

**Белорусский государственный университет
Физический факультет**



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.И. Чуприс

«12» июля 2019 г.

Регистрационный № УД-6884/уч.

**ПРИЛОЖЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА
И ТЕОРИИ ГРУПП В ФИЗИКЕ**

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 80 20 Прикладная физика

Профилизация: Функциональные наноматериалы

2019 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 80 20-2019 и учебного плана № G31-024/уч. от 11.04.2019 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Н.Г. Абрашина-Жадаева — заведующий кафедрой высшей математики и математической физики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, доцент;

Н.А. Поклонский — профессор кафедры физики полупроводников и наноэлектроники Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

И.А. Тимошенко – старший преподаватель кафедры высшей математики и математической физики Белорусского государственного университета

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Феранчук И.Д. – профессор кафедры теоретической физики и астрофизики Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

Сайко А. П. – Заместитель генерального директора ГО "НПЦ НАН Беларуси по материаловедению" по научной работе, доктор физико-математических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой высшей математики и математической физики
(протокол № 10 от 30 мая 2019);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 28 июня 2019)

Заведующая кафедрой



Абрашина-Жадаева Н.Г.



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины — подготовка студентов к чтению специальной литературы и к проведению самостоятельных исследований с использованием функционального анализа и теории групп симметрии в физике молекулярных и кристаллических структур и формирование у магистрантов углубленных профессиональных знаний о роли основных понятий теории обобщенных функций и групп в задачах естествознания; расширение представления студентов о понятии функции путем введения обобщенных функций и демонстрация эффективности применения обобщенных функций и теории групп симметрии в прикладных задачах.

Задачи учебной дисциплины: выработка умения самостоятельно приобретать и расширять знания в области функционального анализа и теории групп для последующей работы в исследовательской деятельности и подготовить магистрантов к применению полученных знаний для решения задач естествознания.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием (магистра). Симметрия — согласованность частей целого — лежит в основе теории молекул и кристаллов, отражая закономерности реального мира. Сегодня методы теории групп симметрии востребованы в нанотехнологии (молекулярном зодчестве) и электронике спиновых систем. Симметрией объекта называют преобразование, переводящее этот объект в эквивалентный. Все симметрии объекта образуют его группу симметрии, но не абстрактную группу (множество + операция), а группу преобразований (множество преобразований + их композиция). Группа — это множество элементов вместе с ассоциативной бинарной операцией, причем имеется единичный элемент и каждый элемент обратим. Развитие физики связано с расширением используемых групповых конструкций: группа Галилея (законы сохранения энергии, импульса, момента импульса), группа Лоренца (объясняет спин и существование античастиц), унитарные группы (классификация элементарных частиц), калибровочные группы (фундаментальные взаимодействия), суперсимметрия (симметрия между бозонами и фермионами). Существует лишь 14 типов конечных групп симметрии молекул и 230 групп для трехмерных кристаллов.

Обобщенные функции – область функционального анализа, возникшая в связи с потребностями математической физики, позволяющая правильно ставить и разрешать задачи, которые имеют также значительное прикладное значение.

Учебная дисциплина относится к модулю «Приложения функционального анализа и теории групп в физике» компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами: материал курса основан на знаниях и представлениях, заложенных в дисциплине государственного компонента «Методы математического моделирования физических

процессов», он является базовым для дисциплины государственного компонента «Вычислительные методы в физике и физическом эксперименте».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Приложения функционального анализа и теории групп в физике» должно обеспечить формирование следующих **специализированных компетенций**:

СК-1. Быть способным применять понятия современных разделов математики для анализа объектов физических исследований, использовать методы функционального анализа и теории групп при решении задач прикладной физики.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- как выполнять операции над обобщенными функциями,
- как решать дифференциальные уравнения в пространстве обобщенных функций и совершать интегральные преобразования обобщенных функций;
- основные понятия теории групп симметрии и представлений групп;
- основные принципы использования симметрии в физике;

уметь:

- формулировать задачи классического анализа на языке обобщенных функций и обосновывать результат;
- определять группу симметрии физической системы;
- использовать методы теории групп и их представлений в приложениях;

владеть:

- методами постановки и решения задач математики и естествознания в пространстве обобщенных функций
- приемами разложения представлений групп на неприводимые;
- методами анализа свойств молекул и кристаллов на основе их симметрии.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 1 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Приложения функционального анализа и теории групп в физике» отведено:

- для очной формы получения высшего образования — 216 часов, в том числе 90 аудиторных часов, из них: лекции — 42 часов, практические занятия — 38 часов, управляемая самостоятельная работа — 10 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 6 зачетных единиц.

