

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 520.88

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИК ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН

Д. Я. БАЙРАМДУРДЫЕВ

d.bayramdurdiyev@gmail.com

ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы»
(БГПУ им. М. Акмуллы)

Аннотация. Целью усилия является использование современных вычислительных техник для анализа данных при изучении гравитационных волн наряду с явлениями. Излучения гравитационных волн, ускоряющихся массивными астрофизическими телами, свидетельствуют о возникновении событий во вселенной, которые имеют глубокий смысл. Конкретная система в нашем рассмотрении – это бинарная черная дыра. Известный метод для определения различных явлений, связанных с гравитационными волнами, называется постньютоновское приближение.

Ключевые слова: гравитационные волны; бинарные черные дыры; постньютоновское приближение; индицирования; проблема двух тел; *PN*-аппроксимации.

Использование вычислительной техники при анализе данных для изучения гравитационных волн является актуальной, так как общая теория относительности не обеспечила бы точного решения проблемы двух тел. Численные методы – это единственная надежда на приблизительное понимание бинарной динамики. Одним из выдающихся методов является постньютоновское (*PN*) приближение, в котором поток (F) гравитационных волн получается путем разложения в ряд по параметру $v/c = (GM/rc^2)^{1/2}$, где v – скорость источника и $r(t)$ радиальное расстояние Шварцшайлда между черными дырами. Постньютоновское приближение идеально подходит для этой цели. *PN*-аппроксимации весьма успешны в получении распада бинарных пульсаров с эмиссией гравитационных волн [1].

Целью всего усилия выявления волны и их сравнение с сигналами, полученными обсерваториями, которые в точном понимании объясняют проблемы двойной черной дыры.

Проблема двух тел, которую мы рассматриваем, это двойные черные дыры, которые индуцируют вокруг центра масс. По-

теря энергии этой системы сопровождается исходящим излучением. Гравитация заставляет две черные дыры приближаться и в конечном итоге сливаться, образуя одну черную дыру, что приводит к взрыву излучения (рис. 1).

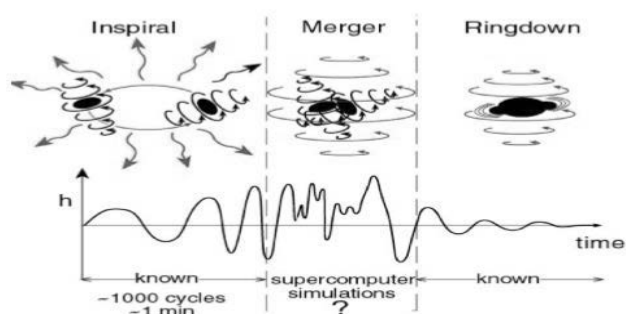


Рис. 1. Три фазы гравитационного излучения из источника бинарной черной дыры

Более 100 лет назад Альберт Эйнштейн прогнозировал существование гравитационных волн как вероятное следствие его общей теории относительности. Три года назад эти же волны были обнаружены в LIGO.

Ссылаясь на работы в области исследования гравитационных волн, задачей явля-

ется целесообразно развивать теоретическую основу, используя экспериментальные данные проверить результаты современными численными инструментами, доступными в настоящее время. Из-за широкого спектра этой обогащенной области исследования невозможно было даже подробно изучить каждый предмет. Однако многое было сделано для получения именно гравитационных волн [2].

Выделение волн постньютоновским формализмом было исследовано в среде MATLAB. Кратко представим результаты данного исследования.

Здесь время для слияния составляет 32 с для бинаров. Представляется очень точное описание амплитуды гравитационных сигналов (рис. 2).

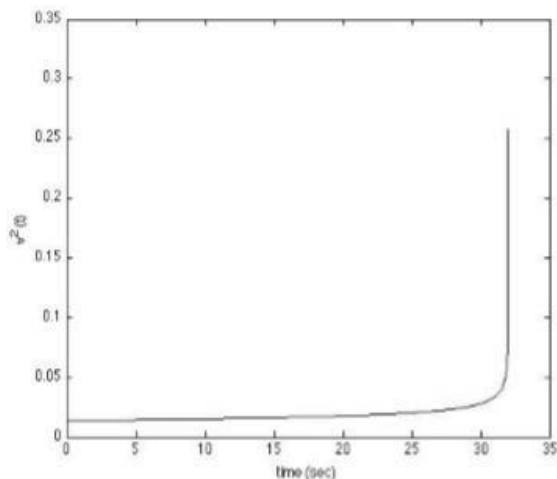


Рис. 2. Гравитационный сигнал для $M = 1,4$ бинаров с $t_0 = 32$ с

Волнообразные формы волны могут быть извлечены выражением:

$$h(t) = A_p \cos(2\varphi(t)) + A_c \sin(2\varphi(t)),$$

где A_p , A_c являются амплитудой минус-поляризованной и плюс-поляризованной гравитационной волны.

