

# Оглавление

Введение . . . . .	7
--------------------	---

## Часть I

<b>СПЕЦИАЛЬНАЯ ТЕОРИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОСТИ И КЛАССИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА</b>	<b>11</b>
--	-----------

<b>Лекция 1.</b> Механическая аналогия для поля, Принцип относительности. Преобразования Лоренца. Пространство-время и его свойства. Лоренцево сокращение длин. Собственное время. Аберрация света . .	12
--	----

<b>Лекция 2.</b> Определение тензоров и методы работы с ними. Метрический тензор. Абсолютно антисимметричный тензор. 4-градиенты и 4-дивергенции от тензоров . . . . .	26
--	----

<b>Лекция 3.</b> 4-скорость и 4-ускорение. Действие для релятивистской частицы. Принцип наименьшего действия для частиц. Симметрии действия и законы сохранения. Релятивистская кинематика. Эффект Доплера . . . . .	40
--	----

<b>Лекция 4.</b> Электромагнитное поле. Калибровочные или градиентные преобразования. Действие и уравнения движения релятивистской частицы в поле. Тензор электромагнитного поля . . . . .	53
--	----

<b>Лекция 5.</b> Инварианты поля. Движение частицы во внешних постоянных однородных и неоднородных полях. Дрейф частиц . . . . .	65
--	----

<b>Лекция 6.</b> Уравнения Максвелла в релятивистской форме и их вывод из принципа наименьшего действия для полей, 4-вектор тока, $\delta$ -функция . . . . .	79
---	----

<b>Лекция 7.</b> Симметрии и законы сохранения в присутствии полей. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля и частиц. Баланс энергии частиц и поля . . . . .	95
---	----

<b>Лекция 8.</b> Электро- и магнетостатика. Дипольный и квадрупольный моменты. Мультипольное разложение. Магнитный дипольный момент .	103
---	-----

<b>Лекция 9.</b> Свободные электромагнитные волны. Тензор поляризации. Преобразование Фурье и собственные колебания поля. Поле как бесконечный набор осцилляторов . . . . .	116
<b>Лекция 10.</b> Поля, создаваемые релятивистскими движущимися зарядами. Функция Грина оператора д'Аламбера. Потенциалы Лиенара — Вихерта . . . . .	128
<b>Лекция 11.</b> Излучение электромагнитных волн движущимися зарядами. Интенсивность излучения и мощность потерь. Излучение в дипольном приближении. Мультипольное разложение в нерелятивистском приближении . . . . .	141
<b>Лекция 12.</b> Синхротронное излучение и его свойства. Сила радиационного трения. Лоренцева линия. Пределы применимости классической электродинамики . . . . .	152

## **Часть II**

<b>Общая теория относительности и гравитация</b>	<b>165</b>
<b>Лекция 1.</b> Общая ковариантность. Переход в неинерциальную систему отсчёта в пространстве-времени Минковского. Уравнение геодезической. Символы Кристоффеля . . . . .	166
<b>Лекция 2.</b> Тензоры. Ковариантное дифференцирование. Параллельный перенос. Локально-Минковская система отсчёта. Кривизна или тензор Римана и его свойства . . . . .	177
<b>Лекция 3.</b> Действие Эйнштейна — Гильберта. Уравнения Эйнштейна. Тензор энергии-импульса для материи . . . . .	187
<b>Лекция 4.</b> Решение Шварцшильда. Координаты Шварцшильда. Координаты Эддингтона — Финкельштейна . . . . .	196
<b>Лекция 5.</b> Диаграммы Картера — Пенроуза. Координаты Крускала — Секереша. Диаграмма Картера — Пенроуза для шварцшильдовой чёрной дыры . . . . .	205
<b>Лекция 6.</b> Вектор Киллинга и законы сохранения. Движение пробной частицы на фоне чёрной дыры Шварцшильда. Прецессия перигелия орбиты Меркурия. Отклонение лучей света в окрестности Солнца .	215
<b>Лекция 7.</b> Тензор энергии-импульса для идеальной релятивистской жидкости. Внутреннее решение. Вращающаяся чёрная дыра Керра. Собственное время. Гравитационное красное смещение. Краткие комментарии по гипотезе космического ценза и теореме об отсутствии волос . . . . .	224

---

<b>Лекция 8.</b> Коллапс Оппенгеймера — Снайдера. Краткие комментарии о термальном поведении излучения Хокинга и о формировании чёрных дыр . . . . .	234
<b>Лекция 9.</b> Псевдотензор энергии-импульса для гравитации. Приближение слабого поля. Псевдотензор энергии-импульса в пределе слабого поля на фоне пространства-времени Минковского. Свободные гравитационные волны . . . . .	245
<b>Лекция 10.</b> Гравитационное излучение движущихся массивных тел. Ударная гравитационная волна, или плоская волна Пенроуза . . . .	254
<b>Лекция 11.</b> Однородные трёхмерные пространства. Метрика Фридмана — Робертсона — Волкера. Однородные изотропные космологические решения. Анизотропное космологическое решение Казнера . .	262
<b>Лекция 12.</b> Геометрия пространства-времени де Ситтера. Геометрия пространства-времени анти-де Ситтера. Диаграммы Картера — Пенроуза для пространства-времени де Ситтера и анти-де Ситтера. Поворот Вика. Глобальные координаты. Координаты Пуанкаре. Гиперболическое расстояние . . . . .	272