

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«__» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1160443	Перспективные магнитные материалы: физика и технологии

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Физика	Код ОП 1. 03.04.02/33.01
Направление подготовки 1. Физика	Код направления и уровня подготовки 1. 03.04.02

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Болячкин Антон Сергеевич	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	магнетизма и магнитных наноматериалов
2	Волегов Алексей Сергеевич	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	магнетизма и магнитных наноматериалов
3	Катаев Василий Анатольевич	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	магнетизма и магнитных наноматериалов
4	Кулеш Никита Александрович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	магнетизма и магнитных наноматериалов

Согласовано:

Управление образовательных программ

Е.С. Комарова

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Перспективные магнитные материалы: физика и технологии

1.1. Аннотация содержания модуля

В модуль входят дисциплины, ориентированные на представление и изучение последних достижений в области физики, технологий и инжиниринга магнитных материалов. К их числу относятся: курс «Физика и инжиниринг магнитных материалов», формирующий систему знаний, необходимых для адекватной оценки и рациональному использованию современных магнитных материалов в реальных технических устройствах и системах; курс «Аддитивные технологии и МЭМС», посвящённый анализу физико-технологических особенностей применения 3D-печати для формирования функциональных магнитных элементов в составе микроэлектромеханических систем; курс «Решение прикладных задач магнетизма в специализированных пакетах программ», который представляет возможности пакетов «Comsol multiphysics» и «OOMMF» и знакомит с практикой их использования при анализе свойств магнитных материалов и проектировании магнитных систем.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Физика и инжиниринг магнитных материалов	3
2	Аддитивные технологии и МЭМС	3
3	Решение прикладных задач магнетизма в специализированных пакетах программ	3
ИТОГО по модулю:		9

1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Не предусмотрены
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
---------------------------	--------------------------------	--

1	2	3
<p>Аддитивные технологии и МЭМС</p>	<p>ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>П-1 - Предлагать пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях, опираясь на фундаментальные законы и принципы с использованием соответствующих целям подходов и методов</p>
	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>П-1 - Иметь опыт проведения фундаментальных и прикладных исследований, модельных или реальных экспериментов с использованием современной методологии, методов, оборудования и техники</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p>

	<p>ПК-2 - Способен применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание научных проблем по тематике проводимых исследований и разработок</p> <p>У-1 - Обобщать результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ</p> <p>П-1 - Анализировать и систематизировать научные данные, результаты экспериментов и наблюдений</p>
<p>Решение прикладных задач магнетизма в специализированных пакетах программ</p>	<p>ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием фундаментальных знаний и практических навыков</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>П-1 - Предлагать пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях, опираясь на фундаментальные законы и принципы с использованием соответствующих целям подходов и методов</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p>
	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов, особенностей и задач проведения фундаментальных и прикладных исследований, планирования модельных или реальных экспериментов</p> <p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p> <p>П-1 - Иметь опыт проведения фундаментальных и прикладных исследований, модельных или реальных экспериментов с использованием</p>

		<p>современной методологии, методов, оборудования и техники</p> <p>Д-1 - Демонстрировать аналитические умения и креативное мышление</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>У-1 - Анализировать результаты наблюдений и экспериментов, корректно интерпретировать их для формулирования заключений и выводов</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p> <p>Д-1 - Демонстрировать умения анализировать и обобщать информацию, делать логические умозаключения</p>
	<p>ПК-2 - Способен применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание научных проблем по тематике проводимых исследований и разработок</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание методов и средств планирования и организации исследований и разработок</p> <p>У-1 - Обобщать результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ</p> <p>П-1 - Анализировать и систематизировать научные данные, результаты экспериментов и наблюдений</p>
<p>Физика и инжиниринг магнитных материалов</p>	<p>ОПК-1 - Способен выявлять, формулировать и решать фундаментальные и прикладные задачи в области своей профессиональной деятельности и в междисциплинарных направлениях с использованием</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание фундаментальных принципов, методов и подходов к решению фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях</p> <p>У-1 - Выявлять и определять цели и пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности, опираясь на фундаментальные законы и принципы, с использованием</p>

