

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Томский государственный педагогический университет»**  
**(ТГПУ)**

УТВЕРЖДАЮ

Декан Физико-

математического факультета



Е.Г.Пьяных

« 26 » мая 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ОД.1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

Трудоёмкость (в зачетных единицах) - 9

Направление подготовки: 03.06.01 Физика и астрономия

Направленность (профиль) подготовки: 01.04.02 Теоретическая физика

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: очная



занятия									
Семинары									
Лабораторные работы									
Другие виды аудиторных работ (экзамен)	36						36		
Другие виды работ	178			36	36	58	48		
Самостоятельная работа	178			36	36	58	48		
Реферат									
Расчётно-графические работы									
Формы текущего контроля				опрос	опрос	опрос	опрос		
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом				зачет	зачет	зачет	экзамен		

## 5. Содержание учебной дисциплины

Все содержание дисциплины следует разбить на темы, охватывающие логически завершённый материал, определить объём каждого из видов аудиторных учебных занятий.

### 5.1. Разделы учебной дисциплины

№п/п	Наименование раздела дисциплины (темы)	Аудиторные часы					Самостоятельная работа (час)
		Всего	Лекции	Практические (семинары)	Лабораторные	В т. ч. интерактивные формы обучения	
1.	Классическая механика	8	8	-	-	2	10



2.	Специальная теория относительности	8	8	-	-	2	10
3	Классическая электродинамика	12	12	-	-	3	16
4	Общая теория относительности	12	12	-	-	4	36
5	Квантовая механика	18	18	-	-	5	36
6	Теория поля	28	28	-	-	5	36
7	Термодинамика и статистическая физика	10	10	-	-	4	12
8	Теория конденсированного состояния вещества	14	14	-	-	2	22
	<b>Итого:</b>	110	110	-	-	27	178

## *5.2. Содержание разделов дисциплины*

### **1. Классическая механика**

Принцип действия, лагранжев формализм, гамильтонов формализм.

### **2. Специальная теория относительности**

Принципы специальной теории относительности. События, интервал между событиями и причинность в релятивистской теории. Собственное время. Преобразования Лоренца. Пространство Минковского. Действие и уравнение движения релятивистской частицы. Энергия, импульс и момент импульса релятивистской частицы. Законы сохранения.

### **3. Классическая электродинамика**

Вектор-потенциал. Калибровочная инвариантность. Уравнения Максвелла. Инварианты электромагнитного поля. Постоянные электрическое и магнитное поля. Электромагнитные волны. Собственные колебания поля. Поле движущихся зарядов. Различные типы излучения. Рассеяние волн зарядами.

### **4. Общая теория относительности**

Элементы римановой геометрии. Гравитация как искривление пространства-времени. Уравнения движения массивных и безмассовых частиц. Физические поля в гравитационном поле. Уравнения Эйнштейна. Калибровочная инвариантность уравнений Эйнштейна и калибровочные (координатные) условия. Решение Шварцшильда. Классические наблюдаемые эффекты общей теории относительности. Черные дыры. Крупномасштабная структура Вселенной, однородность и изотропность. Открытая, замкнутая и квазиевклидова модели Фридмана. Стандартная модель ранней Вселенной.

### **5. Квантовая механика**

Основные принципы квантовой механики и ее математический аппарат. Шредингеровская и гейзенберговская форма уравнений движения. Чистые и смешанные состояния, матрица плотности, уравнение фон Неймана. Симметрия и квантовая механика. Вращения и внутренние степени свободы. Группа трехмерных вращений и группа SU(2). Орбитальный момент и спин. Принцип неразличимости. Статистика Бозе и Ферми. Представление

вторичного квантования. Рассеяние в поле центральной симметрии (спин 0 и 1/2). Рассеяние тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов.

## **6. Теория поля**

Группа Лоренца и группа  $SL(2, C)$ . Алгебра Ли группы Пуанкаре. Операторы Казимира группы Пуанкаре. Релятивистские поля и релятивистские волновые уравнения. Принцип действия в теории поля и уравнения движения. Глобальные симметрии классических полей. Модели теории поля. Поля Янга-Миллса. Процедура канонического квантования для различных видов полей. Матрица рассеяния и функция Грина. Производящий функционал функций Грина. Фейнмановские диаграммы. Эффективное действие. Петлевое разложение. Понятие о калибровочных теориях общего вида. Функциональный интеграл для калибровочных теорий. Духи Фаддеева-Попова. BRST-симметрия. Тождества Уорда. Спонтанное нарушение глобальной симметрии. Механизм Хиггса. Регуляризация фейнмановских диаграмм. Перенормируемые и неперенормируемые теории. Уравнения ренормализационной группы. Асимптотическая свобода.

## **7. Суперсимметрия**

Супергруппа Пуанкаре и супермультиплеты. Суперпространство и суперполе. Суперполевые модели. Суперграфы. Теорема о неперенормировках.