Форма текущей аттестации — зачет, экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Пространство обобщенных функций

Тема 1.1. Пространства основных и обобщенных функций одной переменной

Пространство основных функций. Понятие обобщенной функции. Регулярные обобщенные и сингулярные обобщенные функции. Сходимость в пространстве обобщенных функций. Непрерывность операций сложения, умножения на бесконечно дифференцируемую функцию. Полнота пространства обобщенных функций.

Тема 1.2. Дифференцирование обобщенных функций

Производная обобщенной функции. Связь между обычной и обобщенной производными. Почленная дифференцируемость рядов обобщенных функций. Первообразная. Существование первообразных высокого порядка.

Тема 1.3. Обобщенные функции нескольких переменных

Пространства основных функций нескольких переменных. Пространства обобщенных функций нескольких переменных. Дифференцируемость. Первообразная обобщенной функции нескольких переменных.

Тема 1.4. Прямое произведение и свертка обобщенных функций

Определение и свойства прямого произведения. Определение и свойства свертки. Существование свертки. Применения прямого произведения и свертки.

Раздел 2. Преобразования Фурье и Лапласа обобщенных функций медленного роста

Тема 2.1. Обобщенные функции медленного роста

Пространство быстро убывающих основных функций. Пространство обобщенных функций медленного роста.

Тема 2.2. Преобразование Фурье

Преобразование Фурье обобщенных функций медленного роста. Свойства.

Тема 2.3. Преобразование Лапласа

Преобразование Лапласа обобщенных функций медленного роста. Свойства.

Раздел 3. Применение обобщенных функций

Тема 3.1. Применение обобщенных функций в дифференциальных уравнениях

Линейные дифференциальные уравнения и системы с бесконечно дифференцируемыми коэффициентами в пространстве обобщенных функций. Понятие обобщенного решения на данном множестве. Фундаментальное решение дифференциального оператора с постоянными коэффициентами. Метод нахождения. Выражение решения неоднородного уравнения через фундаментальное решение. Фундаментальные решения операторов математической физики.

Тема 3.2. Применение обобщенных функций в физике

Задачи типа Коши для волнового уравнения и уравнения теплопроводности. Применение обобщённых функций в механике, аэродинамике, аэроакустике. Рассеяние.

Раздел 4. Начала теории групп симметрии

Тема 4.1. Начала теории групп преобразований. Точечная симметрия

Пять платоновых тел. Основные понятия теории групп. Движения пространства: оси, плоскости и центр симметрии. 14 типов точечных групп преобразований.

Тема 4.2. Теория представлений конечных групп

Неприводимые представления групп. Разложение представления на неприводимые. Соотношения ортогональности для характеров неприводимых представлений. Построение базисных функций неприводимых представлений группы. Применение теории групп для описания колебаний молекул O_3 и H_2O .

Тема 4.3. Симметрия уравнения Шредингера

Классификация стационарных состояний квантовых систем. Симметрия и вырождение уровней энергии. Тензорное произведение неприводимых представлений. Правила отбора для матричных элементов переходов между квантовыми состояниями.

Раздел 5. Приложения теории групп симметрии к физическим задачам

Тема 5.1. Приложения теории представлений к квантовым задачам.

Симметрия химической связи в молекулах

Применение группы вращений для определения расщепления уровней энергии атома примеси в кристалле. sp^3 -Гибридизация волновых функций валентных электронов в молекулах NH_3 и CH_4 .

Тема 5.2. Группы симметрии кристаллов

Трансляционная и точечная симметрия одно-, двух- и трехмерных кристаллов. Трехмерные кристаллы: 7 сингоний (голоэдрией), 14 решеток Браве, 230 кристаллографических групп симметрии.

