

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
Кружаев В.В.
«__» _____ 2015 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Код ОП	Направление	Направленность (профиль) программы аспирантуры	Квалификация
03.06.01	Физика и астрономия	Теоретическая физика	Исследователь. Преподаватель-исследователь

СОГЛАСОВАНО
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ
КАДРОВ ВЫСШЕЙ
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург 2015

Программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
1	А.С. Москвин	д.ф.-м.н., профессор	Зав. кафедрой	теоретической физики	

Рекомендовано Учебно-методическими советами Института естественных наук

Председатель учебно-методического совета ИЕН

Е.С. Буянова

Протокол № 36 от 20.03.2015 г.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего профессионального образования

Шифр направления	Название направления/направленности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
03.06.01	Физика и астрономия/ теоретическая физика	от 30.07.2014 г., изменения № 464 от 30.04.2015 г.	867

1.1. Цели дисциплины

Целью дисциплины «Современные проблемы теоретической физики» является приобретение основных профессиональных компетенций в ходе углубленного изучения проблем и вопросов, стоящих перед научными работниками в настоящее время в области теоретической физики.

1.2. Место дисциплины в структуре учебной деятельности и основной образовательной программы

Дисциплина «Современные проблемы теоретической физики» относится к разделу Б.1 вариативной части ОП направления аспирантуры и направлена на подготовку к сдаче кандидатского минимума.

В результате освоения данной дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями:

универсальные компетенции:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);

общепрофессиональные компетенции:

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

- профессиональные компетенции:

научно-исследовательская деятельность:

- способностью осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию информации по теме исследования, выбор методов и средств решения задач исследования (ПК-1);
- готовностью использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских работах в области теоретической физики (ПК-3).

2. СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

Наименования дисциплины	Семестр	Объем времени, отведенный на освоение дисциплины						
		Аудиторные занятия час.				Самост. работа час.	Аттестация по дисциплине (зачет, экзамен)	Всего час/з.е
		Всего	лекции	практические занятия	лабораторные работы			
Современные проблемы теоретической физики	5	4	4			104	Зачёт, 5 семестр	108/3
Всего на освоение		4	4			104		108/3

3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Объем и содержание дисциплины

№ п/п	Тема, раздел	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.
1	Раздел 1. Теоретико-групповые методы	10	
2	Раздел 2. Теория фазовых переходов и критических явлений	8	
3	Раздел 3. Элементы квантовой статистической механики	12	
4	Раздел 4. Многоэлектронные атомы в кристаллах	12	
5	Раздел 5. Электронная теория металлов	10	
6	Раздел 6. Методы зонной теории кристаллов	8	
7	Раздел 7. Колебания решеток, фононы	10	
8	Раздел 8. Теория сверхпроводимости	10	
9	Раздел 9. Избранные вопросы теории низкоразмерных систем	10	
10	Раздел 10. Элементы теории неупорядоченных систем	8	
11	Раздел 11. Стандартные модели и методы теории сильнокоррелированных систем	10	
	ИТОГО	108	3

3.2. Распределение объема учебного времени дисциплины по темам и видам работ

№ п/п	Тема, раздел дисциплины	Объем учебного времени, отведенный на освоение дисциплины з/е/час					
		Аудиторные занятия				Самостоят. работа	Всего по разделам и темам
		всего	в т.ч. лекции	В т.ч. семинар/практич. занятия	В т.ч. лаб. раб		
1	Раздел 1. Теоретико-групповые методы	2	2			8	10
2	Раздел 2. Теория фазовых переходов и критических явлений					8	8
3	Раздел 3. Элементы квантовой статистической механики					12	12
4	Раздел 4. Многоэлектронные атомы в кристаллах					12	12
5	Раздел 5. Электронная теория металлов					10	10
6	Раздел 6. Методы зонной теории кристаллов					8	8
7	Раздел 7. Колебания решеток, фононы					10	10
8	Раздел 8. Теория сверхпроводимости					10	10
9	Раздел 9. Избранные вопросы теории низкоразмерных систем					10	10
10	Раздел 10. Элементы теории неупорядоченных систем					8	8
11	Раздел 11. Стандартные модели и методы теории сильнокоррелированных систем	2	2			8	10
Итого по дисциплине		4	4			104	108

3.3. Самостоятельная работа аспирантов

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень заданий для самостоятельной работы (рефераты, доклады, переводы, расчеты, планирование эксперимента и т.п.)	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.