## **8. Термодинамика и статистическая физика**

Уравнение Лиувилля. Ансамбли и распределения Гиббса. Равновесные функции распределения и уравнения состояния для классических и квантовых идеальных газов. Вырожденный ферми-газ. Бозе-Эйнштейновская конденсация. Фононный газ, статистика равновесного излучения. Вириальное разложение. Формула Ван-дер-Ваальса. Элементы теории фазовых переходов I и II рода. Элементы теории флуктуаций. Элементы физической кинетики.

## **8. Теория конденсированного состояния вещества**

Прямая и обратная решетка кристалла. Структура электронных зон в кристаллах. Классификация твердых тел на основе энергетического спектра одноэлектронных состояний. Колебания решетки. Фононы. Теплоемкость твердых тел. Фонон-фононные взаимодействия. электрон-фононные взаимодействия. Теплопроводность диэлектриков. Обменное взаимодействие. Гамильтониан Гейзенберга. Спиновые волны. Намагниченность. Фазовый переход ферромагнетик- парамагнетик. Элементы теории сверхпроводимости.

### *5.3. Лабораторный практикум*

Лабораторный практикум не предусмотрен

## **6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### *6.1. Основная литература по дисциплине:*

1. И.Н. Мешков, Б.В. Чириков, Электромагнитное поле, Часть I, Электричество и магнетизм, Москва-Ижевск, Изд-во РХД, 2013, 543 с. (на кафедре)
2. М.Г. Иванов, Как понимать квантовую механику, Москва-Ижевск, Изд-во РХД, 2012, 496 с.(на кафедре)
3. Давыдов А.С. Квантовая механика: учебное пособие для вузов/А. С. Давыдов.-3-е изд., стер.-Санкт-Петербург:БХВ-Петербург, 2011.-703 с.:(2)
4. И.Л. Бухбиндер, Релятивистская симметрия, Томск. Изд-во ТГПУ, 2012, 104 с.
5. И.Л. Бухбиндер, Модели теории поля, Томск. Изд-во ТГПУ, 2012, 78 с.



6. Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков, Квантовые поля, Москва, Физматлит, 2011, 382 с.  
(на кафедре)

### 6.2. Дополнительная литература

1. Ландау, Лев Давидович. Теоретическая физика [Текст]: учебное пособие для вузов : в 10 т./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского.-Изд. 5-е, стереотип.-М.:ФИЗМАТЛИТ.-(Теоретическая физика). Т. 1:Механика.-2007.-222 с.
2. Медведев, Б. В. Начала теоретической физики. Механика. Теория поля. Элементы квантовой механики : учебное пособие / Б. В. Медведев. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Физматлит, 2007. — 600 с.
3. Ландау, Лев Давидович. Теоретическая физика [Текст]=Теория поля:учебное пособие для вузов : в 10 т./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского.-Изд. 8-е, стереотип.-М.:ФИЗМАТЛИТ.-(Теоретическая физика). Т. 2:Теория поля.-2006.-533 с.
4. Ландау, Лев Давидович. Теоретическая физика [Текст]=Квантовая механика:учебное пособие для вузов : в 10 тт./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского.-5-е изд., стереотип.-М.:ФИЗМАТЛИТ.-(Теоретическая физика). Т. 3:Квантовая механика.-2002.-803 с.
5. Ландау, Лев Давидович, Лифшиц, Евгений Михайлович. Теоретическая физика=Электродинамика сплошных сред:Учебное пособие для вузов: В 10 тт./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; Под ред. Л. П. Питаевского.-4-е изд., стереотип.-М.:ФИЗМАТЛИТ.-(Теоретическая физика). Т. 8:Электродинамика сплошных сред.-2003.-651 с.
6. Ландау, Лев Давидович, Лифшиц, Евгений Михайлович. Теоретическая физика=Статистическая физика:Учебное пособие для вузов: В 10 тт./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; Под ред. Л. П. Питаевского.-5-е изд., стереотип.-М.:ФИЗМАТЛИТ.-(Теоретическая физика). Т. 5, Ч. 1:Статистическая физика.-2001.-613,
7. Ландау, Лев Давидович. Теоретическая физика [Текст]=Физическая кинетика:учебное пособие для вузов : в 10 т./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского.-Изд. 2-е, испр.-М.:ФИЗМАТЛИТ.-(Теоретическая физика). Т. 10:Физическая кинетика / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский.-2007.-535 с.
8. К.В. Степаньянц, Классическая теория поля, Москва, Физматлит, 2009, 538 с.
9. Э. Зи, Квантовая теория поля в двух словах, Москва-Ижевск, Изд-во РХД, 2009, 615 с.
10. В.А. Рубаков, Классические калибровочные поля. Бозонные теории, Изд-во Либроком, 2010, 334 с.
11. I.L. Buchbinder, Elements of Supersymmetric Field Theory, Томск, Изд-во ТГПУ, 2010, 106 с.
12. Васильев, А. Н. Классическая электродинамика [Текст]: краткий курс лекций: учебное пособие для вузов/А. Н. Васильев.-[2-е изд., стер.].-Санкт-Петербург:БХВ-Петербург, 2010.-276 с.(1)
13. В.В. Киселев, Квантовая механика, Москва, Изд-во МЦНМО, 2009, 560 с.
14. Румер, Юрий Борисович, Рывкин, Моисей Соломонович (Шоломович). Термодинамика, статистическая физика и кинетика:Учебное пособие/Ю.Б.Румер, М.Ш.Рывкин.-2-е изд.,испр. и доп.-Новосибирск:Новосибирский университет,2000.-608с.
15. Гантмахер, Феликс Рувимович. Лекции по аналитической механике:[Учебное пособие для вузов]/Ф. Р. Гантмахер; Под ред. Е. С. Пятницкого.-3-е изд., стер.-М.:ФИЗМАТЛИТ,2002.-262 с.
16. Дубровин, Б. А. Современная геометрия: методы и приложения / Б. А. Дубровин, С. П. Новиков, А. Т. Фоменко. — 5-е изд., испр. — М. : Эдиториал УРСС, 2001- Т. 1; Геометрия поверхностей, групп преобразований и полей. — 2001. — 336 с.
17. Рубаков, Валерий Анатольевич. Классические калибровочные поля. Бозонные теории [Текст]/В. А. Рубаков.-Изд. 2-е, испр. и доп.-М.:КомКнига,2005.-294 с.