$$A_c(t) = \frac{-2CM_c}{D_L} (2 \cos(i)) (\pi M_c f_{GW}(t))^{\frac{2}{3}}$$

$$A_p(t) = \frac{-2CM_c}{D_L} (1 + \cos(i)^2) (\pi M_c f_{GW}(t))^{\frac{2}{3}},$$

где i – угол наклона бинара с землей. Из спектрограммы видно, что частота расходуется со временем объединением (рис. 4).

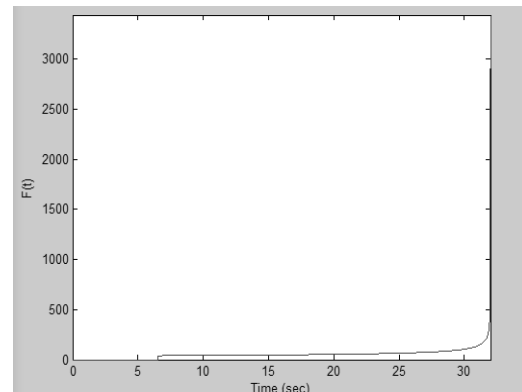
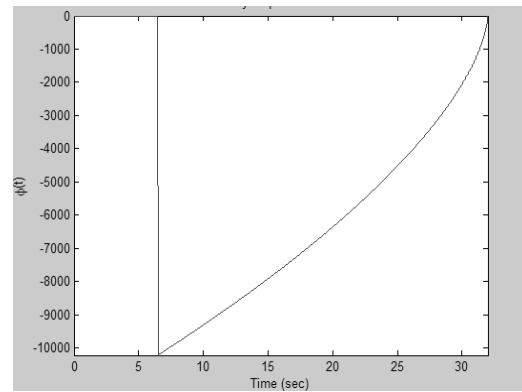


Рис. 3. Мгновенная фаза и частота гравитационной волны для бинаров

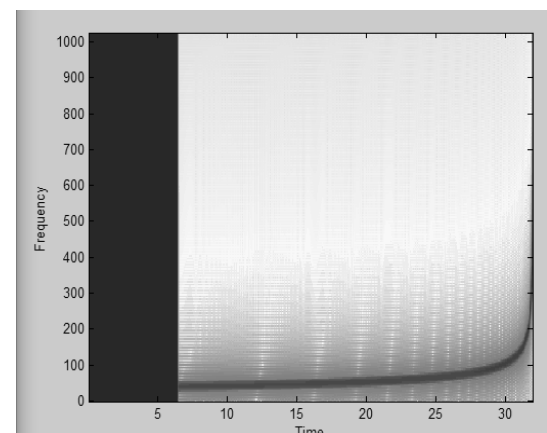
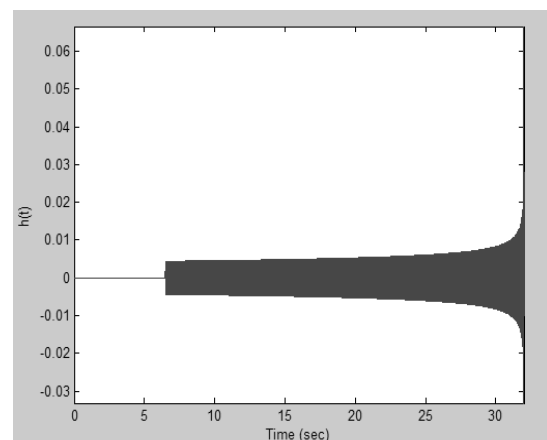


Рис. 4. Гравитационный сигнал для $M = 1,4$ бинаров с $t_0 = 32$ с и $i = 0$

Еще более реалистичным способом получения формы волны является использование выражения:

$$h(t) = v(t)^2 \cos(2\varphi(t)),$$

что является гораздо более точным описанием амплитуды ГВт по сравнению с вышеуказанным методом. Причиной такого приятного сигнала является то, что амплитуда изменяется преимущественно пропорционально $v(t)^2$ (рис. 5).

