзирования на кластере ПЧД.

# Список литературы

[1] M. Gorton and A.M. Green, Effect of clustering on primordial black hole microlensing constraints, JCAP 08 (2022) 035 [2203.04209].

[2] V. De Luca, G. Franciolini, A. Riotto and H. Veermäe, Ruling Out Initially Clustered Primordial Black Holes as Dark Matter, Phys. Rev. Lett. 129 (2022) 191302 [2208.01683].

[3] G. Franciolini, K. Kritos, E. Berti and J. Silk, Primordial black hole mergers from three-body interactions, Phys. Rev. D 106 (2022) 083529 [2205.15340].