18. Рубаков, Валерий Анатольевич. Классические калибровочные поля. Теории с фермионами. Некоммуникативные теории [Текст]/В. А. Рубакова.-Изд. 2-е, испр. и доп.-М.:КомКнига,2005.-236 с.
19. Ансельм, Андрей Иванович. Основы статистической физики и термодинамики [Текст]: учебное пособие для вузов/А. И. Ансельм.-СПб.:Лань,2007.-426 с.
20. Ансельм, А. И. Введение в теорию полупроводников : учебное пособие / А. И. Ансельм. — 3-е изд., стер. — СПб. : Лань, 2008. — 624 с.
21. Блохинцев, Д. И.. Основы квантовой механики. / Д. И. Блохинцев. – М.: Наука, 1983. – 664 с.
22. Пайерлс, Квантовая теория твердого тела / Пайерлс.- М.: Иностранная литература, 1956. – 259 с.
23. Швебер, С. Введение в релятивистскую квантовую теорию поля / С. Швебер. – М.: ИЛ, 1963. – 842 с.
24. Боголюбов, Н.Н. Введение в теорию квантованных полей / Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков. – М.: Наука, 1976. - 479 с.
25. Славнов, А.А.. Введение в теорию калибровочных полей / А.А. Славнов, Л.Д. Фаддеев. – М.: Наука, 1988. – 267 с.
26. Хуанг, К. Статистическая механика. / К. Хуанг. М.: Мир, 1966. – 520 с.
27. Дирак, П.А.М.. Принципы квантовой механики. / П.А.М. Дирак. – М.: Наука, 1979. – 479 с.
28. Голдстейн, Г. Классическая механика / Г. Голдстейн. – М.: ГИТТЛ, 1975. – 416 с.
29. Ольховский, И.И. Курс теоретической механики для физиков. / И.И. Ольховский. – М.: Наука, 1978. – 574 с.
30. Коткин, Г.Л. Сборник задач по классической механике. / Г.Л. Коткин, В.Г. Сербо. – М.: Наука, 1969. – 238 с.
31. Яппа, Ю.А. Электродинамика. / Ю.А. Яппа. – М.: Наука, 1978.
32. Батыгин, В.В. Сборник задач по электродинамике. / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин. – М.: Наука, 1970. – 502 с.
33. Вайнберг, С. Гравитация и космология. / С. Вайнберг. – М.: Мир, 1975.
34. Мизнер, Ч. Гравитация, тт. 1-3. / Ч. Мизнер, К. Тори, Дж. Уилер. – М.: Мир, 1977. – 474 с.
35. Хоофт, Г. Введение в общую теорию относительности. / Г. Хоофт. - Москва-Ижевск: R&C Dynamics, 2002. – 95 с.
36. Хриплович, И.Б. Общая теория относительности. / И.Б. Хриплович. - Москва-Ижевск: R&C Dynamics, 2001. – 117 с.
37. Сборник задач по теории относительности и гравитации. / А. Лайтман [и др.] - М.: Мир, 1979.
38. Зелевинский, В.Г. Сборник задач по теории относительности и гравитации / В.Г. Зелевинский - Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2002.
39. Давыдов, А.С. Квантовая механика. / А.С. Давыдов. – М.: Наука, 1973. – 703 с.
40. Боум, А. Квантовая механика: основы и приложения / А. Боум. – М.: Мир, 1990. – 720 с.
41. Мессиа, А. Квантовая механика. т.1 / А. Мессиа. – М.: Наука, 1978. – 478 с.
42. Мессиа, А. Квантовая механика, т.2 / А. Мессиа. – М.: Наука, 1979. – 583 с.
43. Барут, А. Теория представлений групп и ее приложения. т.1 / А. Барут, Р. Рончка. – М.: Мир, 1980. – 455 с.
44. Барут, А. Теория представлений групп и ее приложения. т.2. / А. Барут, Р. Рончка. – М.: Мир, 1980. – 395 с.
45. Галицкий, В.М. Задачи по квантовой механике / В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган. – М.: Наука, 1981. – 647 с.
46. Ициксон, К. Квантовая теория поля, т.1 / К. Ициксон, Ж-Б. Зюбер. – М.: Мир, 1984. – 448 с.

