

Динамика двойных первичных черных дыр в кластерах

Выполнил: К. М. Гордильо

Группа: Б21-102

Научный руководитель : В. Д. Стасенко

Введение

В контексте данной работы, вклад ПЧД с массами $\sim 10 M_{\odot}$ ограничен на уровне $f \lesssim 10^{-3}$ по наблюдению темпа слияний черных дыр таких масс коллаборацией LIGO-Virgo-KAGRA (LVK). В кластерах ПЧД активно рассеиваются друг на друге в результате чего возможно разрушение или возмущение параметров двойной системы, что ведет к ослаблению ограничений до $f \sim 0.1$. В данной работе моделируется задача трех тел — рассеяние двойной системы ПЧД на третьей ПЧД в кластере.

Время жизни двойной определяется выражением:

$$t = \left(\frac{a}{a_0}\right)^4 (1 - e^2)^{\frac{7}{2}} \times 10^{10}$$

$$a_0 = 2.0 \times 10^{11} \left(\frac{M_{BH}}{M_{\odot}}\right)^{\frac{3}{4}} \text{ см}$$

Обозначаем $j = (1 - e^2)^{\frac{1}{2}}$

$$dP = \frac{3}{2} \left(\frac{f}{x}\right)^{3/2} \frac{\sqrt{a}}{j^2} da dj \text{ (распределение по } a \text{ и } j)$$

Начальные параметры двойной:

$$e = 0.999$$

$$a = 20 \text{ au}$$

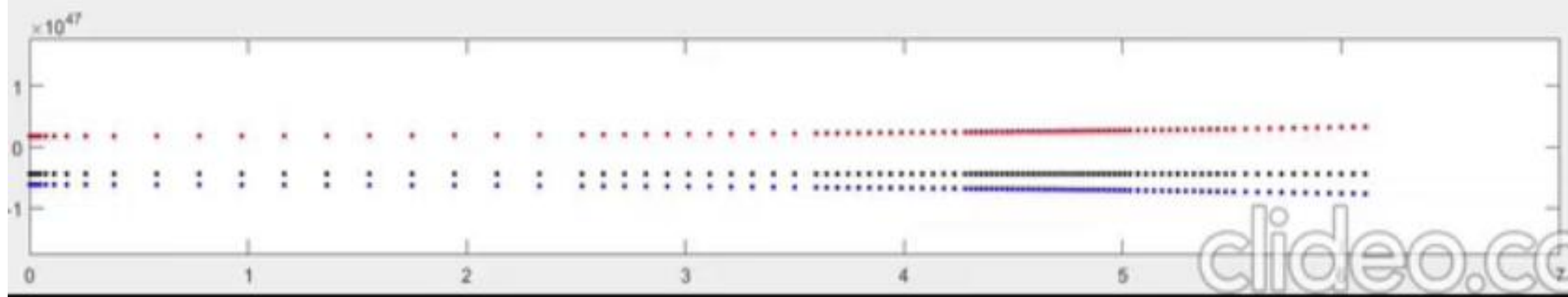
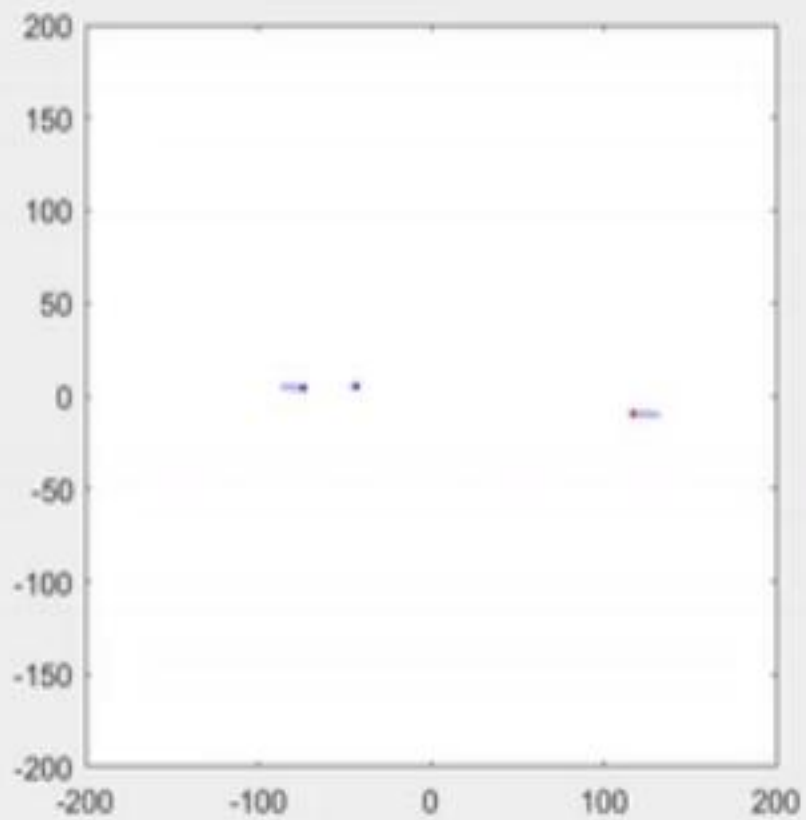
$$j = 0.045$$

