

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

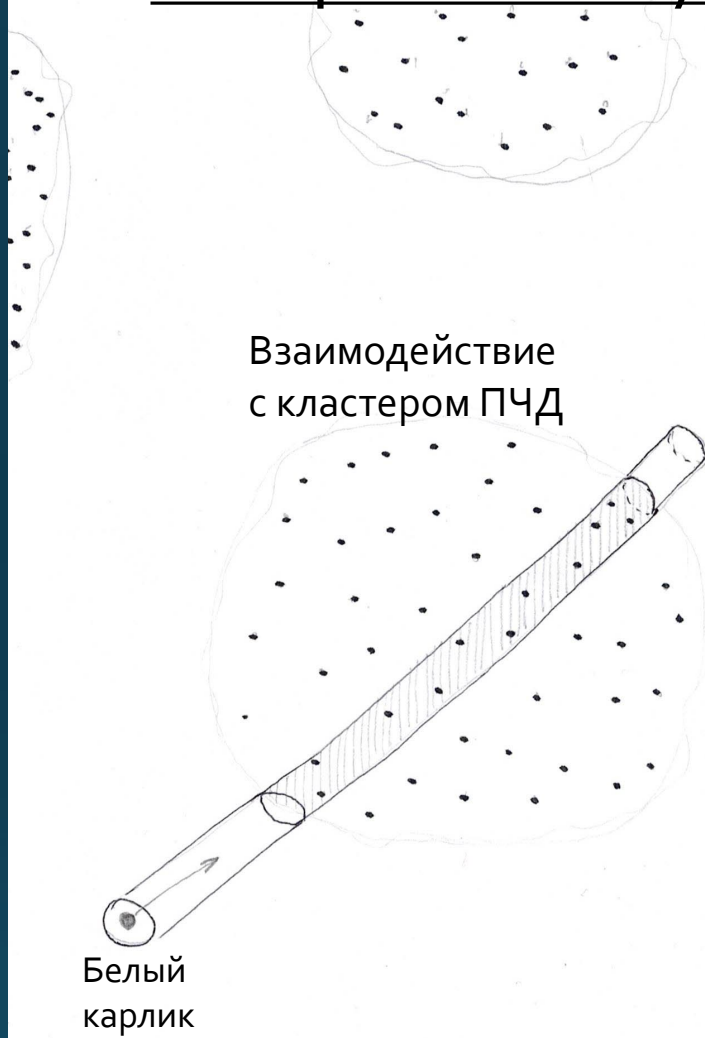
Кафедра физики элементарных частиц №40 Научная  
исследовательская работа студента на тему:

# ИЗМЕНЕНИЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ПО БЕЛЫМ КАРЛИКАМ НА ПЛОТНОСТЬ ПЕРВИЧНЫХ ЧЕРНЫХ ДЫР В СЛУЧАЕ ИХ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

