

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по образованию

Ю.И. Ришко



2024 г.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА**

Физика невидимости

НАПРАВЛЕННОСТЬ: ТЕХНИЧЕСКАЯ

Уровень: ознакомительный

Возраст обучающихся 14 - 18 лет

Срок реализации: 36 академических часов

Составитель (разработчик):

Стенищев И.В.

сотрудник Университета 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) «Физика невидимости» (далее – ДОП «Физика невидимости», 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, оптика, квантовая физика, электромагнетизм, электродинамика и технология производства 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 - формирование и развитие у обучающихся интеллектуальных и практических компетенций в области новых материалов с необычными свойствами – метаматериалов, как используются эти материалы в современном приборостроении и какие эффекты они демонстрируют.

Задачи:

Обучающие:

- познакомить школьников с основными идеями электродинамики, оптики, квантовой механики, физики твердого тела;
- познакомить с понятиями метаматериалов;
- продемонстрировать основные явления в метаматериалах;

развивающие:

- сформировать понимание взаимосвязи между квантовыми и классическими явлениями и современными устройствами;

- развить творческое и инженерное мышление школьников;
- научить навыкам анализа и расчета простейших электродинамических систем;
- 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 «Физика невидимости»

будут знать:

- теоретические основы оптики;
- теоретические основы электродинамики;
- теоретические основы квантовой механики;
- практическое применение квантовых структур и метаматериалов;
- теоретические основы технологий СТЕЛС и невидимости;

будут уметь:

- проводить простейшие расчеты свойств электродинамических систем;
- давать простейшие объяснения функционирования электродинамических систем;
- проводить электродинамические эксперименты в безэховой камере по измерению характеристик рассеяния объектов;
- проводить оптические эксперименты;
- разъяснять 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 «Физика невидимости»

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 электродинамику и оптику	3	2	1		3
2	Введение в квантовую физику	3	2	1		3
3	Введение в физику метаматериалов	3	2	1		3
4	Введение в технику электродинамического эксперимента	4	2	2	Опрос, лабораторная работа	4
5	Экспериментальное исследование классических метаматериалов	4	1	3	Лабораторная работа	4
6	Электродинамика: Уравнения Максвелла и необычные эффекты в метаматериалах	3	1	2	Опрос, лабораторная работа	3
7	Экспериментальное исследование характеристик рассеяния объектов, с пониженной заметностью на основе метаматериалов и технологии СТЕЛС	4	1	3	Лабораторная работа	4
8	Итоговый проект	12	2	10		12
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
8.4	Итоговая аттестация: публичная защита проекта	4		4	Проект	4
Итого		36	13	23		36

2.2. Рабочая программа

1. Введение в электродинамику и оптику (3 ч.)

Лекция (2ч.) Понятие света и электромагнитных волн. Корпускулярно-волновой дуализм. Оптические приборы. Дифракционный предел.

Практическое занятие (1ч.) Решение тематических задач.

2. Введение в квантовую физику (3 ч.)

Лекция (2ч.) Понятие элементарных частиц. Объяснение взаимодействия элементарных частиц. Объяснение корпускулярной природы света на примере эксперимента с двумя щелями. Объяснение явления кота Шредингера. Особенности принципа суперпозиции в квантовой физике и различие от принципа суперпозиции в электромагнетизме.

Практическое занятие (1ч.) Демонстрация анимации эксперимента двух щелей. Решение тематических задач.

3. Введение в физику метаматериалов (3 ч.)

Лекция (2ч.) Введение понятия метаматериалов. Понятие методов создания метаматериалов. Основы технологии СТЕЛС. Методы фабрикации метаматериалов.

Практическое занятие (1ч.) Решение тематических задач.

4. Введение в технику электродинамического эксперимента (4 ч.)

Лекция (2ч.) Методы электродинамического эксперимента, принципы работы антенн, безэховой камеры, антенно-поворотных устройств. Методы измерения параметров антенн, характеристик рассеяния объектов.

Практическое занятие (2ч.)

Лабораторная работа: Демонстрация работы антенн и объектов рассеяния в безэховой камере.

5. Экспериментальное исследование классических метаматериалов (4 ч.)

Лекция (1ч.) Основные понятия о метаматериалах. Основные свойства, виды и применение метаматериалов. Экспериментальное исследование классических метаматериалов

Практическое занятие (3ч.)

Лабораторная работа: Демонстрация анимаций основных свойств метаматериалов. Решение задач по оптике в целях понятия таких эффектов, как

отрицательное преломление, фазовая скорость и магнетизм веществ.

Лабораторная работа: Выполнение экспериментов в безэховой камере по исследованию спектральных характеристик метаматериалов, характеристик рассеяния.

6. Электродинамика: Уравнения Максвелла и необычные эффекты в метаматериалах (3 ч.)

Лекция (1ч.) Повторение понятий: электрический заряд, ток, электрическое и магнитное поля. Уравнений Максвелла. Излучение электромагнитных волн. Эффекты маскировки и клокинга, понятие сверхразрешения.

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

Лабораторная работа: Выполнение экспериментов в безэховой камере по исследованию покрытий из метаматериалов для демонстрации снижения заметности элементарных объектов.

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.

8. Итоговый проект (12ч.)

8.1 Проектная деятельность (3ч.)

Лекция (1ч.) Проектная деятельность. Знакомство с актуальными проблемами в области физики невидимости. 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

8.4. Публичная защита проекта (4 ч.)

Практическое занятие (4ч.) Защита проекта

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: (если нужно)

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. Боярский К. К., Смирнов А. В., Прищепенко О. Б. Механика, часть 1. Кинематика, динамика – СПб: Университет ИТМО, 2019. – 76 с.
2. Боярский К.К., Смирнов А.В. Механика. Часть 2. Энергия, динамика вращения, основы теории относительности: учебное пособие. - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2021. - 60 с.
3. Дмитрий Сивухин: Общий курс физики. В 5-ти томах. Том 4. Оптика/ Под ред. Салецкой О.В. – Издательство «Физматлит», 2021.- 768 с.
4. Шварцбург А.Б., Василяк Л.М., Ветчинин С.П., Алыбин К.В., Вольпян О.Д., Обод Ю.А., Печеркин В.Я., Привалов П.А., Чуриков Д.В., Резонансное рассеяние плоских электромагнитных волн гГц диапазона кольцевыми диэлектрическими линейными структурами, Оптика и спектроскопия. 2021. Т. 129. № 2. С. 214-217.

Дополнительная литература:

5. Антонов А. С. Электрофизические свойства перколяционных систем / Антонов А. С., Батенин В. М., Виноградов А. П. и др./ Под ред. Лагарькова А. Н. - Москва : Ин-т высок. температур, 1990. – С. 117
6. T. Kaelberer, V.A. Fedotov, N. Papasimakis, D.P. Tsai, and N.I. Zheludev. Toroidal dipolar response in a metamaterial. *Science*, 330(6010):1510-1512, 2010
7. Y. B. Zel'Dovich. Electromagnetic interaction with parity violation. *Soviet Journal of Experimental and Theoretical Physics*, 6:1184, 1958
8. Веселаго В.Г. УФН, 92, 517 (1967)
9. A. N. Lagarkov, V. N. Kissel, Near-Perfect Imaging in a Focusing System Based on a Left-Handed-Material Plate. *Phys. Rev. Lett.* 92, 077401 (2004).