

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВПО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
физики твердого тела и наноструктур
_____ (Середин П.В.)
28.08.2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.09 Теория групп и тензорный анализ.

1. Код и наименование направления подготовки:

03.03.02 Физика

2. Профиль подготовки:

Физика наноматериалов и новых медицинских технологий

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: Кафедра физики твердого тела и наноструктур

6. Составители программы: Дубровский О.И., кандидат физ.-мат наук, доцент

7. Рекомендована: НМС Физического факультета ВГУ

протокол № 6 от 26.06.2020 г.

8. Учебный год: 2022/2023

Семестр(ы): 8

9. Цели и задачи учебной дисциплины:

Целью преподавания дисциплины является ознакомление студентов с математическими основами и методами теории групп и тензорного анализа. Основной задачей дисциплины является повышение математической подготовки студентов для более глубокого освоения других курсов, а также для чтения специальной научной литературы.

10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к числу обязательных дисциплин вариативной части основной образовательной программы по направлению подготовки 03.03.02 Физика. Для изучения курса студентам необходимо усвоить следующие дисциплины: векторный анализ, линейная алгебра, некоторые разделы аналитической геометрии. Дисциплина предшествует следующим дисциплинам: кристаллофизика, кристаллография и основы рентгеноструктурного анализа, физика конденсированного состояния, квантовая теория.

11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):

Компетенция		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ОПК-1	способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - теоретические и методологические основы смежных с физикой естественно-научных дисциплин и способы их использования при решении конкретных физических задач. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов естественно-научных дисциплин, необходимых в профессиональной деятельности. <p>владеть (иметь навык(и)):</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использования теоретических основ базовых разделов естественнонаучных дисциплин при решении конкретных физических и смежных задач.
ОПК-3	способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - базовые разделы общей и теоретической физики: основные понятия, модели, законы и теории. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять необходимость привлечения базовых теоретических знаний из фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач. <p>владеть (иметь навык(и)):</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками использования базовых теоретических знаний фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач.
ПК-4	Способен применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы теории абстрактных групп; - классификацию и типы групп симметрии; - основные положения теории представлений и ее применения к физическим проблемам; - базовые понятия тензорного анализа и его применения в физике. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - определять возможные структуры групп заданного порядка; - анализировать группу, заданную таблицей умножения (выделять подгруппы, смежные классы, разбивать группу на классы сопряженных элементов);

		<ul style="list-style-type: none"> - строить таблицу характеров неприводимых представлений группы; - использовать проекционные операторы для нахождения базисных функций неприводимых представлений. владеть (иметь навык(и)): <ul style="list-style-type: none"> - навыками использования математического аппарата теории групп и тензорного анализа для решения физических задач
--	--	---

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. — 2/72.

Форма промежуточной аттестации зачёт с оценкой

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	Всего	По семестрам
		8 семестр
Аудиторные занятия	24	24
в том числе: лекции	24	24
практические	-	-
лабораторные	-	-
Самостоятельная работа	48	48
Форма промежуточной аттестации - зачёт с оценкой	0	0
Итого:	72	72

13.1. Содержание разделов дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1. Лекции		
1.1	Абстрактные группы	Аксиомы теории групп. Таблица умножения группы. Подгруппа. Смежные классы и их свойства. Теорема Лагранжа. Сопряженные элементы и их свойства. Классы сопряженных элементов и их свойства. Инвариантная подгруппа. Факторгруппа. Изоморфизм и гомоморфизм групп. Свойства гомоморфных групп. Прямое произведение групп.
1.2	Группы симметрии	Операции симметрии и элементы симметрии. Точечные группы симметрии. Трансляционная симметрия. Решетка Браве. Группа трансляций. Условия Борна-Кармана. Пространственные группы. Кристаллографические классы.
1.3	Представления групп	Линейные векторные пространства. Линейные операторы. Определение представления группы. Матричные представления. Приводимые и неприводимые представления. Соотношения ортогональности. Характеры представлений и их свойства. Правила построения таблицы характеров неприводимых представлений группы. Характеры неприводимых представлений циклических групп. Представление, индуцируемое базисом. Базисные функции неприводимых представлений. Проекционные операторы. Прямое произведение представлений. Неприводимые представления прямого произведения групп. Неприводимые представления группы трансляций и их базисные функции. Теорема Блоха. Зона Бриллюэна.
1.4	Понятие о тензорах	Скаляры, векторы и тензоры второго ранга. Ранг тензора. Преобразования компонент вектора. Преобразования ком-