	<p>фундаментальных знаний и практических навыков</p>	<p>соответствующих целям подходов и методов</p> <p>П-1 - Предлагать пути решения фундаментальных и прикладных задач в профильной области деятельности и междисциплинарных направлениях, опираясь на фундаментальные законы и принципы с использованием соответствующих целям подходов и методов</p>
	<p>ОПК-2 - Способен выполнять исследования при решении фундаментальных и прикладных задач, планировать и осуществлять сложные реальные или модельные эксперименты</p>	<p>У-1 - Соотнести цель и задачи исследования с набором методов исследования, выбирать необходимое сочетание цели и средств при планировании исследований</p> <p>П-1 - Иметь опыт проведения фундаментальных и прикладных исследований, модельных или реальных экспериментов с использованием современной методологии, методов, оборудования и техники</p>
	<p>ОПК-3 - Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты исследований в профессиональной области</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание принципов и методов анализа и обобщения результатов теоретических и экспериментальных исследований, применяемых в профессиональной области</p> <p>П-1 - Формулировать обоснованные заключения и выводы по результатам анализа научной литературы, собственных экспериментальных данных и расчетно-теоретических работ</p>
	<p>ПК-2 - Способен применять методы и средства планирования, организации, проведения и внедрения научных исследований</p>	<p>З-1 - Демонстрировать понимание научных проблем по тематике проводимых исследований и разработок</p> <p>З-2 - Демонстрировать понимание методов и средств планирования и организации исследований и разработок</p> <p>У-1 - Обобщать результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ</p> <p>П-1 - Анализировать и систематизировать научные данные, результаты экспериментов и наблюдений</p>

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физика и инжиниринг магнитных
материалов

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Катаев Василий Анатольевич	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	магнетизма и магнитных наноматериалов

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 3 от 17.03.2022 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Катаев Василий Анатольевич, Доцент, магнетизма и магнитных наноматериалов

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Общие сведения о природе магнетизма и свойствах ферромагнитных материалов	Краткая историческая справка. Классификация веществ и общие представления о природе магнетизма. Энергия ферромагнитного состояния. Основные характеристики магнитных материалов. Системы единиц измерения магнитных величин. Классификация магнитных материалов. Общие сведения о применении магнитных материалов.
P2	Магнитомягкие материалы и их применение	Технически чистое железо. Электротехническая сталь. Пермаллои. Полупроводниковые магнитомягкие материалы-ферриты. Магнитодиэлектрики. Магнитомягкие материалы специального назначения. Аморфные, микрокристаллические и нанокристаллические материалы.
P3	Магнитотвердые материалы	Основные магнитные характеристики. Стабильность свойств. Основные выводы теории высококоэрцитивного состояния. Классификация магнитотвердых материалов. Дисперсионно твердеющие сплавы. Интерметаллические соединения на основе РЗМ. Высококоэрцитивные сплавы в системах Co-Pt, Mn-Al. Прочие материалы для постоянных магнитов.
P4	Материалы для записи информации и магнитной сенсорики	Материалы на основе магнитных порошков. Материалы для устройств на цилиндрических магнитных доменах. Аморфные и кристаллические магнитные пленки и многослойные структуры.
P5	Инжиниринг магнитных материалов	Научные исследования в области разработки магнитных материалов. Научно-конструкторская деятельность в области проектирования и практической реализации устройств на

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика и инжиниринг магнитных материалов

Электронные ресурсы (издания)

