

В. А. ФОК

ТЕОРИЯ
ПРОСТРАНСТВА, ВРЕМЕНИ
И ТЯГОТЕНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

МОСКВА 1955

Фок Владимир Александрович
Теория пространства, времени и тяготения

Редактор *Ю. В. Новожилов.*

Техн. редактор *К. М. Волчок.*

Корректор *А. И. Исакова.*

Сдано в набор 5/VII 1955 г. Подписано к печати 11/X 1955 г. Бумага 60×92/16. Физ. печ. л. 31,5.
Усл. печ. л. 31,5. Уч.-изд. л. 29,71. Тираж 8000 экз. Т-08408. Цена 16 р. 85 к. Заказ № 485.

Государственное издательство технико-теоретической литературы
Москва, В-71, Б. Калужская ул., 15

Министерство культуры СССР Главное управление полиграфической промышленности.
4-я типография им. Евг. Соколовой. Ленинград, Измайловский пр., 29.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Введение	9
Глава I. Теория относительности	
§ 1. Координаты и время	17
§ 2. Положение тела в пространстве в данный момент времени в заданной системе отсчета	18
§ 3. Закон распространения фронта электромагнитной волны	20
§ 4. Уравнения для лучей	23
§ 5. Инерциальные системы отсчета	25
§ 6. Основные положения теории относительности	26
§ 7. Преобразование Галилея и необходимость его обобщения.	29
§ 8. Доказательство линейности преобразования, связывающего две инерциальные системы	31
§ 9. Определение коэффициентов линейного преобразования и масштабного множителя	38
§ 10. Преобразование Лоренца	40
§ 11. Определение расстояний и синхронизация часов в одной инерциальной системе отсчета	46
§ 12. Последовательность событий во времени в разных системах отсчета	49
§ 13. Сравнение промежутков времени в движущихся системах отсчета. Явление Допплера	55
§ 14. Сличение показаний часов в движущихся системах отсчета	58
§ 15. Сравнение расстояний и длин в движущихся системах отсчета	63
§ 16. Относительная скорость	65
§ 17. Пространство скоростей Лобачевского — Эйнштейна	68
Глава II. Теория относительности в тензорной форме	
§ 18. Замечание о ковариантности уравнений	76
§ 19. Определение тензора в трехмерном случае и замечание о ковариантных величинах	77
§ 20. Определение четырехмерного вектора	82
§ 21. Четырехмерные тензоры	85
§ 22. Псевдо-тензоры	89
§ 23. Бесконечно малое преобразование Лоренца	91
§ 24. Закон преобразования электромагнитного поля и ковариантность уравнений Максвелла	94

§ 25. Движение заряженной материальной точки в заданном внешнем поле	101
§ 26. Приближенная постановка задачи о движении системы зарядов	105
§ 27. Вывод законов сохранения в механике системы точек	113
§ 28. Тензорный характер интегралов движения	118
§ 29. Замечания по поводу обычной формулировки законов сохранения	121
§ 30. Вектор потока энергии (вектор Умова)	123
§ 31. Тензор массы	127
§ 32. Примеры тензора массы	132
§ 33. Тензор энергии для электромагнитного поля	139
§ 34. Масса и энергия	144
 Глава III. Общий тензорный анализ	
§ 35. Допустимые преобразования координат и времени	148
§ 36. Общий тензорный анализ и обобщенная геометрия	155
§ 37. Определение вектора и тензора. Тензорная алгебра	158
§ 38. Уравнения геодезической линии	168
§ 39. Параллельный перенос вектора	176
§ 40. Ковариантное дифференцирование	181
§ 41. Примеры составления ковариантных производных	185
§ 42. Закон преобразования скобок Кристоффеля и локально геодезическая система координат. Условия приводимости основной квадратичной формы к постоянным коэффициентам	190
§ 43. Тензор кривизны	195
§ 44. Основные свойства тензора кривизны	199
 Глава IV. Формулировка теории относительности в произвольных координатах	
§ 45. Свойства пространства-времени и координаты	205
§ 46. Уравнения математической физики в произвольных координатах	210
§ 47. Вариационное начало для системы уравнений Максвелла — Лоренца	214
§ 48. Вариационный принцип и тензор энергии	220
§ 49. Интегральная форма законов сохранения в произвольных координатах	226
 Глава V. Основы теории тяготения	
§ 50. Обобщенный закон Галилея	230
§ 51. Квадрат интервала в ньютоновом приближении	232
§ 52. Уравнения тяготения Эйнштейна	235
§ 53. Характеристики уравнений Эйнштейна. Скорость распространения тяготения	238
§ 54. Сравнение с постановкой задачи в теории Ньютона. Предельные условия	241
§ 55. Решение уравнений тяготения Эйнштейна в первом приближении и определение постоянной	245
§ 56. Уравнения тяготения в статическом случае	251
§ 57. Строгое решение уравнений тяготения для одной сосредоточенной массы	255