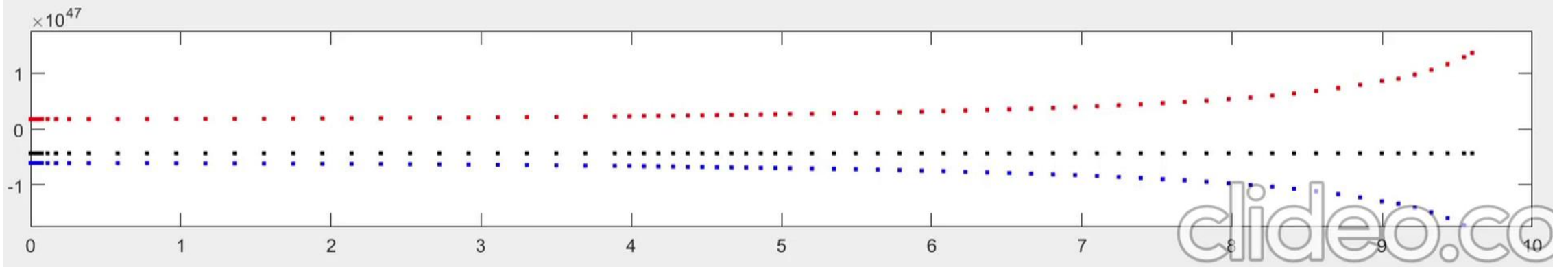
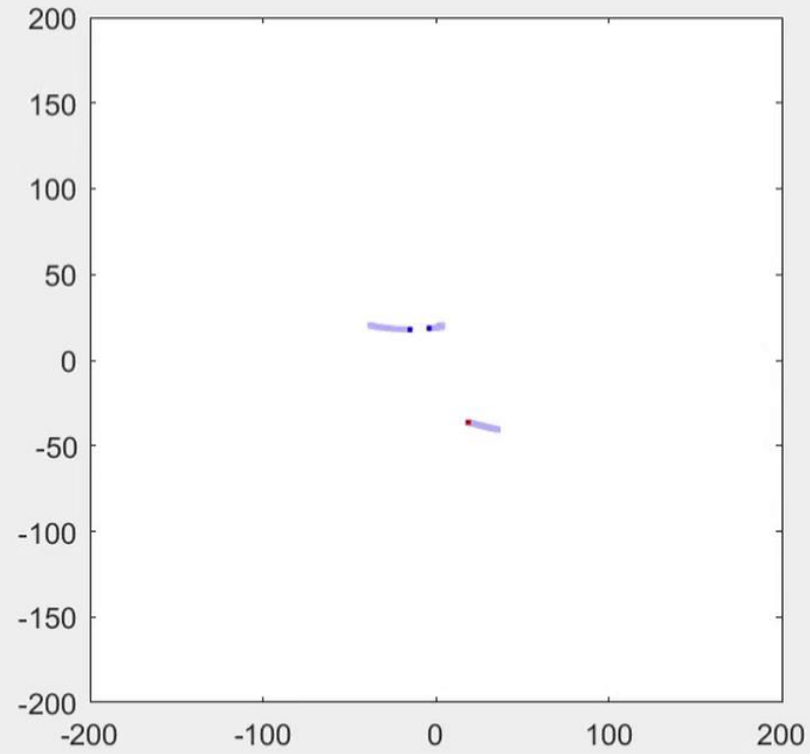
$$t_0 = 1.79 \times 10^{10} \text{ лет}$$