Тема 5.3. Применение теории групп для описания электронных состояний в кристаллах

Обратная решетка. Циклические граничные условия. Неприводимые представления группы трансляций. Функция Блоха. Элементы симметрии спиновых систем.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР (ДО)	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Аудиторный контроль УСР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Пространство обобщенных функций	12	8			2		
1.1	<i>Пространства основных и обобщенных функций одной переменной</i> 1. Пространство основных функций. Понятие обобщенной функции. 2. Регулярные обобщенные и сингулярные обобщенные функции. 3. Сходимости в пространстве обобщенных функций. Непрерывность операций сложения, умножения на бесконечно дифференцируемую функцию. 4. Полнота пространства обобщенных функций.	6	6					Решение задач
1.2	<i>Производная обобщенной функции</i> 1. Связь между обычной и обобщенной производными. 2. Почленная дифференцируемость рядов обобщенных функций. 3. Первообразная. Первообразные высокого порядка.	2						Решение задач
1.3	<i>Обобщенные функции нескольких переменных</i> 1. Пространства основных функций нескольких переменных. 2. Пространства обобщенных функций нескольких переменных. 3. Дифференцируемость. Первообразная обобщенной функции нескольких переменных.	2						Решение задач
1.4	<i>Прямое произведение и свертка обобщенных функций</i> 1. Определение и свойства прямого произведения. 2. Определение и свойства свертки. Существование свертки. 3. Применения прямого произведения и свертки.	2	2			2		Контрольная работа по разделу 1
2	Преобразования Фурье и Лапласа обобщенных функций медленного роста.	6	8					
2.1	<i>Обобщенные функции медленного роста</i>	2						Решение

	1. Пространство быстро убывающих основных функций. 2. Пространство обобщенных функций медленного роста.							задач
2.2	<i>Преобразование Фурье.</i> 1. Преобразование Фурье обобщенных функций медленного роста. 2. Свойства.	2	4					Решение задач
2.3	<i>Преобразование Лапласа</i> 1. Преобразование Лапласа обобщенных функций медленного роста. 2. Свойства.	2	4					Решение задач
3	Применение обобщенных функций		10			2		
3.1	<i>Применение обобщенных функций в дифференциальных уравнениях</i> 1. Линейные дифференциальные уравнения и системы с бесконечно дифференцируемыми коэффициентами в пространстве обобщенных функций. Обобщенное решение. 2. Фундаментальное решение дифференциального оператора с постоянными коэффициентами. Метод нахождения. 3. Выражение решения неоднородного уравнения через фундаментальное решение. 4. Фундаментальные решения операторов математической физики.		6					Решение задач
3.2	<i>Применение обобщенных функций в физике</i> 1. Задачи типа Коши для волнового уравнения и уравнения теплопроводности. 2. Применение обобщенных функций в механике, аэродинамике, аэроакустике. 3. Рассеяние.		4			2		Контрольная работа по разделам 2-3
4	Начала теории групп симметрии	12	6			2		
4.1	<i>Начала теории групп преобразований. Точечная симметрия</i> 1. 5 платоновых тел. 2. Основные понятия теории групп. 3. Движения пространства: оси, плоскости и центр симметрии. 4. 14 типов точечных групп преобразований.	4	2					Опрос
4.2	<i>Теория представлений конечных групп</i> 1. Неприводимые представления групп. Разложение представления на неприводимые. 2. Соотношения ортогональности для характеров неприводимых	4	2			2		Решение задач