Раздел 1. Теоретико-групповые методы	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	8	
Раздел 2. Теория фазовых переходов и критических явлений	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	8	
Раздел 3. Элементы квантовой статистической механики	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	12	
Раздел 4. Многоэлектронные атомы в кристаллах	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	12	
Раздел 5. Электронная теория металлов	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	10	
Раздел 6. Методы зонной теории кристаллов	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	8	
Раздел 7. Колебания решеток, фононы	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	10	
Раздел 8. Теория сверхпроводимости	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	10	

Раздел 9. Избранные вопросы теории низкоразмерных систем	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	10	
Раздел 10. Элементы теории неупорядоченных систем	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	8	
Раздел 11. Стандартные модели и методы теории сильнокоррелированных систем	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	8	
ИТОГО		104	

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНИВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Объективная оценка уровня соответствия результатов обучения требованиям к освоению ОП обеспечивается системой разработанных критериев (показателей) оценки освоения знаний, сформированности умений и опыта выполнения профессиональных задач.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач,	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации из-	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демон-

	требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	вестных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	стрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Перечень вопросов к зачету

1. **Теоретико-групповые методы.** Симметрия квантовых систем. Теорема Вигнера, симметричная классификация квантовых состояний. Неприводимые тензоры. Теорема Вигнера-Эккарта.
2. **Теория фазовых переходов и критических явлений.** Теория структурных фазовых переходов. Мягкая мода. Фазовый переход металл-изолятор. Теория магнитных фазовых переходов. Ориентационные фазовые переходы в магнетиках. Теория сверхпроводящего фазового перехода. Особенности ФП в низкотемпературных и высокотемпературных сверхпроводниках. Особенности фазовых переходов в низкоразмерных системах. Переход Березинского-Костерлица-Таулесса. Пайерлсовский структурный переход в квазиодномерных электронных системах. Критические точки. Квантовые фазовые переходы. Теория перколяции.
3. **Элементы квантовой статистической механики.** Методы квантовой теории поля при $T=0$. Диаграммная техника при конечных температурах. Двухвременные функции Грина. Система взаимодействующих бозонов.
4. **Многоэлектронные атомы в кристаллах.** Классификация состояний свободного атома. Теория кристаллического поля (КП). Многоэлектронные конфигурации в схеме сильного кубического КП. Высоко- и низкоспиновые состояния ионов с незаполненной 3d-оболочкой. Схема среднего КП. Кристаллические ^{2S+1}G термы. Схема слабого КП. Метод эквивалентных операторов Стивенса. Взаимодействие атомов в кристаллах. Обменные и обменно-релятивистские взаимодействия. Спиновые модели Гейзенберга, Изинга, Дзялошинского-Мория. Негейзенберговские спин-гамильтонианы.
5. **Электронная теория металлов.** Осцилляция магнитной восприимчивости. Эффекты Эйнштейна – де Гааза и Шубникова. Циклотронный резонанс. Классический и квантовый эффекты Холла. Основы теории ферми-жидкости.
6. **Методы зонной теории кристаллов.** Методы расчета зонной структуры, метод присоединенных плоских волн. Теория функционала электронной плотности (DFT). Приближения LDA, LSDA, LDA+U. Теория динамического среднего поля.
7. **Колебания решеток, фононы.** Кинетическое уравнение Больцмана для газа фононов. Нормальные процессы и процессы переброса. Фононный газ в идеальном диэлектрике. Второй звук. Квантовые кристаллы. Вакансионны. Примесонны. Оболочечная модель кристалла.