Начальные параметры третьей ПЧД:

$$v_{inf} = 1 \text{ км/с}$$

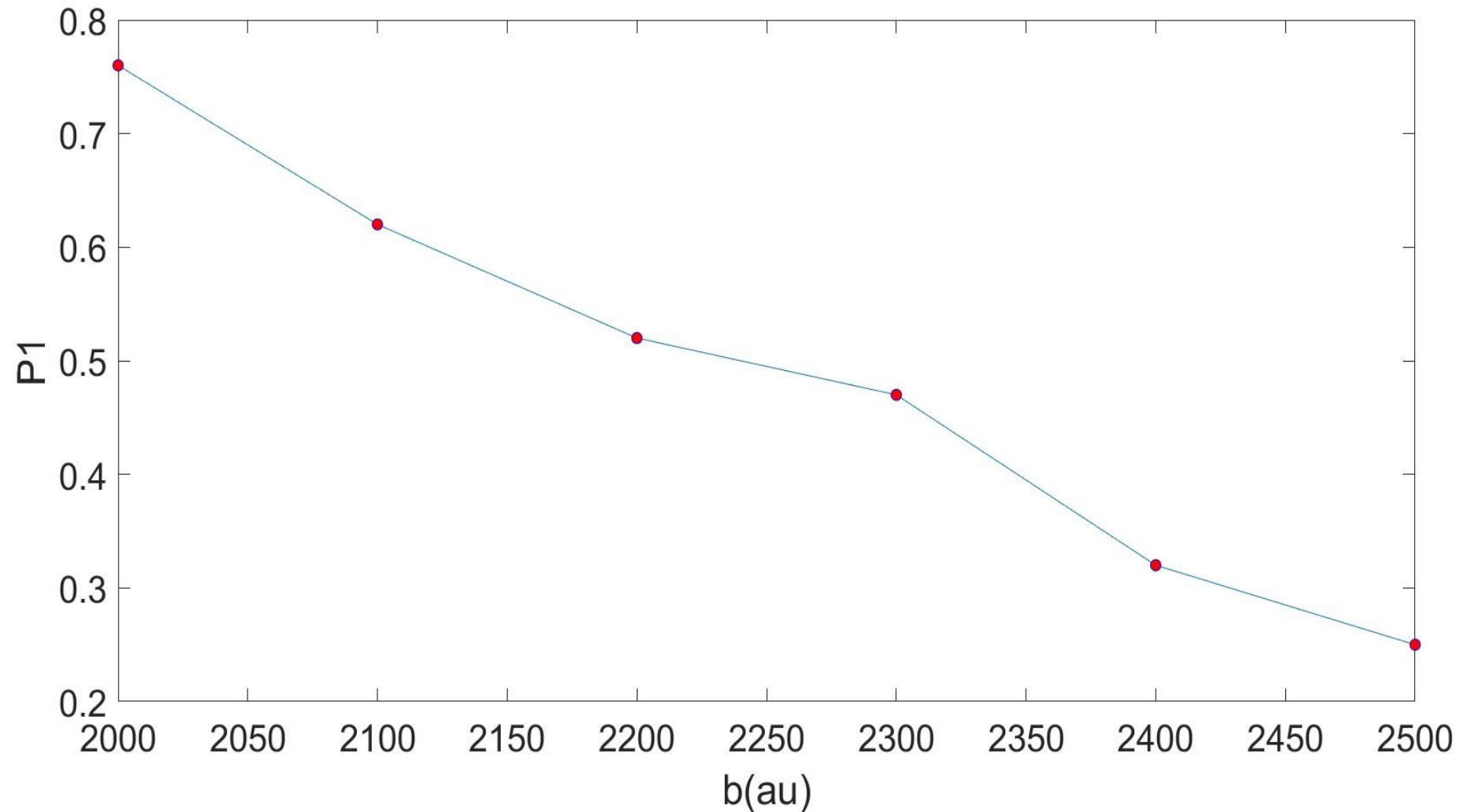
$$b = [2000, 2100, 2200, 2300, 2400, 2500] \text{ au}$$



