

В. Д. Захаров

ГРАВИТАЦИОННЫЕ
ВОЛНЫ
в
ТЕОРИИ
ТЯГОТЕНИЯ

Эйнштейна



В. Д. Захаров

ГРАВИТАЦИОННЫЕ
ВОЛНЫ
В ТЕОРИИ ТЯГОТЕНИЯ
ЭЙНШТЕЙНА

Предисловие
академика АН УССР
А. З. Петрова

Издание второе



Захаров Валерий Дмитриевич

Гравитационные волны в теории тяготения Эйнштейна /

Предисл. А. З. Петрова. Изд. 2-е, стереотип. — М.: ЛЕНАНД, 2020. — 200 с.

Книга представляет собой современный обзор исследований по проблеме гравитационных волн в общей теории относительности. Центральное место в ней занимает изложение математически строгих подходов к проблеме, прежде всего определений и критериев, выделяющих волновые поля тяготения из всех гравитационных полей, даваемых решениями уравнений Эйнштейна. Вводная глава 1 содержит обзор приближенных методов описания гравитационных волн. Необходимый для постановки вопроса о строгих (общековариантных) волновых критериях математический аппарат — проблема Коши для уравнений тяготения и классификация полей тяготения Петрова — излагается в главах 2 и 3. В главах 4–8 описываются известные общековариантные критерии гравитационных волн Пирани, Беля, Лихнеровича, Зельманова и др. По содержанию к ним примыкает глава 12, посвященная хронометрическому анализу гравитационно-инерциальных волн. В главе 9 рассмотрена теория распространения гравитационных волн идается их классификация по характеру волнового фронта (плоские и сферические волны). В главе 10 рассматривается специальный случай пространств с плоскими гравитационными волнами, именно пространств, допускающих абсолютно параллельное векторное поле. В главе 11 излагаются исследования асимптотического поведения волновых гравитационных полей, порождаемых островными распределениями источников, а заключительная глава 13 представляет собой краткий обзор вопроса экспериментального детектирования гравитационных волн и основных результатов, достигнутых экспериментом.

Книга рассчитана прежде всего на студентов старших курсов и аспирантов физико-математических вузов, а также на всех специалистов по гравитации, которым она может быть полезна как справочное руководство.

На 1-й странице обложки использована иллюстрация: Designed by Freepik

ООО «ЛЕНАНД». 117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, д. 11А, стр. 11.
Формат 60×90/16. Печ. л. 12,5. Зак. № 149205.

Отпечатано в АО «Т 8 Издательские Технологии».
109316, Москва, Волгоградский проспект, д. 42, корп. 5.

ISBN 978-5-9710-7413-7

© ЛЕНАНД, 2020

27819 ID 259395



9 785971 074137

НАУЧНАЯ И УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА	
E-mail: URSS@URSS.ru	
Каталог изданий в Интернете:	
http://URSS.ru	
Тел./факс (многоканальный):	+ 7 (499) 724 25 45

Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к первому изданию	7
Предисловие автора к первому изданию	13
Введение	17
Г л а в а 1. Приближенные методы исследования гравитационных волн	22
1. Линейное приближение (22). 2. Приближения высших порядков (27). 3. Критика методов приближений (34).	
Г л а в а 2. Задача Коши для уравнений Эйнштейна	40
1. Уравнения Эйнштейна как система гиперболического типа (40). 2. Разрыв Адамара (42). 3. Характеристические гиперповерхности уравнений Эйнштейна (46). 4. Теорема Лере (47). 5. Бихарктеристики уравнений тяготения (48). 6. Задача Коши для уравнений Эйнштейна — Максвелла (50). 7. Фронт гравитационной волны и «лучи» тяготения (52).	
Г л а в а 3. Содержание проблемы гравитационных волн	53
1. Различные аспекты проблемы (53). 2. Алгебраическая классификация полей тяготения. Пространства Эйнштейна (57). 3. Классификация полей тяготения общего вида (61). 4. Классификация Петрова и изотропные векторные поля (62).	
Г л а в а 4. Критерий Пирани	64
1. Изотропное электромагнитное поле (64). 2. Главные векторы Римана. Следование за гравитационным полем (68). 3. Пример. Волновые поля тяготения Уаймэна — Троллома (67).	

Г л а в а 5. Критерии Беля	68
1. Тензор суперэнергии (68). 2. Энергия и импульс гравитационного поля (71). 3. Эквивалентность критериям Пираны и Беля (73). 4. Инварианты тензора кривизны в пустом пространстве (74). 5. Векторы Дебеве и второй критерий Беля (75).	
Г л а в а 6. Критерий Лихнеровича	76
1. Билинейная вырожденная форма тензора Максвелла (76). 2. Двойная вырожденная форма тензора Римана (77). 3. Критерий Лихнеровича и классификация Петрова (79). 4. Конформное отображение волновых гравитационных полей (81).	
Г л а в а 7. Критерий Зельманова	83
1. Обобщенный волновой оператор (83). 2. Характеристики обобщенного волнового уравнения (84). 3. Критерий Зельманова и классификация Петрова (86). 4. Связь между критериями Зельманова и Лихнеровича. Примеры (88).	
Г л а в а 8. Другие критерии гравитационных волн	94
1. Критерий Дебеве (91). 2. Гравитационные волны интегрируемого типа (критерии Хэли и Зунда — Левина) (92). 3. Критерий Малдыбаевой (94). 4. Критерий Мизры и Сингха (96).	
Г л а в а 9. Распространение гравитационных волн	98
1. Гравитационная геометрическая оптика (98). 2. Сферические гравитационные волны. Примеры (100). 3. Плоские гравитационные волны. Определение Куэнта (104). 4. Плоские гравитационные волны. Определение Бонди — Пираны — Робинсона (106). 5. Монохроматические гравитационные волны. Определение Аве (107).	
Г л а в а 10. Плоские гравитационные волны, определяемые абсолютно параллельным векторным полем	111
1. Плоские волны в пустом пространстве — времени (111). 2. Абсолютно параллельное векторное поле в непустом пространстве — времени (116).	
Г л а в а 11. Асимптотические свойства полей гравитационного излучения	118
1. Гравитационное излучение аксиально симметричных изолированных систем. Функция информации Бонди (114). 2. Формализм Ньюмэна — Пенроуза (123). 3. Гравитационное излучение произвольных изолированных систем. Метрика Сакса (127). 4. Геодезические лучи. Теорема расщепления (129). 5. Общая алгебраическая структура тензора Римана (132). 6. Асимптотические симметрии. Группа Бонди — Метцнера (134). 7. Асимптотические свойства полей Эйнштейна — Максвелла (135).	
Г л а в а 12. Гравитационные волны и хронометрические инварианты	137
1. Хронометрические инварианты (137). 2. Хронометрически инвариантное определение гравитационно-инерциальных волн (141). 3. Физические условия существования гравитационно-инерциальных волн (147).	

Г л а в а 13. Проблема гравитационных волн и физический эксперимент	159
1. Геодезическое отклонение пробных частиц (159).	
2. Возможные источники гравитационных волн (161). 3. Средства лабораторного детектирования гравитационных волн (166).	
4. Связь теоретического и экспериментального аспектов проблемы гравитационных волн (175).	
Приложение I	177
Приложение II	181
Литература	185