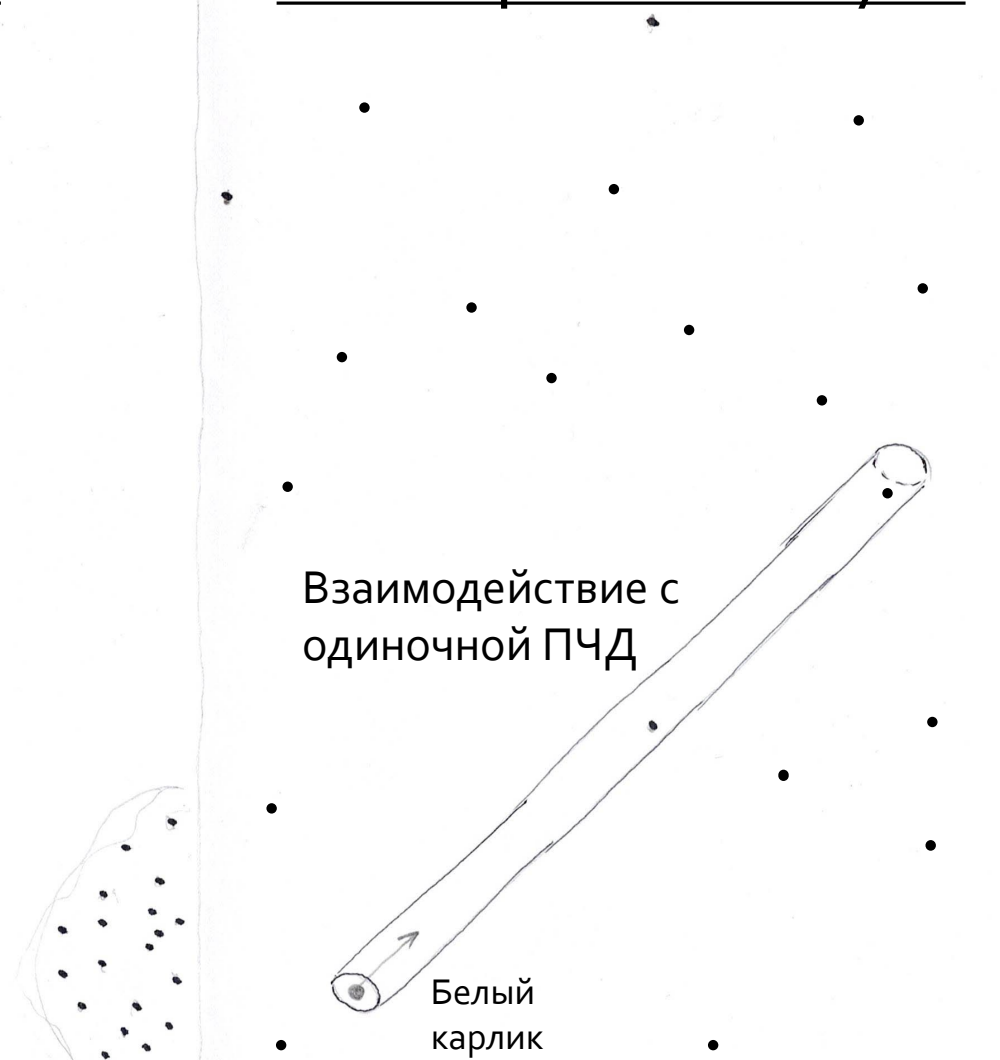
К. М. Белоцкий

Н. Б. Мясников

## Кластеризованный случай



## Некластеризованный случай



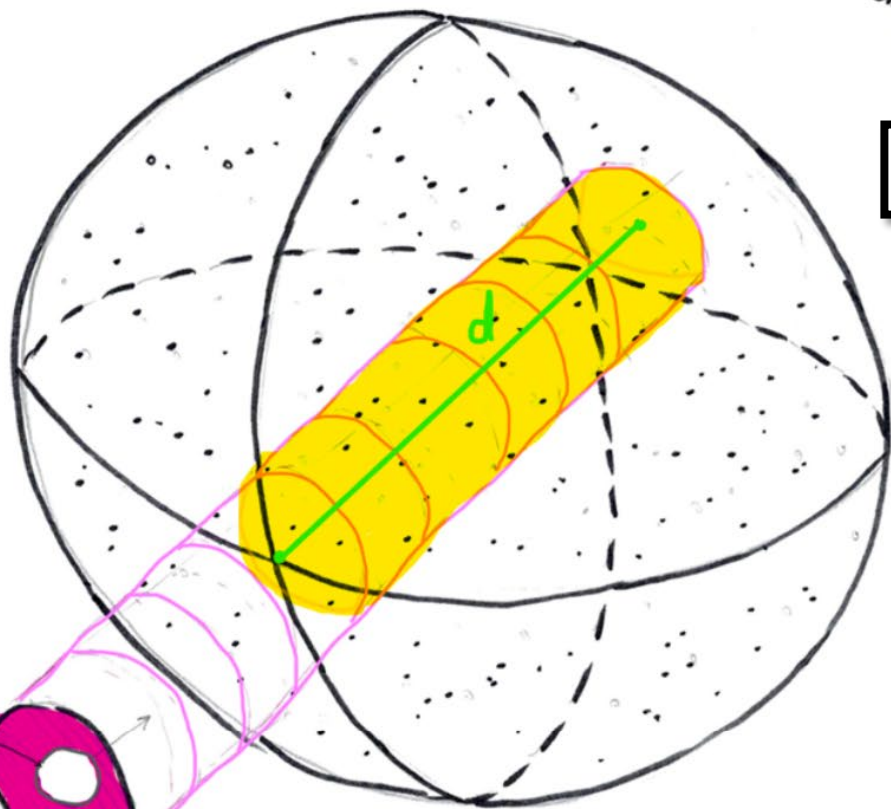
Наблюдаемое событие одно и то же – уничтожение белого карлика