8. **Теория сверхпроводимости.** Теория Бардина-Купера-Шриффера. Метод u - v -преобразования Боголюбова. Уравнения Горькова. Эффект Мейсснера. Основные механизмы высокотемпературной сверхпроводимости.
9. **Избранные вопросы теории низкоразмерных систем.** Двумерные электронные системы. Кристаллизация Вигнера. Топология двумерных систем. Спиновые 2D модели. Топологические дефекты. Вихри, скирмионы. Теория Березинского-Костерлица-Таулесса. 1D и 2D модель Изинга. Квантовые магнетики. Магнитные фрустрации. Несоизмеримые структуры.
10. **Элементы теории неупорядоченных систем.** Основные представления о локализации Андерсона, скэйлинговая теория. Метод реплик и элементарные представления о спиновых стеклах. Элементарные возбуждения в неупорядоченных средах. Электроны в неупорядоченных системах. Фононы в неупорядоченных системах. Экситоны в неупорядоченных системах. Спиновые стекла. Модель Эдвардса-Андерсона. Теория Паризи.
11. **Стандартные модели и методы теории сильнокоррелированных систем.** s - d -модель Шубина-Вонсовского. Модель Боголюбова-Левдина. Модель Андерсона. Модель Хаббарда. Приближения среднего поля (+RPA). Приближение Хартри-Фока. Решение простейших реализаций моделей Андерсона и Хаббарда в приближении Хартри-Фока. Теория динамического среднего поля.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Рекомендуемая литература

5.1.1 Основная литература

1. Ю.А. Изюмов, В.И. Анисимов. Электронная структура соединений с сильными корреляциями. М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2009.
2. Садовский М.В. Диаграмматика. Лекции по избранным задачам теории конденсированного состояния. Изд. 2-е. М.-Ижевск. НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010.
3. А.А. Абрикосов, Л.П. Горьков, И.Е. Дзялошинский. Методы квантовой теории поля в статистической физике. "Физматгиз", М. 1962.
4. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Статистическая физика, часть 2. "Наука", М. 178.
5. Е.М. Лифшиц, Л.П. Питаевский. Физическая кинетика. "Наука", М. 1979. Гл. X.
6. Д.Н. Зубарев. Неравновесная статистическая механика. "Наука", М. 1971.
7. Д.Н. Зубарев. УФН 71, 71 (1960).
8. Н.Н. Боголюбов. Квазисредние в задачах статистической механики. 1960. (Избранные труды. т.3, "Наукова думка", 1971 или в сборнике "Статистическая физика и квантовая теория поля", под ред. Н.Н.Боголюбова, "Наука", М. 1973).
9. С.В. Тябликов. Методы квантовой теории магнетизма. "Наука", М. 1965.
10. Ю.А. Изюмов, Ю.Н. Скрябин. Статистическая механика магнито-упорядоченных систем. "Наука", М. 1987. Гл.1.
11. Д.И. Хомский. ФММ 29, 31 (1970).
12. Ш. Ма. Современная теория критических явлений. "Мир", М. 1980.
13. P.A. Lee, T.V. Ramakrishnan. Disordered Electronic Systems. Rev.Mod.Phys. 57, No.2, 287 (1985).
14. В.С. Доценко. УФН 163, No.6, 1 (1993).
15. Левитов Л.С., Шитов А.В. Функции Грина. Задачи и решения. М., Физматлит, 2003.
16. Handbook of Magnetism and advanced magnetic materials, Volume I: Fundamentals and Theory, Eds. H. Kronmüller and S. Parkin, Wiley, 2007. 700 p.