	представлений. 3. Построение базисных функций неприводимых представлений группы. 4. Применение теории групп для описания колебаний молекул O ₃ и H ₂ O.							
4.3	<i>Симметрия уравнения Шредингера</i> 1. Классификация стационарных состояний квантовых систем. 3. Симметрия и вырождение уровней. 4. Тензорное произведение неприводимых представлений. 5. Правила отбора для матричных элементов переходов между квантовыми состояниями.	4	2					Решение задач
5	Приложения теории групп симметрии к физическим задачам	12	6			4		
5.1	<i>Приложения теории представлений к квантовым задачам. Симметрия химической связи в молекулах</i> 1. Применение группы вращений для определения расщепления уровней энергии примесного атома в кристалле. 2. <i>sp</i> ³ -Гибридизация волновых функций валентных электронов в молекулах NH ₃ и CH ₄ .	4	2			2		Защита рефератов
5.2	<i>Группы симметрии кристаллов</i> 1. Трансляционная и точечная симметрия одно-, двух- и трехмерных кристаллов. 2. Трехмерные кристаллы: 7 сингоний (голоэдрией), 14 решеток Браве, 230 кристаллографических групп симметрии.	4	2					Решение задач
5.3	<i>Применение теории групп для описания электронов проводимости в кристаллах</i> 1. Обратная решетка. Циклические граничные условия. 2. Неприводимые представления группы трансляций. Функция Блоха. 3. Элементы симметрии спиновых систем.	4	2			2		Защита рефератов

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. *Поклонский, Н.А.* Конечные группы симметрии. Основы и приложения / Н.А. Поклонский, А.Т. Власов, С.А. Вырко. – Минск: Беларус. Энцыкл. імя П. Броўкі, 2011. – 464 с.
2. *Аминов, Л.К.* Теория групп и ее приложения. Конспект лекций и задачи / Л.К. Аминов, А.С. Кутузов, Ю.Н. Прошин. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 123 с.
3. *Каганов, М.И.* Абстракция в математике и физике / М.И. Каганов, Г.Я. Любарский. – М.: Физматлит, 2005. – 352 с.
4. *Хамермеш, М.* Теория групп и ее применение к физическим проблемам / М. Хамермеш. – М.: Эдиториал УРСС, 2016. – 584 с.
5. *Шубников, А.В.* Симметрия в науке и искусстве / А.В. Шубников, В.А. Копчик. – Москва-Ижевск: НИЦ РХД, 2004. – 560 с.
6. *Фалалеев М.В.* Обобщенные функции и действия над ними : учеб.-метод. пособие / М.В. Фалалеев. 2-е изд., испр. и доп. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2011. – 108 с.
7. *Владимиров В.С.* Обобщенные функции в математической физике / В.С. Владимиров. – М.: Наука, 1979. – 320 с.

Перечень дополнительной литературы

1. *Вустер, У.* Применение тензоров и теории групп для описания физических свойств кристаллов / У. Вустер. – М.: Наука, 1977. – 384 с.
2. *Штрайтвольф, Г.* Теория групп в физике твердого тела / Г. Штрайтвольф. – М.: Мир, 1971. – 262 с.
3. *Нокс, Р.* Симметрия в твердом теле / Р. Нокс, А. Голд. – М.: Наука, 1970. – 424 с.
4. *Эллиот, Дж.* Симметрия в физике: В 2 т. / Дж. Эллиот, П. Добер. – М.: Мир, 1983. – Т. 1. – 368 с.; Т. 2. – 416 с.
5. *Фларри, Р.* Группы симметрии. Теория и химические приложения / Р. Фларри. – М.: Мир, 1983. – 400 с.
6. *Хохштрассер, Р.* Молекулярные аспекты симметрии / Р. Хохштрассер. – М.: Мир, 1968. – 384 с.
7. *Хейне, В.* Теория групп в квантовой механике / В. Хейне. – М.: ИЛ, 1963. – 523 с.
8. *Лиопо, В.А.* Сборник задач по структурной физике твердого тела / В.А. Лиопо. – Гродно: ГрГУ, 2001. – 117 с.
9. *Вигнер, Е.* Этюды о симметрии / Е. Вигнер. – М.: Мир, 1971. – 320 с.
10. *Банкер, Ф.* Симметрия молекул и спектроскопия / Ф. Банкер, П. Йенсен. – М.: Мир, 2004. – 768 с.
11. *Петрашень, М.И.* Применение теории групп в квантовой механике / М.И. Петрашень, Е.Д. Трифонов. – М.: Эдиториал УРСС, 2000. – 280 с.