Кластер ПЧД

$$[\sigma] = (\text{длина})^2$$

$$[d] = \text{длина}$$

$$[n] = \frac{\text{количество}}{(\text{длина})^3}$$



Белый карлик (БК)

БК - гравитационное сечение захвата

Одиночный БК  
влетает в кластер ПЧД

$$N = \sigma_{\text{БК}} \cdot d_{\text{кл}} \cdot n_{\text{ПЧД}}$$



$$N(m_{\text{ПЧД}}, M_{\text{кл}}) = 10^8 \cdot \frac{M_{\text{кл}}^{\frac{1}{3}}}{m_{\text{ПЧД}}}$$

$$\sigma_{\text{БК}} = \pi R_{\text{БК}}^2 \cdot \left(\frac{v_2}{v_\infty}\right)^2$$

$$n_{\text{ПЧД}} = \frac{N_{\text{ПЧД}}}{V_{\text{кл}}}$$

$$[\sigma \cdot d \cdot n] \equiv \text{длина}^2 \cdot \text{длина} \cdot \frac{\text{количество}}{\text{длина}^3}$$

## Вероятность взаимодействия белого карлика с ПЧД

$$N = n_{\text{ПЧД}} \sigma_{\text{БК}} v_{\text{БК}} t$$

Некластеризованный случай

В масштабах галактики


$$N_{\text{кл}} = [n_{\text{кл}} \sigma_{\text{кл}} v_{\text{БК}} t] \times [n_{\text{ПЧД}}^{\text{кл}} \sigma_{\text{БК}} d_{\text{кл}}]$$

Кластеризованный случай

{вероятность попадания в кластер} x {вероятность взаимодействия внутри кластера}

Учёт эффекта экранирования для взаимодействия белого карлика с ПЧД в кластеризованном случае

$$N_{\text{ккл}} = [n_{\text{ккл}} \sigma_{\text{ккл}} v_{\text{БК}} t] \times [n_{\text{ПЧД}}^{\text{ккл}} \sigma_{\text{БК}} d_{\text{ккл}}]$$


$$N_{\text{ккл}} = [n_{\text{ккл}} \sigma_{\text{ккл}} v_{\text{БК}} t] \times [1 - \exp(-N_{\text{ВЗ}}^{\text{ккл}})]$$

## Отношение вероятностей взаимодействия БК с ПЧД между кластеризованным и некластеризованным случаями

$$N = n_{\text{ПЧД}} \sigma_{\text{БК}} v_{\text{БК}} t$$

Некластеризованный случай

$$N(m_{\text{ПЧД}}) = \frac{10^{14}}{m_{\text{ПЧД}}}$$

$$N_{\text{КЛ}} = [n_{\text{КЛ}} \sigma_{\text{КЛ}} v_{\text{БК}} t] \times [1 - \exp(-N_{\text{ВЗ}}^{\text{КЛ}})]$$

Кластеризованный случай

$$N_{\text{КЛ}}(m_{\text{ПЧД}}, M_{\text{КЛ}}) = \frac{10^{14}}{m_{\text{ПЧД}}} \times \left[ 1 - \exp \left( -10^8 \cdot \frac{M_{\text{КЛ}}^{\frac{1}{3}}}{m_{\text{ПЧД}}} \right) \right]$$

