

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

УТВЕРЖДАЮ



И.о. проректора по образованию

Ю.И. Ришко

«20» августа 2024 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА**

**Электромагнитные свойства магнитомягких ферритов и
композитов на их основе**

НАПРАВЛЕННОСТЬ: ТЕХНИЧЕСКАЯ

Уровень: ознакомительный

Возраст обучающихся 14 - 18 лет

Срок реализации: 36 академических часов

Составитель (разработчик):

Костишин В.Г.

Д. ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой
технологии материалов электроники ИНМ
Университета науки и технологий МИСИС

г. Москва
2024 год

1. Пояснительная записка

1.1. Характеристика образовательной программы

Дополнительная общеобразовательная (общеразвивающая) программа дополнительного образования детей и взрослых, реализуемая Федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» (далее – НИТУ МИСИС, Университет МИСИС, Университет) «Электромагнитные свойства магнитомягких ферритов и композитов на их основе» (далее – ДОП «Электромагнитные свойства магнитомягких ферритов и композитов на их основе», программа), разработана на основе и в соответствии с нормативно-правовыми документами:

- Федеральный Закон РФ от 29.12.2012 г. № 273 «Об образовании в Российской Федерации» (в редакции Федерального закона от 31.07.2020 № 304-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» по вопросам воспитания обучающихся») (далее – 273-ФЗ);

- Приказ Министерства Просвещения Российской Федерации от 30.09.2020 г. № 533 «О внесении изменений в порядок организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам, утверждённый приказом Министерства Просвещения Российской Федерации от 9 ноября 2018 г. № 196»;

- Приказ Министерства Просвещения Российской Федерации от 09.11.2018 г. № 196 «Об утверждении порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;

- Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 сентября 2020 г. № 28 «Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодёжи»;

- Письмо Министерства образования и науки РФ от 18.11.2015 г. № 09-3242 «О направлении информации» (вместе с «Методическими рекомендациями по проектированию дополнительных общеразвивающих программ (включая разноуровневые программы)»;

- Приказ Департамента образования города Москвы № 922 от 17.12.2014 г. «О мерах по развитию дополнительного образования детей» (в редакции от

07.08.2015 г. № 1308, от 08.09.2015 г. № 2074, от 30.08.2016 г. № 1035, от 31.01.2017 г. № 30, от 21.12.2018г. № 482);

- Локальные нормативные акты по образовательной деятельности Университета.

Направленность программы: техническая.

Уровень освоения: ознакомительный.

В рамках программы предполагается объяснение основных понятий, направленных на исследование. Предполагается проведение познавательных лекций и решение задач с применением школьного математического аппарата и проведение экспериментов.

Новизна программы заключается в её технической направленности. Школьный курс технических предметов полагается на изучении установившихся понятий и явлений и не снабжен новаторскими идеями, которые развиваются каждый день во всем мире, а программа дает возможность познакомиться с современным состоянием развития инженерии и новых технологий.

Актуальность программы

Программа охватывает несколько областей науки, таких как высшая математика, физика магнитных явлений, химия, электродинамика, технология ферритовых материалов, технология магнитных композитов и др. В ходе обучения слушатели смогут ознакомиться с основами этих областей и в последующем проявить более глубокий интерес к определенному направлению. Актуальная задача данной программы – зародить интерес к рассматриваемым направлениям инженерно-технических дисциплин с целью формирования будущего поколения инженеров.

Педагогическая целесообразность

Концептуальная идея предлагаемого курса состоит в формировании у обучающихся навыков инженерно-технического творчества. Обучающиеся в процессе наблюдения, исследования, конструирования, приобретут новые знания и навыки, которые помогут сформировать свой собственный вектор в выборе своей будущей профессии.

1.2. Цель и задачи

Цель - сформировать и развить у обучающихся теоретические и практические навыки в области технологии получения магнитомягких ферритов и

композитов на их основе, а также методов измерения их физических свойств и эксплуатационных параметров; дать знания о реализующемся практическом применении данных материалов.