1. Гуфан, А. Ю.; Физика магнитных явлений : учебник.; Издательство Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Таганрог; 2020; <http://www.iprbookshop.ru/115544.html> (Электронное издание)
2. Боровик, Е. С.; Лекции по магнетизму : курс лекций.; Физматлит, Москва; 2005; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75475> (Электронное издание)
3. Гусев, А. И.; Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии : монография.; Физматлит, Москва; 2009; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68859> (Электронное издание)
4. Стародубцев, Ю. Н.; Магнитомягкие материалы: энциклопедический словарь-справочник : словарь.; Техносфера, Москва; 2011; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=496593> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Боровик, Е. С.; Лекции по магнетизму; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2005 (21 экз.)
2. Гусев, А. И.; Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии; ФИЗМАТЛИТ, Москва; 2009 (6 экз.)
3. Стародубцев, Ю. Н.; Магнитомягкие материалы : энцикл. слов.-справ.; Техносфера, Москва; 2011 (2 экз.)
4. Кекало, И. Б., Самарин, Б. А.; Физическое металловедение прецизионных сплавов. Сплавы с особыми магнитными свойствами : Учебник для вузов по специальности "Физика металлов"; Металлургия, Москва; 1989 (14 экз.)
5. Тикадзуми, С., Смоленский, Г. А., Писарев, Р. В., Быстров, М. В.; Физика ферромагнетизма. Магнитные свойства вещества; Мир, Москва; 1983 (23 экз.)
6. Тикадзуми, С., Леонов, А. И., Писарев, Р. В.; Физика ферромагнетизма. Магнитные характеристики и практические применения; Мир, Москва; 1987 (3 экз.)
7. Мишин, Д. Д.; Магнитные материалы : Учеб. пособие для физ. и физ. техн. спец. вузов.; Высш. шк., Москва; 1991 (11 экз.)
8. Кекало, И. Б., Авраамов, Ю. С., Столяров, В. Л.; Основы магнетизма, металловедения, технологии производства и применения сплавов с особыми физическими свойствами : Курс лекций: В 2-х ч. Ч.1. Раздел "Физич. основы магнетизма металлов и сплавов . Теплопроводность и теплоэлектр. свойства металлов"; МИСиС, Москва; 1977 (1 экз.)
9. Судзуки, К., Кекало, И. Б., Масумото, Ц., Поляк, Е. И., Фудзимири, Х., Хасимото, К.; Аморфные

металлы; Металлургия, Москва; 1987 (4 экз.)

10. Стародубцев, Ю. Н., Белозеров, В. Я.; Магнитные свойства аморфных и нанокристаллических сплавов; Издательство Уральского университета, Москва; 2002 (2 экз.)

11. Хандрих, К., Потапов, Н. Н.; Аморфные ферро- и ферримагнетики; Мир, Москва; 1982 (5 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. American Institute of Physics. <http://scitation.aip.org/>
2. American Physical Society. <https://journals.aps.org/about>
3. Applied Science & Technology Source EBSCO publishing. <http://search.ebscohost.com>
4. INSPEC EBSCO publishing. <http://search.ebscohost.com/>
5. Institute of Physics (IOP). <http://iopscience.iop.org/>
6. Электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>
7. Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>
8. Зональная научная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. <https://znanium.com/catalog/product/1226613>
2. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>
3. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. <http://www.gpntb.ru>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Физика и инжиниринг магнитных материалов

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Не требуется
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Аддитивные технологии и МЭМС

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Волегов Алексей Сергеевич	кандидат физико-математических наук, доцент	Доцент	магнетизма и магнитных наноматериалов
2	Кулеш Никита Александрович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	магнетизма и магнитных наноматериалов
3	Окулов Илья Владимирович	кандидат физико-математических наук	Доцент-исследователь	отдел магнетизма твердых тел

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 3 от 17.03.2022 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Волегов Алексей Сергеевич, Доцент, магнетизма и магнитных наноматериалов
- Кулеш Никита Александрович, Доцент, магнетизма и магнитных наноматериалов
- Окулов Илья Владимирович, Доцент-исследователь, отдел магнетизма твердых тел

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Исторический обзор развития развития аддитивных технологий. Сравнение консервативного, субтрактивного и аддитивного методов изготовления изделий. Основные этапы аддитивного производства.
P2	Технологии аддитивного производства	Семь способов/технологий аддитивного производства. Достоинства и недостатки. Области применения.
P3	Стандартизация аддитивного производства	Практика российских и зарубежных организаций по разработке методов контроля и стандартизации аддитивных процессов и получаемых изделий. Обзор существующих стандартов.
P4	Магнитные функциональные материалы	Основные виды магнитных функциональных магнитных материалов.
P5	Биомедицинские материалы	Персонализированный подход к разработке и применению изделий медицинского назначения. Дизайн материалов и бионических структур в контексте медицинского применения.
P6	Создание функциональных свойств в процессе печати	Цель модификации функциональных свойств в процессе 3D-печати. Применение нескольких материалов одновременно в процессе 3D-печати. Вариации газовых сред в процессе 3D-печати. Термообработки в процессе 3D-печати.