47. Ициксон, К. Квантовая теория поля, т.2. / К. Ициксон, Ж-Б. Зюбер. – М.: Мир, 1984. – 400 с.
48. Пескин, М. Введение в квантовую теорию поля. РХД / М. Пескин, Д. Шредер. - Москва-Ижевск: R&C Dynamics, 2001. – 784 с.
49. Райдер, Л. Квантовая теория поля / Л. Райдер. – М.: Мир, 1987. – 512 с.
50. Боголюбов, Н.Н. Квантовые поля / Н.Н. Боголюбов, Д.В. Ширков. – М.: Наука, 1980. – 319 с.
51. Брайс, С. Динамическая теория групп и полей / С. Брайс, С. Девитт. – М.: Наука, 1987. – 287 с.
52. Рамон, П. Теория поля: Современный вводный курс / П. Рамон. – М.: Мир, 1984. – 332 с.
53. Весс, Ю. Суперсимметрия и супергравитация / Ю. Весс, Дж. Беггер. – М.: Мир, 1986. – 179 с.
54. Уэст, П. Введение в суперсимметрию и супергравитацию / П. Уэст. – М.: Мир, 1989.
55. Зубарев, Д.Н. Неравновесная статистическая термодинамика / Д.Н. Зубарев. – М.: Наука, 1971. – 414 с.
56. Куни, Ф.М. Статистическая физика и термодинамика / Ф.М. Куни. – М.: Наука, 1981. – 352 с.
57. Зеeman, Дж. Принципы теории твердого тела / Дж. Зеeman. – М.: Мир, 1974. – 472 с.
58. Киттель, Ч. Квантовая теория твердых тел / Ч. Киттель. – М.: Наука, 1967. – 491 с.

### *6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины.*

Для успешного освоения дисциплины аспирантам рекомендуется посетить следующие адреса Веб-ресурсов: сайты библиотек – [libserv.tspu.edu.ru](http://libserv.tspu.edu.ru) (ТГПУ), [lib.tpu.ru](http://lib.tpu.ru) (ТПУ), [lib.tsu.ru](http://lib.tsu.ru) (ТГУ), [elibrary.ru/defaultx.asp](http://elibrary.ru/defaultx.asp) (Научная электронная библиотека), сайт [xxx.lanl.gov](http://xxx.lanl.gov), где имеются статьи по всем разделам физики, электронная библиотечная система «Книгофонд» <http://www.knigafund.ru/>; электронная библиотечная система «Библиотех» <http://www.bibliotech.ru/>; портал электронных книг - [www.book-portal.info](http://www.book-portal.info)

### *6.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины .*

Специального материально-технического оснащения не требуется.

## **7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### *7.1. Методические рекомендации (материалы) преподавателю*

Реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (семинаров в диалоговом режиме, дискуссий, рецензирования аспирантами работ друг друга) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

### *7.2. Методические рекомендации для аспирантов*

Аспирантам предлагается использовать рекомендованную литературу для более прочного усвоения материала, изложенного на лекциях, а также для изучения материала, запланированного для самостоятельной работы.

## **8. Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся**

Проверка качества усвоения знаний в конце каждого семестра обучения осуществляется в



форме зачета, на котором аспиранту должна быть выставлена оценка.

Для контроля усвоения материала аспирантам предлагаются контрольные вопросы для самостоятельной подготовки. Кроме того, предлагаются вопросы к государственному экзамену.

*8.1. Контрольные вопросы для самопроверки, диалогов, обсуждений и дискуссий:*

1. Принцип действия.
2. Уравнения Лагранжа
3. Уравнения Гамильтона.
4. Канонические преобразования.
5. Теорема Лиувилля.
6. Адиабатические инварианты.
7. Принцип относительности.
8. Классификация интервалов.
9. Причинность в релятивистской теории.
10. Преобразования Лоренца.
11. Пространство Минковского.
12. Калибровочная инвариантность.
13. Первая пара уравнений Максвелла.
14. Вторая пара уравнений Максвелла.
15. Плотность и поток энергии.
16. Инварианты поля.
17. Теорема Лармора.
18. Плоская монохроматическая волна, энергия и импульс волны.
19. Собственные колебания поля.
20. Потенциалы Лиенара-Вихерта.
21. Поле системы зарядов на далеких расстояниях.
22. Дипольное и квадрупольное излучение. Излучение малых частот.
23. Излучение при кулоновском взаимодействии.
24. Магнитотормозное излучение.
25. Спектральное разложение излучения в ультрарелятивистском случае.
26. Рассеяние свободными зарядами.
27. Многообразия. Кривые, касательный вектор. Тензорные поля.
28. Риманова метрика. Параллельный перенос, геодезические линии.
29. Ковариантные производные, связность, символы Кристоффеля.
30. Тензор кривизны и его свойства, плоские и искривленные пространства.
31. Расхождение геодезических.
32. Векторные поля Киллинга.
33. Описание гравитационного поля в релятивистской теории.
34. Уравнения движения массивных и безмассовых частиц.
35. Уравнения электродинамики в искривленном пространстве-времени.
36. Скалярные и спинорные поля в гравитационном поле.
37. Лагранжиан материи в гравитационном поле.
38. Действие гравитационного поля.
39. Калибровочная инвариантность уравнений Эйнштейна и калибровочные (координатные) условия.
40. Решение Шварцшильда уравнений Эйнштейна.
41. Классические наблюдаемые эффекты общей теории относительности.
42. Черные дыры.
43. Крупномасштабная структура Вселенной, однородность и изотропность.
44. Открытая, замкнутая и квазиевклидова модели Фридмана.
45. Постоянная Хаббла, космологическое красное смещение. Расширение Вселенной.