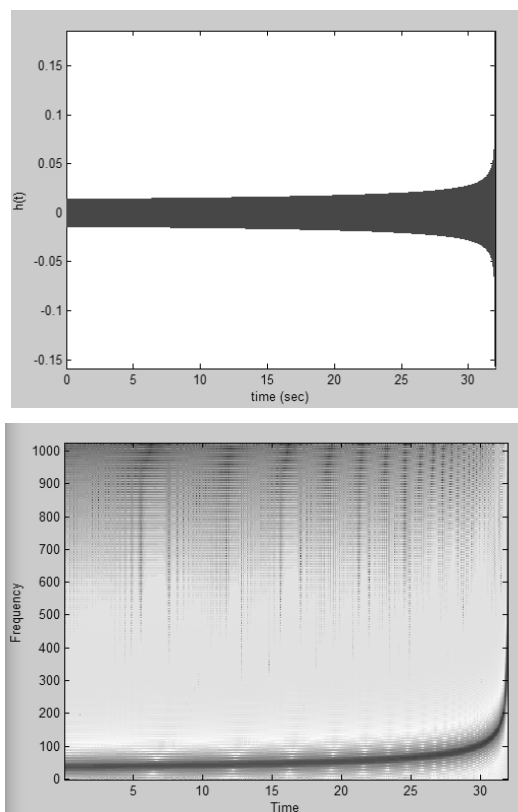


Рис. 5. Гравитационный сигнал для $M = 1,4$ бинаров с $t_0 = 32$ с и $i = 0$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из-за широкого спектра этой области исследования невозможно было изучить подробно. Однако многое было сделано для получения именно гравитационных волн. Используя экспериментальные данные, проверили результаты современными численными инструментами, доступными в настоящее время. Обнаружение гравитационных волн является не только впечатляющим подтверждением теории Эйнштейна, но также началом новой эры астрофизики. Гравитационные волны предоставят «саундтрек» к фильму нашей вселенной, звук, который до сих пор не можем полу-

чить с помощью телескопов. Нет сомнений, что они станут богатым источником для новых вопросов и вдохновения в физике также как в математике и ожидаем непредсказуемые красоты этой музыки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Maggiore M., "Gravitational Waves", Oxford University Press, 2008. [M. Maggiore "Gravitational Waves", Oxford University Press, 2008.]
2. Baker J., Campanelli M. and Lousto C. O., "The Lazarus project: A pragmatic approach to binary black hole evolutions", Physical Review D, Vol 65, 044001, 2002. [J. Baker, M. Campanelli and C. O. Lousto, "The Lazarus project: A pragmatic approach to binary black hole evolutions", Physical Review D, Vol 65, 044001, 2002.]
3. New physics and astronomy with the new gravitational-wave observatories / S. A. Hughes, et. al., 2001. [S. A. Hughes, et. al., "New physics and astronomy with the new gravitational-wave observatories", 2001].
4. Blandford R. D. and Thorne K. S., "Applications of Classical Physics", 2008. [R. D. Blandford and K. S. Thorne, "Applications of Classical Physics", 2008].
5. Futamase T. and Itoh Y., "The Post-Newtonian Approximation for Relativistic Compact Binaries", 2007. [Toshifumi Futamase and Yousuke Itoh, "The Post-Newtonian Approximation for Relativistic Compact Binaries", 2007].

ОБ АВТОРЕ

БАЙРАМДУРДЫЕВ Давут Язмуратович, магистр первого курса. ИПОИТ. БГПУ им. М. Акмуллы

METADATA

Title: Information technology for data analysis in the study of the characteristics of gravitational waves.

Authors: D. Y. Bayramdurdiyev

Affiliation: Bashkir State Pedagogical University named by M. Akmulla (BSPU named by M. Akmulla), Russia.

Email: d.bayramdurdiyev@gmail.com

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 1 (20), pp. 6-8, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: The main objective of this thesis is to use modern computing techniques technology for data analysis in the study of the characteristics of gravitational waves. The occurrence of such events in our universe have profound implications when gravitational waves are radiated by accelerating massive astrophysical bodies. The specific system under our consideration is a binary black hole. The popular technique is applied to determine waveforms, named by post-Newtonian approximation.

Key words: Gravitational Waves, Binary Black Holes, post-Newtonian Approximation, inspiral characteristic, The two-body problem, the PN theory.

About author:

BAYRAMDURDYEV, Davut Yazmuratovich, first year master student, Bashkir state pedagogical university named by M. Akmulla.