P7	Законы скейлинга	Законы скейлинга, энергоэффективность MEMS, диссипация энергии при уменьшении размеров функциональных элементов, преимущества и недостатки миниатюризации.
P8	Материалы для MEMS	Обзор материалов, используемых для производства MEMS: подложка/основа устройства, функциональные элементы, инкапсуляция и защита готового устройства.
P9	Технологии производства MEMS	Технологии осаждения материала: литография, методы химического осаждения, методы физического осаждения, LIGA, нанесение полимерного покрытия. Технологии травления материала: химическое и плазменное травление, DRIE, механическая обработка. Вспомогательные технологии и инкапсуляция: сращивание полупроводниковых пластин, инкапсуляция с использованием полимеров.
P10	Основные типы MEMS	Датчики на основе тензорезистивного эффекта: датчики давления и механических напряжений. Оптические MEMS: микрозеркала (технология DLP), микроустройства для обработки и модуляции электромагнитного излучения. Магнитные MEMS: микродвигатели, сенсоры и актюаторы, элементы самосборки. Биологические MEMS: лаборатория на чипе, ПЦР на чипе, элементы с памятью формы, микронасосы.
P11	Основные типы MEMS	Датчики на основе тензорезистивного эффекта: датчики давления и механических напряжений. Оптические MEMS: микрозеркала (технология DLP), микроустройства для обработки и модуляции электромагнитного излучения. Магнитные MEMS: микродвигатели, сенсоры и актюаторы, элементы самосборки. Биологические MEMS: лаборатория на чипе, ПЦР на чипе, элементы с памятью формы, микронасосы.
P12	Проектирование и моделирование MEMS	Основные подходы к моделированию MEMS, обзор основных программных пакетов, рассмотрение примера в пакете COMSOL Multiphysics.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аддитивные технологии и МЭМС

Электронные ресурсы (издания)

1. Сивухин, Д. В.; Общий курс физики : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2014; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275610> (Электронное издание)
2. Кравченко, , Е. Г.; Аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие.; Ай Пи Ар Медиа, Москва; 2021; <http://www.iprbookshop.ru/105704.html> (Электронное издание)
3. , Солнцев, Ю. П.; Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие.; Химиздат, Санкт-Петербург; 2020; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98343> (Электронное издание)
4. , Солнцева, , Ю. П.; Нанотехнологии и специальные материалы : учебное пособие для вузов.; ХИМИЗДАТ, Санкт-Петербург; 2020; <http://www.iprbookshop.ru/97818.html> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Солнцев, Ю. П., Пряхин, Е. И.; Нанотехнологии и специальные материалы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. 140140 - Техн. физика.; ХИМИЗДАТ, Санкт-Петербург; 2007 (10 экз.)
2. Игнатов, А. Н.; Микросхемотехника и наноэлектроника : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подгот. дипломир. специалистов 210400 - "Телекоммуникации".; Лань, Санкт-Петербург [и др.]; 2011 (2 экз.)
3. Резнев, А. А.; Тенденции развития МЭМС; Амиант, [Москва; 2010] (1 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. American Institute of Physics. <http://scitation.aip.org/>
2. American Physical Society. <https://journals.aps.org/about>
3. Applied Science & Technology Source EBSCO publishing. <http://search.ebscohost.com>
4. INSPEC EBSCO publishing. <http://search.ebscohost.com/>
5. Institute of Physics (IOP). <http://iopscience.iop.org/>
6. Электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>
7. Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>
8. Зональная научная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>
2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. <http://www.gpntb.ru>
3. Поисковая система издательства Elsevier. <http://scopus.com>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аддитивные технологии и МЭМС