46. Стандартная модель ранней Вселенной.
47. Инфляционная модель Вселенной.
48. Принципы квантовой механики
49. Каноническое квантование.
50. Шредингеровская и гейзенберговская форма уравнений движения.
51. Соотношение неопределенности.
52. Чистые и смешанные состояния, матрица плотности и уравнение фон Неймана.
53. Неприводимые представления группы  $SU(2)$ .
54. Собственные значения оператора углового момента.
55. Спиноры и спин частиц.
56. Статистики Бозе и Ферми.
57. Операторы рождения и уничтожения бозонов и фермионов.
58. Условие унитарности.
59. Оптическая теорема. Принцип детального баланса.
60. Борновское приближение.
61. Формула Брейта-Вигнера.
62. Неприводимые представления группы Лоренца.
63. Операторы Казимира группы Пуанкаре.
64. Релятивистское волновое уравнение для скалярного поля.
65. Релятивистское волновое уравнение для спинорного поля (уравнения Вейля и Дирака).
66. Релятивистское волновое уравнение для векторного поля (уравнения Максвелла и Прока).
67. Уравнение Паули-Фирца.
68. Принцип действия в теории поля.
69. Теорема Нётер.
70. Лагранжиан скалярного поля.
71. Поля Янга-Миллса.
72. Калибровочная формулировка гравитации.
73. Принцип канонического квантования.
74. Оператор эволюции в представлении Баргмана-Фока.
75. Матрица рассеяния. Функции Грина.
76. Производящий функционал функций Грина.
77. Производящий функционал матрицы рассеяния.
78. Функциональные интегралы и их свойства.
79. Ряд теории возмущений для функций Грина и фейнмановские диаграммы.
80. Петлевое разложение.
81. Калибровочная инвариантность и физические величины.
82. Функциональный интеграл для калибровочных теорий.
83. Духи Фаддеева-Попова.
84. BRST-симметрия.
85. Тождества Уорда.
86. Понятие о классическом вакууме.
87. Спонтанное нарушение глобальной симметрии.
88. Теорема Голдстоуна.
89. Механизм Хиггса.
90. Спонтанное нарушение симметрии в электрослабой теории.
91. Расходимости и регуляризация фейнмановских диаграмм.
92. Однопетлевые и двухпетлевые диаграммы.
93. Индекс расходимости. Условия нормировки.
94. Уравнения ренормализационной группы. Асимптотическая свобода.
95. Супералгебры и супералгебры Ли.



96. Супергруппа Пуанкаре.
97. Суперпространство и суперполе.
98. Суперковариантные производные.
99. Киральные и общие суперполя.
100. Модель Весса-Зумино.
101. Суперсимметричная теория поля Янга-Миллса.
102. Теорема о неперенормировке.
103. Лагранжиан супергравитации.
104. Микроканоническое, каноническое и большое каноническое распределения Гиббса.
105. Статистический оператор.
106. Первый и второй законы термодинамики.
107. Обратимые и необратимые процессы.
108. Принцип Ле-Шателье.
109. Теорема Нернста.
110. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана.
111. Уравнения состояния классического идеального газа.
112. Распределение Бозе-Эйнштейна.
113. Распределение Ферми-Дирака.
114. Теплоемкость вырожденного электронного газа.
115. Бозе-Эйнштейновская конденсация.
116. Фононный газ, статистика равновесного излучения.
117. Формула Ван-дер-Ваальса.
118. Фазовые переходы I и II рода.
119. Формула Клайперона-Клаузиуса.
120. Теория Ландау фазовых переходов II рода.
121. Распределение Гаусса для флуктуаций.
122. Флуктуационно-диссипационная теорема.
123. Иерархия времен релаксации.
124. Уравнение Фоккера-Планка.
125. Уравнение Больцмана, H-теорема Больцмана.
126. Цепочка уравнений ББККИ.
127. Прямая и обратная решетка кристалла.
128. Структура электронных зон в кристаллах.
129. Классификация твердых тел на основе энергетического спектра одноэлектронных состояний.
130. Фононы.
131. Теплопроводность диэлектриков.
132. Гамильтониан Гейзенберга. Спиновые волны.
133. Фазовый переход ферромагнетик- парамагнетик.
134. Куперовские пары.
135. Уравнение для щели в спектре в теории БКШ.