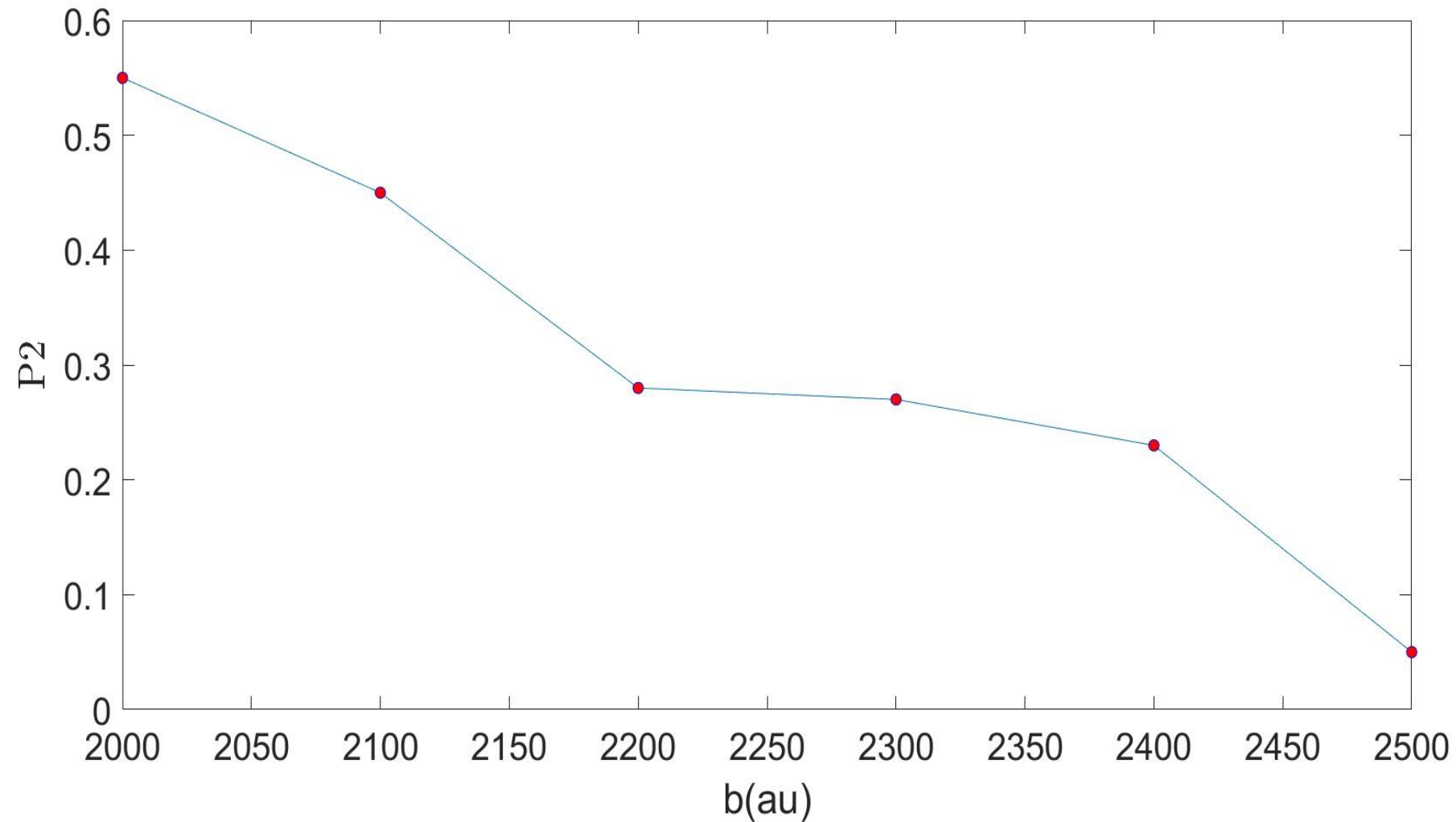


clideo.co

Вероятность того, что в результате рассеяния $t/t_0 \geq 10$



Вероятность того, что в результате рассеяния $t/t_0 \geq 100$



Темп таких рассеяний:

$$\Gamma \sim n\sigma v$$

где n — концентрация ПЧД в кластере,

$\sigma = \pi(b^2)$ — сечение рассеяния,

v — относительная скорость на бесконечности.

Характерное время между рассеяниями оценивается как $\tau \sim 1/\Gamma$

$$\tau \sim 30 \left(\frac{100 \text{ pc}^{-3}}{n} \right) \left(\frac{2000 \text{ au}}{b} \right)^2 \left(\frac{\text{km s}^{-1}}{v} \right) \text{ Myr}$$

Заключение

Можно ожидать, что к современному моменту регистрации событий слияний ПЧД, двойная успеет много раз возмутиться, что приведет к сильному времени жизни и ослаблению ограничений. Далее в работе планируется моделировать последовательность рассеяний каждое из которых будет случайным образом разыграно для того чтобы получить параметры двойных в современную эпоху.