		понент тензора второго ранга. Симметричные и антисимметричные тензоры. Характеристическая поверхность второго порядка. Главные оси. Упрощение уравнений при приведении к главным осям. Величина, характеризующая свойство в данном направлении. Геометрические свойства характеристической поверхности. Построение окружности Мора. Эллипсоид значений тензора. Тензоры некоторых физических свойств
--	--	--

13.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Абстрактные группы	4			10	14
2	Группы симметрии	4			10	14
3	Представления групп	10			16	26
4	Понятие о тензорах	6			12	18
	Итого:	24			48	72

14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Изучение дисциплины «Теория групп и тензорный анализ» предусматривает осуществление учебной деятельности, состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии. По образовательным формам: лекции; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ-демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.).

Основной, наиболее экономичной формой получения и усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда. Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить, как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что

желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать надо сжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, подбором, изучением, анализом и конспектированием рекомендованной литературы, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа студента при изучении дисциплины «Теория групп и тензорный анализ» включает в себя изучение теоретической части курса, подготовку к зачету с оценкой.

15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Силантьев, А.В. Введение в теорию групп : учебное пособие / А.В. Силантьев. - Дубна: Государственный университет «Дубна», 2019. - 161 с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/154514
2.	Нокс Р. Симметрия в твердом теле / Р. Нокс, А. Голд - М.: Наука, 1970. - 420 с. - Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=483386
3.	Хамермеш М. Теория групп и ее применение к физическим проблемам / М. Хамермеш - М.: Мир, 1966. - 587 с. - Режим доступа: http://nuclphys.sinp.msu.ru/books/b/%D0%A5%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%BC%D0%B5%D1%88.pdf
4.	Смирнов, В. П. Групповые методы в теории атомов, молекул и кристаллов : учебное пособие / В. П. Смирнов. - Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2013. - 106 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/43465

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5.	Скворцова, М. И. Основы теории групп : учебно-методическое пособие / М.И. Скворцова, Л. М. Ожерелкова. - Москва: РТУ МИРЭА, 2020. - 76 с. - Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/167572
6.	Киреев П.С. Введение в теорию групп и ее применение в физике твердого тела / П.С. Киреев - М.: Высш. школа, 1979. -207 с.
7.	Штрайтвольф Г. Теория групп в физике твердого тела / Г. Штрайтвольф - М.: Мир, 1971. - 262 с.
8.	Любарский Г.Я. Теория групп и физика / Г.Я. Любарский - М.: Наука, 1986. - 222 с.

9.	Вустер У. Применение тензоров и теории групп для описания физических свойств кристаллов / У. Вустер -М.: Мир, 1977. -383 с.
10.	Кудрявцева Н.В. Теория симметрии / Н.В. Кудрявцева - Томск: Изд-во Томского ун-та, 1987. -231 с.
11.	Аминов Л.К. Теория симметрии (конспекты лекций и задачи) : учебное пособие для студентов третьего курса и магистрантов физического факультета / Л.К. Аминов. - Москва: Институт компьютерных исследований, 2019. - 192 с. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/92069.html

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

№ п/п	Ресурс
12.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
13.	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал «Электронный университет ВГУ»
14.	https://biblioclub.ru – ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
15.	https://e.lanbook.com – ЭБС «Лань»
16.	https://lib.rucont.ru – ЭБС Национальный цифровой ресурс «РУКОНТ»
17.	https://www.studentlibrary.ru – ЭБС «Консультант студента»
18.	https://www.iprbookshop.ru – ЭБС «IPRbooks»
19.	https://www.znaniium.com – ЭБС «Znaniium.com»
20.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека

16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1.	Дубровский О.И. Теория групп. Ч. 1. Абстрактные группы. Учебно-методическое пособие / О.И. Дубровский, С.И. Курганский. – Воронеж. Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2009. – 16 с.
2.	Дубровский О.И. Теория групп. Ч. 2. Основы теории представлений. Учебно-методическое пособие для вузов / О.И. Дубровский, С.И. Курганский. – Воронеж. Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2011. – 26 с.