8.2. Перечень вопросов к экзамену по специальной дисциплине «Теоретическая физика»:

1. Принцип действия. Уравнения Лагранжа.
2. Функция Гамильтона, фазовое пространство, фазовая траектория, уравнения Гамильтона.
3. Скобки Пуассона и интегралы движения.
4. Канонические преобразования.
5. Теорема Лиувилля.
6. Уравнение Гамильтона-Якоби.
7. Адиабатические инварианты.

8. Существование максимальной скорости распространения взаимодействий как фундаментальный закон природы. Принцип относительности.
9. События. Интервал между событиями. Классификация интервалов.
10. Световой конус. Причинность в релятивистской теории. Однородность и одновременность.
11. Собственное время, его физический смысл и вычисление.
12. Преобразования Лоренца, замедление времени, сокращение длины, сложение скоростей.
13. Пространство Минковского, тензоры в пространстве Минковского.
14. Четырехмерная скорость, четырехмерное ускорение.
15. Действие и уравнение движения релятивистской частицы.
16. Энергия и импульс релятивистской частицы, четырехмерный импульс, момент импульса релятивистской частицы.
17. Законы сохранения. Энергия связи и дефект масс.
18. Уравнение движения релятивистской частицы в электромагнитном поле.
19. Движение с постоянным ускорением в релятивистской механике.
20. Вектор-потенциал. Калибровочная инвариантность.
21. Уравнения движения заряда в поле.
22. Движение заряда в постоянных однородных электрическом и магнитном полях.
23. Тензор напряженности поля. Первая пара уравнений Максвелла.
24. Действие для электромагнитного поля.
25. Вектор тока, уравнение непрерывности.
26. Вторая пара уравнений Максвелла.
27. Плотность и поток энергии. Тензор энергии- импульса электромагнитного поля.
28. Инварианты поля.
29. Постоянное электрическое поле. Закон Кулона. Электрическое поле и энергия системы неподвижных зарядов.
30. Мультипольные моменты системы зарядов и ее взаимодействие с внешним полем.
31. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
32. Электромагнитные волны. Плоская монохроматическая волна, энергия и импульс волны.
33. Спектральное разложение, собственные колебания поля.
34. Поле движущихся зарядов. Запоздавающие потенциалы, их спектральное разложение.
35. Потенциалы Лиенара-Вихерта.
36. Поле системы зарядов на далеких расстояниях.
37. Дипольное и квадрупольное излучение. Излучение малых частот.
38. Излучение при кулоновском взаимодействии. Поле излучения на близких расстояниях.
39. Излучение быстро движущегося заряда.
40. Магнитотормозное излучение.
41. Торможение излучением.
42. Спектральное разложение излучения в ультрарелятивистском случае.
43. Рассеяние волн зарядами. Рассеяние свободными зарядами. Рассеяние волн с малыми и большими частотами.
44. Излучение релятивистского равноускоренного заряда.
45. Многообразия. Кривые, касательный вектор. Тензорные поля.
46. Риманова метрика. Параллельный перенос, геодезические линии.
47. Ковариантные производные, связность, символы Кристоффеля.
48. Тензор кривизны и его свойства, плоские и искривленные пространства.
49. Расхождение геодезических.
50. Движения риманова пространства, векторные поля Киллинга.



51. Описание гравитационного поля в релятивистской теории. Гравитация как искривление пространства-времени.
52. Интервал в гравитационном поле, собственное время.
53. Действие для частицы в гравитационном поле, уравнения движения массивных и безмассовых частиц.
54. Ньютоновский предел.
55. Уравнения электродинамики в искривленном пространстве-времени.
56. Скалярные и спинорные поля в гравитационном поле.
57. Лагранжиан материи в гравитационном поле, тензор энергии-импульса, локальные и глобальные законы сохранения.
58. Действие гравитационного поля. Вывод уравнений Эйнштейна из принципа наименьшего действия. Космологическая постоянная.
59. Перестановки, как наблюдаемые. Группа перестановок. Принцип неразличимости, симметрия волновых функций. Статистика Бозе и Ферми.
60. Представление вторичного квантования, операторы рождения и уничтожения бозонов и фермионов, операторы физических величин в представлении вторичного квантования.
61. Теория гравитации с высшими производными.
62. Калибровочная инвариантность уравнений Эйнштейна и калибровочные (координатные) условия.
63. Слабые гравитационные волны.
64. Вывод ньютоновского закона всемирного тяготения.
65. Решение Шварцшильда уравнений Эйнштейна.
66. Траектория частиц и световых лучей в центрально-симметричном гравитационном поле, классические наблюдаемые эффекты общей теории относительности.
67. Черные дыры.
68. Крупномасштабная структура Вселенной, однородность и изотропность.
69. Открытая, замкнутая и квазиевклидова модели Фридмана.
70. Постоянная Хаббла, космологическое красное смещение. Расширение Вселенной.
71. Стандартная модель ранней Вселенной.
72. Принцип суперпозиции в квантовой механике.
73. Динамические переменные и наблюдаемые. Одновременная измеримость.
74. Представления векторов состояния и наблюдаемых.
75. Каноническое квантование.
76. Координатное представление, импульсное представление.
77. Шредингеровская и гейзенберговская форма уравнений движения.
78. Соотношение неопределенности, процесс измерения, принцип дополнительности.
79. Чистые и смешанные состояния, матрица плотности и уравнение фон Неймана.
80. Группа трехмерных вращений и группа  $SU(2)$ . Алгебра Ли группы  $SU(2)$ . Неприводимые представления группы  $SU(2)$ .
81. Орбитальный момент и спин. Квантование момента.
82. Перестановки, как наблюдаемые. Группа перестановок. Принцип неразличимости, симметрия волновых функций. Статистика Бозе и Ферми.
83. Представление вторичного квантования, операторы рождения и уничтожения бозонов и фермионов, операторы физических величин в представлении вторичного квантования.
84. Основные понятия теория рассеяния.
85. Оптическая теорема. Принцип детального баланса.
86. Борновское приближение.
87. Рассеяние тождественных частиц.
88. Рассеяние на кулоновском потенциале.
89. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов.