12. *Буренин, А.В.* Симметрия квантовой внутримолекулярной динамики / А.В. Буренин. – Нижний Новгород: ИПФ РАН, 2006. – 368 с.
13. *Алексеев, В.Б.* Теорема Абеля в задачах и решениях / В.Б. Алексеев. – М.: МЦНМО, 2001. – 192 с.
14. *Вейль, Г.* Симметрия / Г. Вейль. – М.: Наука, 1968. – 152 с.
15. *Пуле, А.* Колебательные спектры и симметрия кристаллов / А. Пуле, Ж.-П. Матье. – М.: Мир, 1973. – 439 с.
16. *Узоры симметрии* / Под ред. М. Сенешаль, Дж. Флека. – М.: Мир, 1980. – 271 с.
17. *Харгиттаи, И.* Симметрия глазами химика / И. Харгиттаи, М. Харгиттаи. – М.: Мир, 1989. – 496 с.
18. *Владимиров В. С.* Уравнения математической физики / В.С. Владимиров. – М.: Наука, 1971. – 512 с.
19. *Брычков Ю.А., Прудников А.П.* Интегральные преобразования обобщенных функций / Ю.А. Брычков, А.П. Прудников. – М.: Наука, 1977. – 288 с.
20. *Kanwal R.P.* Generalized Functions: Theory and Applications / R.P. Kanwal. – Springer, 2004. – 480 p.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по данной дисциплине можно использовать следующий диагностический инструментарий:

1. Защита реферативных работ.
2. Устные опросы.
3. Контрольные работы

Контрольные мероприятия проводятся в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольные мероприятия, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно.

Оценка за ответы на лекциях (опрос) занятиях включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики.

Защита реферативных работ проводится в форме индивидуальных выступлений-презентаций с последующей дискуссией. Оценка рефератов проводится по десятибалльной шкале.

При оценивании реферата обращается внимание на содержание и полноту раскрытия темы, структуру и последовательность изложения, источники и их интерпретацию, корректность оформления.

Контрольные работы проводятся в письменной форме. На выполнение контрольной работы отводится 90 мин.

В качестве оценки текущей успеваемости используется оценка за защиту реферата.

Оценка контрольных работ, рефератов и результатов опроса проводится по десятибалльной шкале.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- устный опрос – 25 %;
- защита реферата – 25 %;
- контрольная работа 1 – 25 %;
- контрольная работа 2 – 25 %;

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки по текущей успеваемости составляет 50 %, экзаменационная оценка – 50 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

1. Обобщенные функции и операции над ними.
2. Преобразование Фурье обобщенных функций медленного роста.
3. Преобразование Лапласа обобщенных функций медленного роста.
4. Задача Коши.
5. Применение обобщенных функций в физике.

Темы реферативных работ

1. Классификация конечных точечных групп симметрии.
2. Операции симметрии и преобразование декартовых координат.
3. Разложение представления группы на неприводимые.
4. Соотношения ортогональности характеров неприводимых представлений.
5. Теория групп и классификация уровней энергии атомов и молекул.
6. Гибридизация атомных орбиталей. Полиморфизм углерода.
7. Группы симметрии кристалла и его решетки Браве.
8. Правила отбора для электрических дипольных переходов.
9. Симметрия и анизотропия кристаллов.
10. Применение теории групп симметрии в спектроскопии молекул.

11. Методы анализа спектров электронного спинового резонанса точечных дефектов кристаллической решетки с применением теории групп симметрии.

12. История развития теории групп симметрии.

13. Узоры симметрии. Филлотаксис.

Примерная тематика практических занятий

1. Понятие обобщенной функции
2. Операции над обобщенными функциями
3. Дифференцирование обобщенных функций
4. Обобщенные функции нескольких переменных
5. Прямое произведение и свертка обобщенных функций
6. Преобразование Фурье обобщенных функций медленного роста
7. Преобразование Лапласа обобщенных функций медленного роста
8. Линейные дифференциальные уравнения и системы с бесконечно дифференцируемыми коэффициентами в пространстве обобщенных функций
9. Фундаментальное решение дифференциального оператора с постоянными коэффициентами. Метод нахождения.
10. Выражение решения неоднородного уравнения через фундаментальное решение.
11. Фундаментальные решения операторов математической физики
12. Задачи типа Коши для волнового уравнения и уравнения теплопроводности.
13. Применение обобщенных функций в механике, аэродинамике, аэроакустике.
14. Рассеяние
15. 14 типов точечных групп преобразований
16. Применение теории групп для описания колебаний молекул O_3 и H_2O
17. Правила отбора для матричных элементов переходов между квантовыми состояниями
18. sp^3 -Гибридизация волновых функций валентных электронов в молекулах NH_3 и CH_4
19. Элементы симметрии спиновых систем