Задачи:

Обучающие:

– познакомить школьников с основами магнетизма твердых тел (в частности, ферромагнетиков), магнитных измерений, электродинамики, технологии ферритов и магнитных композитов на их основе, а также практическом применении этих материалов;

– познакомить с понятиями «ферромагнетик», «композит», «магнитный полимерный композит», «диэлектрическая проницаемость», «магнитная проницаемость», «поглотитель электромагнитных волн»;

– продемонстрировать гистерезисные свойства ферритов при намагничивании, зависимость основных параметров петли гистерезиса от химического состава феррита;

развивающие:

– сформировать понимание взаимосвязи между структурой, химическим составом и магнитными свойствами ферритов;

– сформировать понимание взаимосвязи свойств магнитного композита с типом матрицы и магнитного наполнителя;

– развить творческое и инженерное мышление школьников;

– научить навыкам расчета шихты для получения ферритов разных химических составов;

– развить память, внимание, логическое мышление.

воспитательные:

- формирование профессионально значимых и личностных качеств: чувства общественного долга, трудолюбия, коллективизма, организованности, дисциплинированности.

Отличительной особенностью программы является то, что она реализуется в короткие сроки за счет сокращения теоретического материала, нестандартных методов изучения материала, простого объяснения сложных явлений и междисциплинарных связях компьютерного моделирования, бионики, электромеханики, физики и информатики. Это поддерживает высокую мотивацию обучающихся и результативность занятий.

Возраст: 14 - 18 лет

Сроки реализации: 36 академических часов.

Формы и режим занятий

Формы проведения занятий: лекции, практические занятия, мастер-классы.

Формы организации деятельности: групповые и индивидуально-групповые.

Наполняемость группы: 15-20 человек.

Режим занятий: 1-2 занятие в неделю по 3 академических часа.

Ожидаемые результаты

В результате освоения модуля «Электромагнитные свойства магнитомягких ферритов и композитов на их основе» обучающиеся

будут знать:

- основы магнетизма твердых тел, в частности, ферромагнетиков;
- теоретические основы электродинамики;
- основы магнитных измерений;
- основы технологии ферритов и магнитных композитов на их основе;
- основы технологии СТЕЛС;

будут уметь:

- проводить расчеты шихты для получения ферритов разных составов;
- проводить измерения основных параметров петли магнитного гистерезиса и магнитной проницаемости ферритов на вибрационном магнитометре и установке МК-3Э;
- проводить измерения комплексной диэлектрической проницаемости, комплексной магнитной проницаемости, коэффициента отражения на металлической пластине ферритов и магнитных композитов с помощью векторного анализатора цепей;
- разьяснять свою позицию в научных вопросах;
- работать в команде и определять функциональную деятельность каждого члена команды.

Определение результативности и формы подведения итогов программы

В образовательном процессе будут использованы следующие методы определения результативности и подведения итогов программы:

Текущий контроль. Будет проводиться с целью непрерывного отслеживания уровня усвоения материала и стимулирования обучающихся. Для реализации

текущего контроля в процессе объяснения теоретического материала педагог обращается к обучающимся с вопросами и короткими заданиями.

Тематический контроль. Будет проводиться в виде практических заданий по итогам каждой темы с целью систематизировать, обобщить и закрепить материал.

Итоговый контроль. Проводится на основании совокупности выполненных промежуточных практических работ.

В процессе обучения будут применяться различные методы контроля, в том числе с использованием современных технологий.