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Comsol Multiphysics Academic SingleUser; Comsol AC/DC Module Academic SingleUser.
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Comsol Multiphysics Academic SingleUser; Comsol AC/DC Module Academic SingleUser.
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Comsol Multiphysics Academic SingleUser; Comsol AC/DC Module Academic SingleUser.
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Рабочее место преподавателя Доска аудиторная	
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Comsol Multiphysics Academic SingleUser; Comsol AC/DC Module Academic SingleUser.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Решение прикладных задач магнетизма в
специализированных пакетах программ

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Болячкин Антон Сергеевич	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	магнетизма и магнитных наноматериалов
2	Волегов Алексей Сергеевич	кандидат физико- математических наук, доцент	Доцент	магнетизма и магнитных наноматериалов

Рекомендовано учебно-методическим советом института Естественных наук и математики

Протокол № 3 от 17.03.2022 г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Болячкин Антон Сергеевич, Доцент, магнетизма и магнитных наноматериалов
- Волегов Алексей Сергеевич, Доцент, магнетизма и магнитных наноматериалов

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
 - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Применение компьютерных расчетов для решения современных физических и метрологических задач. Обзор актуальных программных пакетов для программирования, анализа и графической обработки данных, для мультифизического моделирования.
P2	Моделирование в программном пакете «OriginLab»	Построение и настройка комплексных графиков в OriginLab. Использование слоев. Работа с данными: импорт и экспорт. Математические операции над данными, их статистический анализ. Аппроксимация произвольной функцией. Программирование в OriginLab: LabTalk.
P3	Моделирование в программном пакете «OOMMF»	Микромагнитное моделирование: постановка задачи, основные положения, метод конечных разниц. Установка ТК/TCL, графический интерфейс OOMMF, структура запускового mif-файла. Расчет квазистатических петель магнитного гистерезиса поликристаллических сплавов и тонких пленок с распределенными микромагнитными характеристиками и различными микроструктурными особенностями.
P4	Моделирование в программном пакете «Comsol Multiphysics»	Моделирование в программном пакете «Comsol Multiphysics»

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Решение прикладных задач магнетизма в специализированных пакетах программ

Электронные ресурсы (издания)

1. Титков, В. В.; Компьютерные технологии: Comsol Multiphysics в задачах энергетики : учебное пособие.; Издательство Политехнического университета, Санкт-Петербург; 2012; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362998> (Электронное издание)
2. Бахвалов, Н. С., Овчинникова, И. М., Шикин, Е. В.; Численные методы: анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения; Наука, Москва; 1975; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=456941> (Электронное издание)

Печатные издания

1. Прахт, В. А.; Моделирование тепловых и электромагнитных процессов в электротехнических установках. Программа Comsol : учеб. пособие.; Спутник+, Москва; 2011 (60 экз.)
2. Исакова, О. П., Тарасевич, Ю. Ю., Юзюк, Ю. И.; Обработка и визуализация данных физических экспериментов с помощью пакета Origin : [учеб.-метод. пособие].; ЛИБРОКОМ, Москва; 2009 (2 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. American Institute of Physics. <http://scitation.aip.org/>
2. American Physical Society. <https://journals.aps.org/about>
3. Applied Science & Technology Source EBSCO publishing. <http://search.ebscohost.com>
4. INSPEC EBSCO publishing. <http://search.ebscohost.com/>
5. Institute of Physics (IOP). <http://iopscience.iop.org/>
6. Электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>
7. Университетская библиотека онлайн: <http://biblioclub.ru>
8. Зональная научная библиотека УрФУ: <http://lib.urfu.ru>

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>

2. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. <http://www.gpntb.ru>

3. Видеогалерея. <https://www.comsol.ru/videos>

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Решение прикладных задач магнетизма в специализированных пакетах программ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Персональные компьютеры по количеству обучающихся Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES OriginPro Matlab+Simulink
3	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Не требуется

		Рабочее место преподавателя	
5	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Персональные компьютеры по количеству обучающихся</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	<p>Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM</p> <p>Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES</p> <p>OriginPro</p> <p>Matlab+Simulink</p>