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса рекомендуется использовать следующие инновационные подходы и методы:

1. Практико-ориентированный подход, который предполагает освоение содержания образования через решения практических задач, которые способствуют формированию основ дальнейшей профессиональной деятельности.

2. Развитие критического мышления: формирование навыков работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

При изучении учебной дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- поиск и обзор литературы и электронных источников по индивидуально заданной проблеме курса;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- решение задач;
- подготовка и написание рефератов и презентаций на заданные темы;
- подготовка к экзамену.

Примерный перечень вопросов к экзамену

Конечные группы

1. Аксиомы группы.
2. Циклические (абелевы) группы.
3. Подгруппы. Смежные классы. Нормальные подгруппы.
4. Гомоморфизм групп. Изоморфизм.
5. Фактор-группа.
6. Сопряжение. Классы сопряженных элементов.
7. Группа перестановок. Теорема Кэли.

Группы преобразований

8. Основные операции симметрии точечных групп. Оси и плоскости симметрии.
9. Действие осей, плоскостей и центра симметрии на полярный и аксиальный векторы.
10. Классификация конечных групп преобразований евклидова пространства.

Представления групп

11. Представление конечной группы.
12. Неприводимые представления.
13. Регулярное представление.
14. Разложение на неприводимые подпредставления.
15. Соотношения ортогональности для матричных элементов неприводимых представлений.
16. Характер представления. Соотношения ортогональности характеров неприводимых представлений.
17. Построение базисных функций неприводимых представлений.
18. Число неприводимых представлений. Тензорное произведение представлений.
19. Базисные функции неприводимых подпредставлений.

Симметрия уравнения Шредингера

20. Группа уравнения Шредингера. Классификация стационарных состояний квантовых систем и представления группы симметрии.

21. Правила «отбора» для переходов между состояниями квантовой системы.

22. Изменение стационарных состояний квантовой системы при нарушении ее симметрии.

Симметрия молекул

23. Базисные функции неприводимых представлений. Метод молекулярных орбиталей.

24. sp^3 -Гибридизация атомных орбиталей в молекуле CH_4 .

25. Симметрия молекул H_2O , NH_3 .

26. Моды колебаний молекулы H_2O .

27. Симметрия фуллерена.

Симметрия кристаллов

28. Симметрия кристаллов.

29. Кристаллические системы (сингонии).

30. Решетки Браве и сингонии. Кристаллические классы.

31. Точечная симметрия и анизотропия кристаллов.

Симметрия электронов в кристалле

32. Расщепление уровней энергии атома примеси в кристалле: применение группы вращений.

33. Неприводимые представления группы трансляций. Циклические граничные условия. Функция Блоха. Зона Бриллюэна.

34. Классификация стационарных состояний электрона в трехмерном кристалле. Квазиимпульс.

35. Элементы симметрии спиновых систем.

Обобщенные функции

36. Пространство основных функций. Понятие обобщенной функции.

37. Операции над обобщенными функциями

38. Полнота пространства обобщенных функций.

39. Производная обобщенной функции

40. Первообразная обобщенной функции

41. Обобщенные функции нескольких переменных

42. Прямое произведение обобщенных функций

43. Свертка обобщенных функций

44. Обобщенные функции медленного роста

45. Преобразование Фурье обобщенных функций медленного роста.

46. Преобразование Лапласа обобщенных функций медленного роста

47. Применение обобщенных функций в дифференциальных уравнениях

48. Применение обобщенных функций в физике

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Методы математического моделирования физических процессов	кафедра высшей математики и математической физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 10 от 30.05.2019 г.
Вычислительные методы в физике и физическом эксперименте	кафедра высшей математики и математической физики	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте протокол № 10 от 30.05.2019 г.