90. Неупругое рассеяние медленных частиц. Формула Брейта-Вигнера.
91. Основные положения теории групп Ли, генераторы, структурные постоянные, экспоненциальное отображение.
92. Группа Лоренца и группа  $SL(2, \mathbb{C})$ . Неприводимые представления группы Лоренца.
93. Алгебра Ли группы Пуанкаре. Операторы Казимира группы Пуанкаре.
94. Построение неприводимого унитарного представления группы Пуанкаре.
95. Массивные неприводимые представления группы Пуанкаре. Безмассовые представления группы Пуанкаре.
96. Релятивистские поля. Понятие релятивистского волнового уравнения. Релятивистское волновое уравнение для скалярного поля.
97. Релятивистское волновое уравнение для спинорного поля (уравнения Вейля и Дирака).
98. Релятивистское волновое уравнение для векторного поля (уравнения Максвелла и Прока).
99. Уравнение Паули-Фирца.
100. Принцип действия в теории поля и уравнения движения.
101. Глобальные симметрии классических полей. Теорема Нётер.
102. Тензор энергии-импульса. Тензор момента импульса.
103. Модели теории скалярного поля. Лагранжиан скалярного поля.
104. Модели векторного поля.
105. Модель взаимодействующих скалярных, спинорных и электромагнитных полей.
106. Поля Янга-Миллса.
107. Калибровочная формулировка гравитации.
108. Принцип канонического квантования. Процедура канонического квантования в теории поля.
109. Каноническое квантование свободного вещественного скалярного поля. Фоковский базис.
110. Операторы энергии-импульса и момента импульса свободного Вещественного скалярного поля.
111. Квантование свободного комплексного скалярного поля.
112. Квантование электромагнитного поля.
113. Квантование свободного спинорного поля.
114. Представление матричного элемента оператора эволюции функциональным интегралом.
115. Оператор эволюции в представлении Баргмана-Фока.
116. Матрица рассеяния. Функции Грина.
117. Производящий функционал функций Грина. Пропагатор скалярного поля.
118. Производящий функционал матрицы рассеяния.
119. Функциональные интегралы и их свойства.
120. Представление производящего функционала функций Грина функциональным интегралом.
121. Ряд теории возмущений для функций Грина и фейнмановские диаграммы.
122. Фейнмановские диаграммы в импульсном представлении.
123. Связные функции Грина. Вершинные функции Грина.
124. Петлевое разложение.
125. Алгебра и анализ с антикоммутирующими числами.
126. Производящий функционал свободных функций Грина спинорного поля.
127. Производящий функционал свободных функций Грина электромагнитного поля.
128. Диаграммная техника в квантовой электродинамике.
129. Понятие о калибровочных теориях общего вида.
130. Теория антисимметричного тензорного поля второго ранга.