Probability of the first encounter

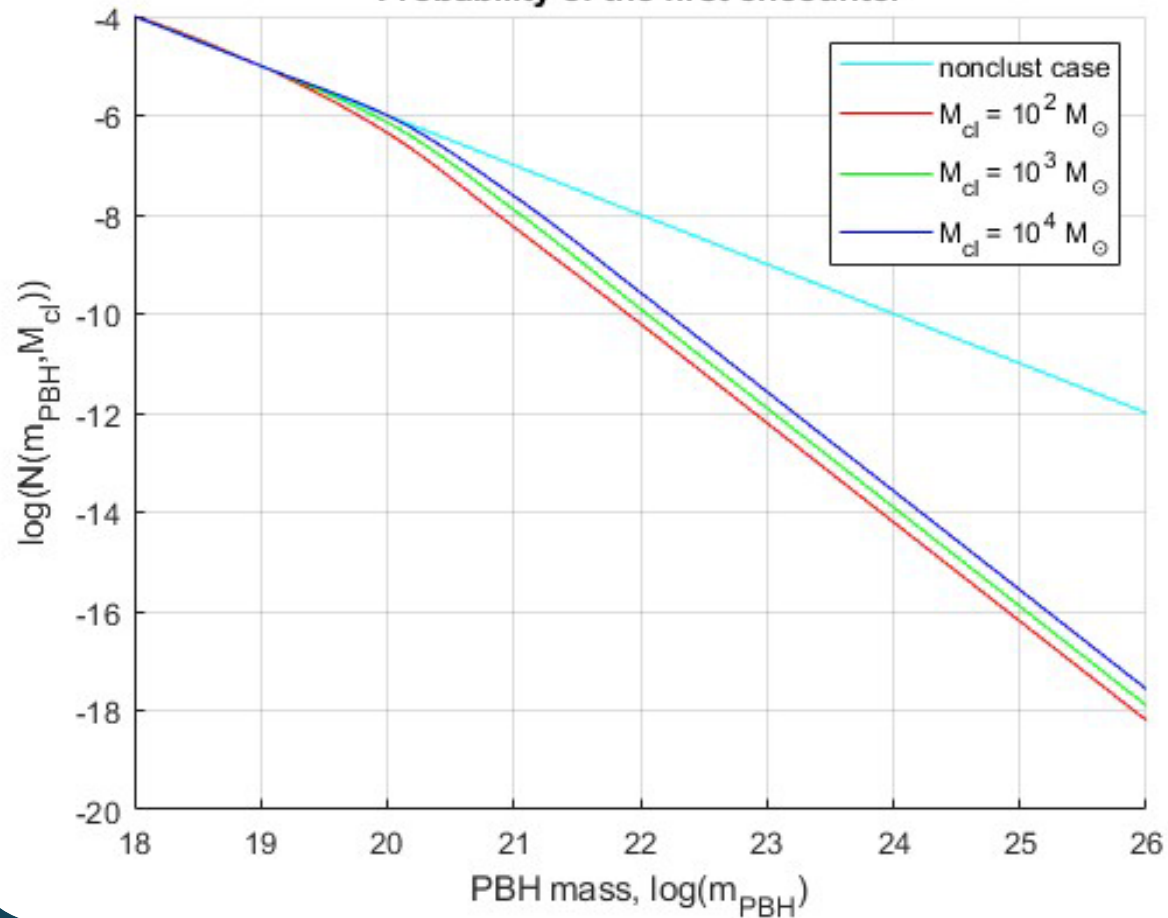


График зависимости вероятности первого взаимодействия ПЧД с БК от массы ПЧД при разных массах кластера

## Отношение вероятностей взаимодействия БК с ПЧД между кластеризованным и некластеризованным случаями

$$\frac{N_{\text{кл}}}{N} = \frac{[n_{\text{кл}} \sigma_{\text{кл}} v_{\text{БК}} t] \times [1 - \exp(-N_{\text{кл}}^{B3})]}{n_{\text{ПЧД}} \sigma_{\text{БК}} v_{\text{БК}} t}$$

$$\frac{N_{\text{кл}}(m_{\text{ПЧД}}, M_{\text{кл}})}{N(m_{\text{ПЧД}})} = \left[ 1 - \exp\left(-10^8 \cdot \frac{M_{\text{кл}}^{\frac{1}{3}}}{m_{\text{ПЧД}}}\right) \right]$$