17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

№ п/п	Ресурс
1.	http://www.lib.vsu.ru – Зональная научная библиотека ВГУ
2.	https://edu.vsu.ru – Образовательный портал «Электронный университет ВГУ»
3.	https://elibrary.ru – Научная электронная библиотека

18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Для проведения компьютерных лекционных демонстраций, показа рисунков и графиков требуется персональный компьютер, мультимедийный проектор и экран.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

19. Фонд оценочных средств:

19.1 Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их наименование)	ФОС (средства оценивания)
ОПК-1, ОПК-3, ПК-4	знать: - основы теории абстрактных групп; уметь: - определять возможные структуры групп заданного порядка; - анализировать группу, заданную таблицей умножения (выделять подгруппы, смежные классы, разбивать группу на классы сопряженных элементов);	Абстрактные группы	Устный опрос
	знать: - классификацию и типы групп симметрии;	Группы симметрии	Устный опрос
	знать: - основные положения теории представлений и ее применения к физическим проблемам; уметь: - строить таблицу характеров неприводимых представлений группы; - использовать проекционные операторы для нахождения базисных функций неприводимых представлений.	Представления групп	Устный опрос
	знать: - базовые понятия тензорного анализа и его применения в физике.	Понятие о тензорах	Устный опрос
Промежуточная аттестация			Комплект КИМ

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет с оценкой. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Теория групп и тензорный анализ» осуществляется по следующим показателям:

- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Теория групп и тензорный анализ»:

- оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

- оценка *хорошо* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не полностью соответствует одному из перечисленных показателей. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

- оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если работа студента соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сфор-

мированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

- оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям.

19.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к зачету (КИМ):

1. Аксиомы теории групп. Определения и примеры. Сдвиг по группе, порядок и период элемента. Абелевы группы. Циклические группы.
2. Подгруппа. Смежные классы и их свойства. Теорема Лагранжа.
3. Классы сопряженных элементов и их свойства. Произведение классов.
4. Сопряженные подгруппы. Инвариантная подгруппа и ее свойства. Фактор-группа.
5. Изоморфизм и гомоморфизм групп. Свойства гомоморфных групп..
6. Прямое произведение групп и его свойства.
7. Элементы симметрии. Операции симметрии и матрицы, соответствующие им.
8. Точечные группы симметрии.
9. Группа трансляций. Циклические граничные условия.
10. Пространственные группы.
11. Линейные векторные пространства. Определения и примеры. Размерность пространства. Базис пространства. Скалярное произведение векторов.
12. Линейные операторы. Определение представления группы.
13. Матричные представления. Точное представление. Тожественное представление. Эквивалентные представления. Унитарные представления.
14. Приводимость представлений.
15. Соотношение ортогональности для неприводимых представлений.
16. Характеры представлений и их свойства (количество неприводимых представлений, ортогональность характеров, эквивалентность представлений, характер единичного элемента).
17. Характеры представлений и их свойства (приведение представлений, критерий неприводимости). Регулярное представление.
18. Правила построения таблицы характеров неприводимых представлений группы.
19. Характеры неприводимых представлений циклических групп.
20. Представление, индуцируемое базисом.
21. Базисные функции неприводимых представлений. Проекционные операторы.
22. Прямое произведение представлений.
23. Неприводимые представления прямого произведения групп.
24. Неприводимые представления группы трансляций и их базисные функции.
25. Скаляры, векторы и тензоры второго ранга. Преобразования компонент тензора. Определение тензора.
26. Характеристическая поверхность второго порядка.
27. Величина, характеризующая свойство в данном направлении.
28. Геометрические свойства характеристической поверхности.
29. Эллипсоид значений тензора. Влияние симметрии кристаллов на их свойства.

19.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного универ-

ситета. Текущая аттестация проводится в форме устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний. При оценивании используется количественная шкала оценок. Критерии оценок приведены выше.

Программа рекомендована НМС физического факультета протокол № 6 от 26.06.2022.