131. Калибровочная инвариантность и физические величины. Функциональный интеграл для калибровочных теорий.
132. Духи Фаддеева-Попова.
133. BRST-симметрия.
134. Фейнмановские диаграммы в теории поля Янга-Миллса.
135. Фейнмановские диаграммы в эйнштейновской гравитации.
136. Эффективное действие в калибровочных теориях и тождества Уорда.
137. Понятие о классическом вакууме.
138. Спонтанное нарушение глобальной симметрии.
139. Свойства теории со спонтанным нарушением симметрии и теорема Голдстоуна.
140. Спонтанное нарушение симметрии в калибровочных теориях и механизм Хиггса.
141. Спонтанное нарушение симметрии в электрослабой теории.
142. Расходимости фейнмановских диаграмм. Регуляризация фейнмановских диаграмм.
143. Вычитательная процедура и контрчлены: однопетлевые и двухпетлевые диаграммы.
144. Индекс расходимости. Перенормируемые и неперенормируемые теории. Условия нормировки.
145. Уравнения ренормализационной группы. Асимптотическая свобода.
146. Супералгебры и супералгебры Ли.
147. Супергруппа Пуанкаре и ее неприводимые представления, супермультиплеты.
148. Суперпространство и суперполе.
149. Генераторы суперсимметрии и суперковариантные производные.
150. Киральные и общие суперполя, компонентный состав.
151. Модель Весса-Зумино.
152. Суперсимметричная теория поля Янга-Миллса.
153. Теория возмущений в суперпространстве, суперпропагаторы, суперграфы.
154. Теорема о неперенормировке.
155. Лагранжиан супергравитации.
156. Статистический ансамбль. Функция распределения. Уравнение Лиувилля.
157. Микроканоническое, каноническое и большое каноническое распределения Гиббса.
158. Статистический оператор.
159. Микроканонический, канонический и большой канонический ансамбли Гиббса.
160. Статистический интеграл и статистическая сумма.
161. Температура, давление, работа, количество теплоты.
162. Первый и второй законы термодинамики.
163. Термодинамические потенциалы.
164. Обратимые и необратимые процессы.
165. Принцип Ле-Шателье.
166. Теорема Нернста.
167. Системы с переменным числом частиц.
168. Вывод термодинамических соотношений из статистических ансамблей.
169. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана.
170. Уравнения состояния классического идеального газа. Барометрическая формула.
171. Распределение Бозе-Эйнштейна.
172. Распределение Ферми-Дирака.
173. Уравнения состояния идеальных квантовых газов.
174. Вырожденный ферми-газ, теплоемкость вырожденного электронного газа.
175. Бозе-Эйнштейновская конденсация.
176. Фононный газ, статистика равновесного излучения.
177. Вириальное разложение.

178. Формула Ван-дер-Ваальса.
179. Приближение Дебая Хюккеля для плазмы.
180. Фазовые переходы I и II рода.
181. Формула Клайперона-Клаузиуса.
182. Теория Ландау фазовых переходов II рода.
183. Распределение Гаусса для флуктуаций.
184. Флуктуации термодинамических величин, флуктуации в идеальных газах.
185. Флуктуационно-диссипационная теорема.
186. Неравновесная функция распределения.
187. Иерархия времен релаксации и сокращенное описание.
188. Уравнение Фоккера-Планка.
189. Уравнение Больцмана, H-теорема Больцмана.
190. Вывод уравнений газовой динамики из уравнения Больцмана.
191. Цепочка уравнений ББГКИ, вывод уравнения Больцмана из цепочки уравнений для корреляционных функций.
192. Прямая и обратная решетка кристалла.
193. Структура электронных зон в кристаллах.
194. Классификация твердых тел на основе энергетического спектра одноэлектронных состояний.
195. Колебания решетки. Фононы. Теплоемкость твердых тел по Дебаю. Фонон-фононные взаимодействия. Электрон-фононные взаимодействия.
196. Теплопроводность диэлектриков. Обменное взаимодействие. Гамильтониан Гейзенберга. Спиновые волны.
197. Намагниченность. Фазовый переход ферромагнетик- парамагнетик.
198. Основные свойства сверхпроводников. Куперовские пары. Теория Бардина-Купера-Шриффера. Уравнение для щели в спектре.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению 03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 30.07.2014 года № 867


Рабочая программа учебной дисциплины составлена:

д.ф.-м.н., профессор,  
зав. кафедрой теоретической физики  И.Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики протокол № 5 от 26 мая 2016 года.

Зав. кафедрой теоретической физики  
д.ф.-м.н.  И.Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-математического факультета протокол № 9 от 26 мая 2016 года.

Председатель учебно-методической комиссии ФМФ  
д.п.н, к.ф.-м.н., профессор КОФ  З.А.Скрипко



## Карты компетенций

### КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ОПК-2

КОМПЕТЕНЦИЯ: готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования;

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

*- общепрофессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования «03.06.01 Физика и астрономия», уровень ВО аспирантура, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская.*

### КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ ПК-3

КОМПЕТЕНЦИЯ: способность ясно излагать и передавать другим свои знания фундаментальных разделов теоретической физики;

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

*- профессиональная компетенция выпускника образовательной программы по направлению подготовки высшего образования «03.06.01 Физика и астрономия», уровень ВО аспирантура, вид профессиональной деятельности научно-исследовательская.*

## Критерии оценивания уровня сформированности компетенций

Компетенция (группы компетенций)	Уровни	Критерии	Формы оценивания/ вид деятельности
1	2	3	6
ОПК-2	1	Способность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования;	Материалы индивидуального проекта, фрагменты диссертационной и квалификационной работ, зачет
	2	Готовность к использованию информационно-коммуникационных технологий в обучении физике	
	3	Способность к моделированию, осуществлению и оцениванию образовательного процесса, а также к проектированию программ профессионального образования в соответствии с потребностями работодателя	
ПК-3	1	Способность ясно излагать законы и методы теоретической физики и доносить их до студентов.	Материалы индивидуального проекта, фрагменты диссертационной и квалификационной работ, зачет