2. Содержание программы «Электромагнитные свойства магнитомягких ферритов и композитов на их основе»

2.1. Учебно-тематический план

№ п/п	Раздел / Тема	Аудиторные учебные занятия			Формы аттестации (контроля)	Трудоемкость
		Всего ауд. часов	Лекции	Практические занятия		
1	Введение в кристаллохимию магнитомягких ферритов	3	2	1		3
2	Введение в основы магнетизма твердых тел и основы ферромагнетизма	3	2	1		3
3	Методы получения ферритов. Основы керамической технологии и технологии радиационно-термического спекания	3	2	1		3
4	Основы магнитных измерений. Измерение магнитных характеристик ферритов на вибрационном магнитометре и на установке МК-3Э	4	2	2	Опрос, лабораторная работа	4
5	Магнитные композиты. Получение магнитных композитов	4	1	3	Лабораторная работа	4
6	Электродинамика. Механизмы поглощения электромагнитных волн ферритами и магнитными композитами	3	1	2	Опрос	3
7	Исследование поглощения электромагнитных волн ферритами и магнитными полимерными композитами на векторном анализаторе цепей. Измерения диэлектрической и магнитной проницаемости, коэффициента отражения на металлической пластине	4	1	3	Лабораторная работа	4
8	Итоговый проект	8	2	6		8
8.1	Проектная деятельность	3	1	2		3

8.2	Подготовка доклада к защите на конкурсе	3	1	2	Презентация	3
8.3	Доработка проекта	2		2		2
9	Итоговая аттестация: публичная защита проекта	4		4	Проект	4
Итого		36	13	23		36

2.2. Рабочая программа

1. Введение в кристаллохимию магнитомягких ферритов (3 ч.)

Лекция (2ч.) Основные типы магнитомягких ферритов. Ферриты с кристаллической структурой граната и шпинели. Понятие плотной упаковки шаров в оксидных кристаллах. Катионное распределение в магнитомягких ферритах.

Практическое занятие (1ч.) Решение тематических задач.

2. Введение в основы магнетизма твердых тел и основы ферромагнетизма (3 ч.)

Лекция (2ч.) Элементарные носители магнетизма. Понятие об орбитальном и спиновом магнитном моментах. Магнитный момент атома и иона. Магнитоактивные ионы. Ферромагнетизм.

Практическое занятие (1ч.) Решение тематических задач.

3. Методы получения ферритов. Основы керамической технологии и технологии радиационно-термического спекания (3 ч.)

Лекция (2ч.) Лабораторные и промышленные методы получения ферритов. Расчет шихты для получения ферритового порошка. Керамическая технология, как основной промышленный метод получения ферритов. Получение ферритов по технологии радиационно-термического спекания.

Практическое занятие (1ч.) Решение тематических задач.

4. Основы магнитных измерений. Измерение магнитных характеристик ферритов на вибрационном магнитометре и на установке МК-3Э (4 ч.)

Лекция (2ч.) Намагничивание магнитного образца. Петля магнитного гистерезиса. Основные параметры петли магнитного гистерезиса. Вибрационный магнитометр, его структура и принцип работы. Установка МК-3Э для измерения петель магнитного гистерезиса кольцевых образцов магнитомягких материалов.

Практическое занятие (2ч.)

Лабораторная работа: Измерение петель магнитного гистерезиса кольцевых магнитомягких ферритов разных химических составов и кристаллической структуры.

5. Магнитные композиты. Получение магнитных композитов (4 ч.)

Лекция (1ч.) Понятие композита. Виды и классификация композитов. Магнитные композиты. Получение магнитных композитов.

Практическое занятие (3ч.)

Лабораторная работа: Получение методом термопрессования магнитных полимерных композитов с наполнителями в виде ферритов разных составов и структуры.

6. Электродинамика. Механизмы поглощения электромагнитных волн ферритами и магнитными композитами (3 ч.)

Лекция (1ч.) Взаимодействие электромагнитных волн с твердым телом. Отражение, рассеяние, поглощение электромагнитных волн. Механизмы поглощения электромагнитных волн ферритами и магнитными полимерными композитами.

Практическое занятие (2ч.) Организация проверки вопрос-ответ по теме. Показ тематических анимаций.

7. Экспериментальное исследование характеристик рассеяния объектов, с пониженной заметностью на основе метаматериалов и технологии СТЕЛС (4 ч.)

