

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретической и прикладной механики

Дипломная работа

**Взаимодействие и распространение гравитационных и
упругих волн**

Пекера Владислава
Игоревича

студента 4 курса,
специальности Механика
и математическое
моделирование

Научный руководитель:

доктор физ.-мат. наук,
профессор Чигарев
Анатолий Власович

Минск, 2020

Содержание

Введение	3
1. Релятивистские гравитационные поля	5
1.1. Гравитационные волны	5
1.2. Свойства источников гравитационного поля.....	15
1.3. Возможные описания релятивистских гравитационных полей	18
2. Модель детектирования гравитационных волн	26
1.1. Детектирование гравитационных волн	26
1.2. Модель детектирования гравитационных волн на основе связанной системы уравнений упругости и гравитации.....	30
3. Моделирование воздействия гравитационной волны на упругий стержень скрепленный с упругой подложкой	37
Заключение	45
Список используемой литературы	46

Введение

Гравитационные волны — изменения гравитационного поля, распространяющиеся подобно волнам. Излучаются движущимися массами, но после излучения отрываются от них и существуют независимо от этих масс. Математически связаны с возмущением метрики пространства-времени и могут быть описаны как «рябь пространства-времени».

Физик Альберт Эйнштейн впервые сообщил о гравитационных волнах в 1916 году. Он предсказал их существование в рамках общей теории относительности (ОТО). Таким образом, если ОТО истинно и существуют гравитационные волны, их наиболее сильными и наиболее распространенными источниками являются катастрофы, связанные с коллапсом огромных двойных систем в близлежащих галактиках, таких как столкновения черных дыр или нейтронных звезд. Двойные системы массивных объектов (черные дыры или нейтронные звезды) постоянно излучают гравитационные волны. Излучение постепенно сокращает их орбиты и, в конечном счете, приводит к их слиянию, порождающему в этот момент особенно мощную гравитационную волну.

В рамках ОТО гравитационные волны описываются решениями уравнений Эйнштейна волнового типа, представляющими собой движущееся со скоростью света (в линейном приближении) возмущение метрики пространства-времени. Проявлением этого возмущения должно быть, в частности, периодическое изменение расстояния между двумя свободно падающими (то есть не испытывающими влияния никаких сил) пробными массами.

В общей теории относительности и в большинстве других современных теорий гравитации гравитационные волны порождаются движением массивных тел с переменным ускорением. Гравитационные волны свободно распространяются в пространстве со скоростью света. Ввиду относительной

слабости гравитационных сил (по сравнению с прочими) эти волны имеют весьма малую величину, с трудом поддающуюся регистрации.

Регистрация гравитационных волн достаточно сложна ввиду их слабости (малого искажения метрики). Приборами для их регистрации являются детекторы гравитационных волн. Попытки обнаружения гравитационных волн предпринимаются с конца 1960-х годов. Прямая регистрация гравитационных волн и их использование для определения параметров астрофизических процессов является важной задачей современной физики и астрономии.

Первое прямое наблюдение гравитационных волн было сделано в 2015 году научным сотрудничеством LIGO и VIRGO. Наблюдение было выполнено путем прямого детектирования гравитационных волн, используя Advanced LIGO детекторы. Было установлено, что гравитационная волна была вызвана столкновением двух черных дыр с массами примерно 36 и 29 солнечных масс. После этого они слились в одну большую черную дыру.