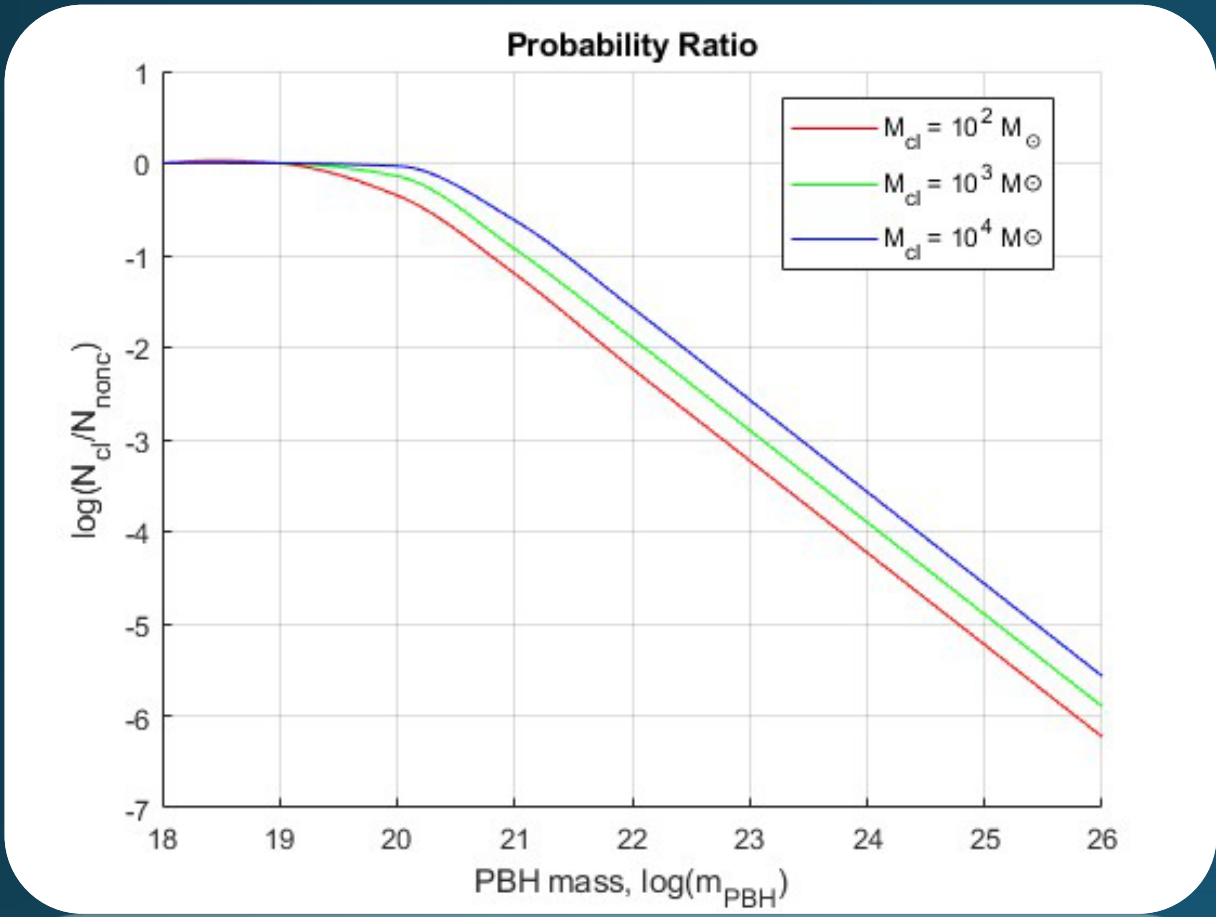
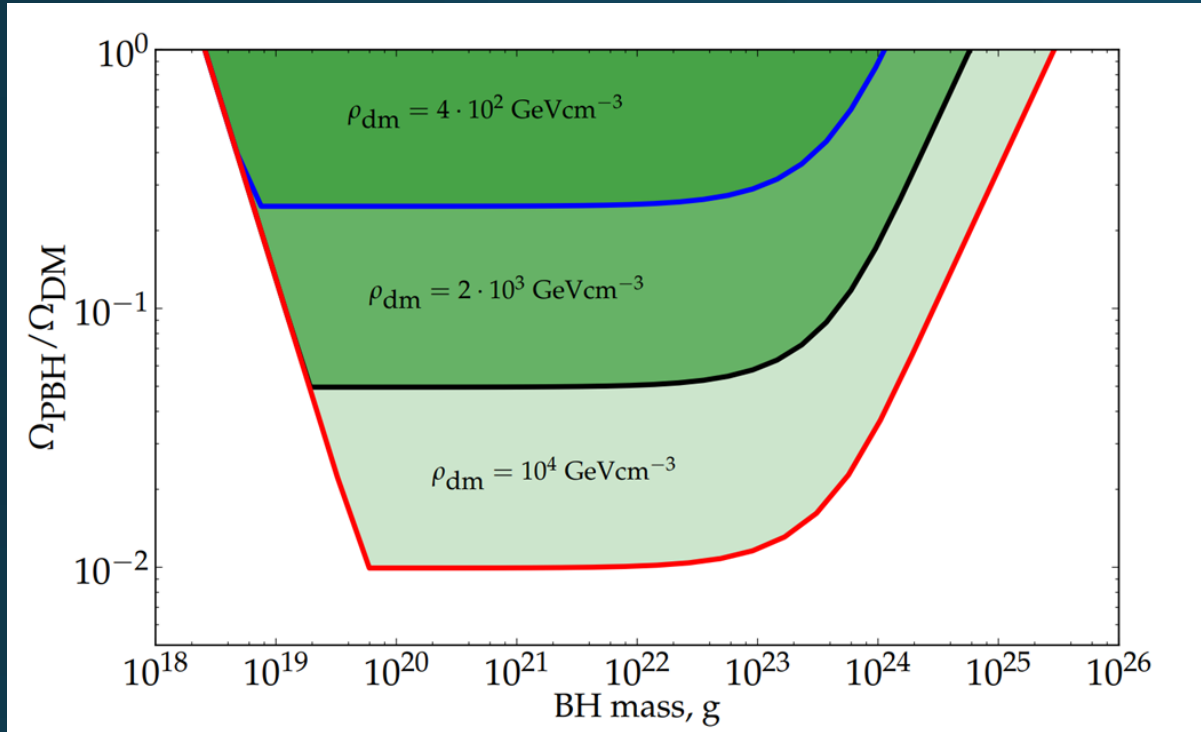
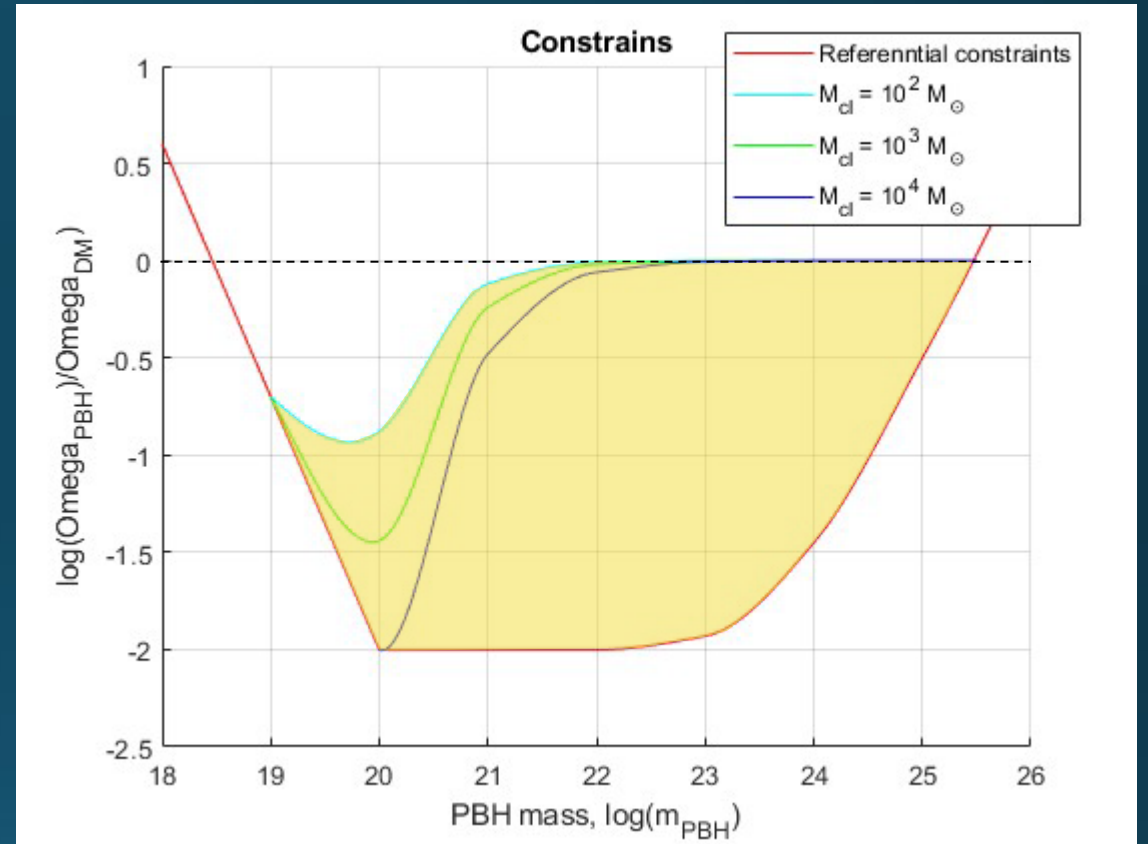


График отношения вероятности первого взаимодействия БК с ПЧД кластеризованного случая к некластеризованному случаю



Некластеризованный случай



Кластеризованный случай

# Заключение

Полученные результаты несут следующий смысл:

В случае кластеризации доля, приходящаяся на ПЧД в общем количестве скрытой массы, увеличивается.

Нам удалось изменить, а где-то даже снять, ограничение по белым карликам на плотность первичных черных дыр в случае их кластеризации.