Лекция (1ч.) Введение таких понятий, как коэффициент прохождения, добротность материала. Экспериментальная демонстрация, методы снижения заметности, способы достижения невидимости.

Практическое занятие (3ч.) Экспериментальная демонстрация.

Лабораторная работа: Демонстрация экспериментов с метаматериалами для достижения эффектов невидимости в безэховой камере.

7. Исследование поглощения электромагнитных волн ферритами и магнитными полимерными композитами на векторном анализаторе цепей. (4 ч.)

Лекция (1ч.) Введение таких понятий, как коэффициент прохождения, коэффициент отражения материала, комплексная диэлектрическая проницаемость,

комплексная магнитная проницаемость. Технология СТЕЛС.

Практическое занятие (3ч.)

Лабораторная работа: Исследование поглощения электромагнитных волн ферритами и магнитными полимерными композитами на векторном анализаторе цепей. Измерения диэлектрической и магнитной проницаемости, коэффициента отражения на металлической пластине.

8. Итоговый проект (12ч.)

8.1 Проектная деятельность (3ч.)

Лекция (1ч.) Проектная деятельность. Знакомство с актуальными проблемами физики и технологии магнитомягких ферритов и магнитных полимерных композитов на их основе, а также их использовании в качестве радиопоглощающих материалов. Основные этапы и механизм реализации проекта. Определение цели, задач, методов исследования.

Практическое занятие (2ч.) Определение темы проектной или исследовательской работы. Формулирование этапов и механизмов реализации итогового проекта. Реализация проекта.

8.2 Подготовка доклада к защите на конкурсе (3ч.)

Лекция (1ч.) Презентация и доклад. Особенности защиты. Особенности презентации и доклада выступлении на конференциях, конкурсах.

Практическое занятие (2ч.) Реализация проекта. Формулирование цели, задач, методов исследования для своего проекта, возможные выводы. Создание презентации для защиты проекта. Репетиция защиты проекта.

8.3 Доработка проекта

Практическое занятие (2ч.) Занятие-консультации по выполнению проектной работы. Консультирование по вопросу представления проекта на городской научно-практической конференции

9. Итоговая аттестация: публичная защита проекта (4ч.)

Практическое занятие (4ч.) Основные требования, предъявляемые к презентации. Защита проекта.

3. Формы аттестации и оценочные материалы

В процессе обучения будут применяться различные методы контроля, в том числе с использованием современных технологий.

Текущий контроль. Будет проводиться с целью непрерывного отслеживания уровня усвоения материала и стимулирования обучающихся. Для реализации текущего контроля в процессе объяснения теоретического материала педагог обращается к обучающимся с вопросами и короткими заданиями.

Итоговая аттестация. Проводится на основании совокупности выполненных работ текущего контроля.

Текущий контроль

Программой предусмотрены: опрос, практические и лабораторные работы, презентация, проект.

Требования к выполнению практических и лабораторных работ

Все лабораторные работы проводятся в соответствующих лабораториях Университета МИСИС под наблюдением преподавателя. Участие в лабораторной работе оценивается, как зачтено. Присутствие на практическом занятии и выполнение практической работы во время занятия оценивается, как зачтено

Требования к выполнению проекта

Проект выполняется одним участником либо группой до 3-х человек. По выбранной тематике должен быть подготовлен доклад и презентация.

Требования к выполнению презентации

Визуальный материал презентации должен быть понятным и доступным, выступление должно проводиться по таймингу.

Требования к структуре презентации:

Шрифт – Times New Roman, минимальный размер текста – 18 пт.

Текст на слайдах должен хорошо читаться на любом фоне.

Необходимо использовать максимальное пространство экрана (слайда), например, растянув рисунки.

По возможности используйте верхние $\frac{3}{4}$ площади экрана (слайда), т.к. с последних рядов нижняя часть экрана обычно не видна.

Первый слайд презентации должен содержать тему, ФИО слушателя

В конце заголовков точка не ставится.