17. Ю.А. Изюмов, Ю.Н. Скрябин, Базовые модели в квантовой теории магнетизма, Екатеринбург: УрО РАН, 2002.
18. Бальхаузен К., Введение в теорию поля лигандов, М., Мир, 1964.
19. Берсукер И.Б. Электронное строение и свойства координационных соединений, Л., «Химия», 1976. - 352 с.
20. Крэкнелл А., Уонг К. Поверхность Ферми. М. Атомиздат 1978г. 350с.
21. Шенберг Д. (Shoenberg). Магнитные осцилляции в металлах. Мир. 1986. 679 с.

5.1.2 Дополнительная литература

1. Р. Маттук. Фейнмановские диаграммы в проблеме многих тел. "Мир", М. 1969
2. R.D. Mattuck. D. Johansson. Adv.Phys. 17, 509 (1968).
3. В.Л. Бонч-Бруевич. С.В. Тябликов. Метод функций Грина в статистической механике. "Физматгиз", М. 1961.
4. Д.А. Киржниц. Полевые методы теории многих частиц. "Атомиздат", 1963.
5. Дж. Шриффер. Теория сверхпроводимости. "Наука", 1970.
6. П. Де Жен. Сверхпроводимость металлов и сплавов. "Мир", М. 1968. Гл. IV-VIII.
7. Р. Уайт. Квантовая теория магнетизма. "Мир", М. 1985. Гл. 3-8.
8. Р. Уайт. Т. Джебелл. Дальний порядок в твердых телах. "Мир", М. 1982. Гл. 1-7.
9. А.А. Абрикосов. Введение в теорию металлов. "Наука", М. 1987.
10. Н.Ф. Мотт. Переходы металл-изолятор. "Наука", М. 1979. Гл. 1-4.
11. С.В.Вонсовский. Магнетизм. М.:Наука, 1971, 1032 с.
12. Абрагам А., Блини Б. Электронный парамагнитный резонанс переходных ионов. Том 1,2, Мир, М., 1973.
13. А.С. Москвин, Ю.Д. Панов, Атомы в кристаллах, Екатеринбург, УрГУ, 1998.
14. A.S. Moskvin, Spin and Pseudospin Models: Hamiltonians, Topological Excitations, The Physics of Metals and Metallography (ФММ), Vol. 95, Suppl. 1, 2003, p. 41.
15. Брандт Н.Б., Чудинов С.М. Электроны и фононы в металлах. М.: Изд-во МГУ, 1990.
16. Марг Н., Паринелло М. Коллективные эффекты в твердых телах и жидкостях. М.: Мир, 1986.
17. Анималу А. Квантовая теория кристаллических твердых тел. М.: Мир, 1981.
18. Найш В. Е. Теория симметрии кристаллов. Учебное пособие. Екатеринбург, Изд. ИФМ, 1998.-43 с.
19. Маттис Д. Теория магнетизма, М., Мир, 1967.
20. Д. А. Варшалович, А. Н. Москалев, В. Х. Херсонский. Квантовая теория углового момента. Л., 1975.
21. Р. Нокс, А. Голд. Симметрия в твердом теле. М., 1970.
22. И. И. Собельман. Введение в теорию атомных спектров. М., 1963.
23. Ю. Е. Перлин, Б. С. Цукерблат. Эффекты электронно-колебательного взаимодействия в оптических спектрах примесных парамагнитных ионов. Кишнев, 1974.
24. С. В. Вонсовский и др. Теория кристаллического поля и оптические спектры примесных ионов с незаполненной d-оболочкой. М., 1969.
25. А. Брус, Р. Каули. Структурные фазовые переходы. М., 1984.

5.2. Электронные образовательные ресурсы

Зональная научная библиотека <http://library.urfu.ru/>

Каталоги библиотеки <http://library.urfu.ru/about/department/catalog/rescatalog/>

Электронный каталог <http://library.urfu.ru/resources/ec/>

Ресурсы <http://library.urfu.ru/resources>

Поиск <http://library.urfu.ru/search>

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Электронные ресурсы ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;

Электронные ресурсы Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;

Электронные ресурсы ScienceDirect: <http://www.scifinder.com>

Электронные ресурсы Web of Science: <http://reaxys.org>