§ 58. Движение перигелия планеты	263
§ 59. Отклонение луча света, проходящего мимо Солнца	270
§ 60. Вариационный принцип для уравнений тяготения	273
§ 61. О локальной эквивалентности полей ускорения и тяготения	278
§ 62. О парадоксе часов	284

Глава VI. Закон тяготения и законы движения

§ 63. Уравнения свободного движения материальной точки и их связь с уравнениями тяготения	288
§ 64. Общая постановка задачи о движении системы масс	292
§ 65. Расходимость тензора массы во втором приближении	295
§ 66. Приближенный вид тензора массы для упругого тела при учете поля тяготения	298
§ 67. Приближенные выражения для скобок Кристоффеля и для некоторых других величин	301
§ 68. Приближенная форма уравнений тяготения	307
§ 69. Связь между расходимостью тензора массы и величинами Γ^{ν}	313
§ 70. Уравнения движения и условия гармоничности	317
§ 71. Внутренняя и внешняя задачи механики системы тел. Ньютоновы уравнения для поступательного движения	322
§ 72. Ньютоновы уравнения вращательного движения	328
§ 73. Внутренняя структура тела. Уравнение Ляпунова	334
§ 74. Вычисление некоторых интегралов, характеризующих внутреннюю структуру тела	337
§ 75. Преобразование уравнений движения, написанных в интегральной форме	341
§ 76. Вычисление количества движения во втором приближении	346
§ 77. Вычисление силы	351
§ 78. Уравнения поступательного движения в лагранжевой форме	358
§ 79. Интегралы уравнений движения системы тел	361
§ 80. Дополнительные замечания к задаче о движении системы тел. Явная форма интегралов движения для случая невращающихся масс	369
§ 81. Задача двух тел конечной массы	374

Глава VII. Приближенные решения, законы сохранения и некоторые принципиальные вопросы

§ 82. Потенциалы тяготения для невращающихся масс (пространственные компоненты)	382
§ 83. Потенциалы тяготения для невращающихся масс (смешанные и временная компоненты)	389
§ 84. Потенциалы тяготения на больших расстояниях от системы тел (пространственные компоненты)	395
§ 85. Потенциалы тяготения на больших расстояниях от системы тел (смешанные и временная компоненты)	400
§ 86. Решения волнового уравнения в волновой зоне	407
§ 87. Потенциалы тяготения в волновой зоне	410
§ 88. Общие замечания о законах сохранения	417
§ 89. Формулировка законов сохранения	419
§ 90. Излучение гравитационных волн и его роль в балансе энергии	426
§ 91. Связь между законами сохранения для поля и интегралами механики	430

§ 92. Теорема единственности для волнового уравнения	435
§ 93. О единственности гармонической координатной системы . . .	441
§ 94. Пространство Фридмана — Лобачевского	447
§ 95. Теория красного смещения	455
§ 96. Развитие теории тяготения и теории движения масс (критический обзор)	465
Заключение	473
<i>Добавление А.</i> К выводу преобразования Лоренца	475
<i>Добавление Б.</i> Преобразование тензора Эйнштейна	483
<i>Добавление В.</i> Характеристики обобщенного уравнения Даламбера .	493
<i>Добавление Г.</i> Интегрирование уравнения фронта волны	496
<i>Добавление Д.</i> Необходимое и достаточное условие евклидовости трехмерного пространства	500
Литература	503