Перед использованием скриншотов проверьте текст на наличие ошибок, чтобы на изображении не остались красные (зеленые) подчеркивания ошибок.

При использовании скриншотов лишние элементы (панели инструментов, меню, пустой фон и т.д.) необходимо обрезать.

Не перегружайте слайды анимационными эффектами. Для смены слайдов используйте один и тот же анимационный эффект.

На слайд нужно вынести самое основное, главное. Устный текст не должен дублировать текст на слайдах.

Требования к содержательной части презентации: наличие дополнительных средств визуализации, возможность вариативности решения.

Итоговая аттестация

Итоговая аттестация: публичная защита проекта и выполнение не менее 60% лабораторных и практических работ по программе курса.

4. Методическое обеспечение программы

Методы обучения, используемые в программе: словесные (устное объяснение материала), наглядные (презентация), практические (дети решают конструкторские задачи), аналитические.

С целью стимулирования творческой активности учащихся будут использованы:

- метод проектов;
- метод погружения;
- методы сбора и обработки данных;
- метод электродинамического моделирования;
- исследовательский и проблемный методы;
- анализ справочных и литературных источников;
- поисковый эксперимент;
- опытная работа;
- обобщение результатов.

Для обеспечения наглядности и доступности изучаемого материала будут использоваться:

- наглядные пособия смешанного типа (слайды, видеозаписи, кинематические схемы);
- дидактические пособия (карточки с заданиями, рабочие тетради с практическими заданиями, раздаточный материал).

5. Организационно-педагогические ресурсы

5.1 Специализированные лаборатории и классы, основные установки и стенды

Площадка:

Компьютерный класс, аудитории с соответствующим оборудованием.

5.2 Оборудование и программное обеспечение:

Операционная система:

Windows 7, Windows 8 и Windows 10 (Windows RT не поддерживается)

5.3 Аппаратное обеспечение:

1) ПЭВМ по количеству учащихся (желательно ноутбук). Минимальные системные требования:

– Операционная система Windows (XP, Vista, 7, 8) или MacOS (10.6, 10.7, 10.8)

– 4 ГБ оперативной памяти

– Процессор 2.5 ГГц

– 8 ГБ свободного дискового пространства

– Разрешение экрана 1920*1080

– Microsoft Silverlight 5.0

– Microsoft.NET 4.0

2) Среда программирования Ansys HFSS

3) Среда программирования Altium designer

4) Среда программирования ADS

5.4 Кадровое обеспечение программы

Реализаторы программы: профессорско-педагогический состав Университета науки и технологий МИСИС

6. Список литературы

Основная литература:

1. Киренский Л.В. Магнетизм. Издание второе, переработанное и дополненное. – М.: Наука, 1967. – 196 с.
2. Карцев В.П. Магнит за три тысячелетия. 4-е издание переработанное и дополненное. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 190 с.
3. Белов К.П., Бочкарев Н.Г. Магнетизм на земле и в космосе. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 193 с.
4. Бабич Э.А., Улановский Б.М. Технология производства ферритов и радиокерамики. Учебное пособие для техн. Училищ. – М.: Высш. Школа, 1984. – 223 с.
5. Бабич Э.А., Летюк Л.М., Нифонтов В.А. Технология производства ферритовых изделий. Учебное пособие для технических училищ. – М.: Высш. Школа, 1978. – 224 с.
6. Перминов А.С., Шуваева Е.А., Введенский В.Ю. Методы испытаний магнитных материалов. Лабораторный практикум. -М.: МИСиС, 2006. – 70 с.
7. Летюк Л.М., Костишин В.Г., Гончар А.В. Технология ферритовых материалов магнитоэлектроники. – М.: МИСИС, 2005. – 352 с.

Дополнительная литература:

8. Kostishin V.G., Isaev I.M., Salogub D.V. Radio-Absorbing Magnetic Polymer Composites Based on Spinel Ferrites: A Review. *Polymers*, 2024. 16 (7). 1003.