

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 28.04.2023 13:07:51

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

# Перспективные технологии и материалы для поиска новых физических эффектов

Закреплена за подразделением

Кафедра ППЭ и ФПП

Направление подготовки

11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА

Профиль

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

зачет с оценкой 1

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

93

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	1 (1.1)		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Неделя	18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	93	93	93	93
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

*кфмн, зав. каф., Диденко Сергей Иванович; Стрекалина Дарья Михайловна; д.ф.-м.н., Дир.НИЦ, Голутвин Андрей Игоревич*

Рабочая программа

**Перспективные технологии и материалы для поиска новых физических эффектов**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 11.04.04 ЭЛЕКТРОНИКА И НАНОЭЛЕКТРОНИКА (приказ от 05.03.2020 г. № 95 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

11.04.04 ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ, 11.04.04-МЭН-22-2.plx , утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

11.04.04 ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭНЕРГИИ, , утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра ШЭ и ФШ**

Протокол от 21.06.2022 г., №11

Руководитель подразделения Диденко Сергей Иванович, к.ф.-м.н., доцент

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

1.1	Ознакомление студентов с новыми технологиями и материалами и возможностями их применения при решении задач, возникающих в области физики высоких энергий. Комплексный подход с точки зрения инженерных областей и фундаментальной физики позволят студентам применять полученные знания и решения в последующей прецессионной области.
-----	--

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Блок ОП:		Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	
2.2.2	Физика наноструктур	
2.2.3	Основы надежности элементной базы электроники в условиях ионизирующего излучения космического пространства	
2.2.4	Радиационно-технологические процессы в электронике	
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.6	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	
2.2.7	Иностранный язык	
2.2.8	Компьютерные технологии в научных исследованиях	
2.2.9	Планирование научной деятельности	
2.2.10	Приборные структуры на некристаллических материалах	
2.2.11	Приборные структуры на широкозонных полупроводниках	
2.2.12	Силовые полупроводниковые приборы	
2.2.13	Оборудование для производства наногетероструктурных солнечных элементов	
2.2.14	Перспективная фотовольтаика	
2.2.15	Физика СВЧ полупроводниковых приборов	
2.2.16	Электронные и оптические свойства широкозонных соединений A <sub>2</sub> B <sub>6</sub>	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ПК-4: Способность анализировать и выбирать перспективные материалы, технологические процессы и оборудование производства изделий микроэлектроники</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-4-31 Основных производителей и технологии в области новых перспективных материалов, технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники	
<b>ОПК-2: Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-2-31 Алгоритмы написания программ для моделирования физических процессов, в том числе на LHC большого адронного коллайдера в ЦЕРН	
<b>ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31 Базы для поиска международной литературы по тематике научного проекта	
<b>ПК-4: Способность анализировать и выбирать перспективные материалы, технологические процессы и оборудование производства изделий микроэлектроники</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-4-У1 Оценивать и выбирать материалы и технологии подходящие для задач физики высоких энергий и других физических задач	
<b>ОПК-2: Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>	

<b>Уметь:</b>
ОПК-2-У1 Писать простые программы на языках программирования, например C++ или Python. Анализировать исходные и полученные данные применительно к новым физическим процессам
<b>ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 Анализировать научную литературу по тематике исследования, находить научную литературу по тематике исследования
<b>ПК-4: Способность анализировать и выбирать перспективные материалы, технологические процессы и оборудование производства изделий микроэлектроники</b>
<b>Владеть:</b>
ПК-4-В1 Основными технологиями получения материалов и оборудования, применяемых в имеющихся детекторах и новых конструируемых детекторах, в том числе на ЛНС большого адронного коллайдера в ЦЕРН
<b>ОПК-2: Способен применять современные методы исследования, представлять и аргументировано защищать результаты выполненной работы, осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования для решения сложных задач в профессиональной области</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-2-В1 Базовыми знаниями для написания простых программ на языках программирования
<b>ОПК-1: Способен представлять современную научную картину мира, выявлять естественнонаучную сущность проблем, определять пути их решения и оценивать эффективность сделанного выбора, применять в профессиональной деятельности глубокие знания фундаментальных наук, знания в междисциплинарных областях</b>
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 Анализом научного материала, способностью выявлять публикации относящиеся к тематике исследования и физике элементарных частиц

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Физика частиц</b>							
1.1	Основы физики частиц /Лек/	1	2	ОПК-1-31				
1.2	Взаимодействие частиц /Лек/	1	2	ОПК-1-31				
1.3	Физика частиц /Пр/	1	4	ОПК-2-У1				
1.4	Взаимодействие частиц /Пр/	1	4	ОПК-2-У1				
1.5	Физика частиц /Ср/	1	20	ОПК-1-У1 ОПК-1-В1				
	<b>Раздел 2. Взаимодействие частиц с веществом</b>							
2.1	Взаимодействие частиц с веществом /Лек/	1	2	ОПК-2-31				
2.2	Взаимодействие частиц с веществом /Пр/	1	4	ОПК-2-У1				
2.3	Взаимодействие частиц с веществом /Ср/	1	13	ОПК-2-В1				
	<b>Раздел 3. Физика образования ливня частиц</b>							
3.1	Физика образования и развития ливня /Лек/	1	2	ОПК-2-31				
3.2	Расчет распадов частиц /Пр/	1	4	ОПК-2-У1				
3.3	Сложные распады /Ср/	1	20	ОПК-2-В1				
	<b>Раздел 4. Эксперименты по физике элементарных частиц</b>							

4.1	Основные эксперименты по физике элементарных частиц /Лек/	1	2	ПК-4-31				
4.2	Эксперимент SHiP и его основные задачи /Пр/	1	4	ПК-4-31				
4.3	Эксперименты по физике элементарных частиц /Ср/	1	20	ПК-4-В1				
	<b>Раздел 5. Идентификация частиц в физике высоких энергий</b>							
5.1	Идентификация частиц /Лек/	1	1	ПК-4-31				
5.2	Трекинговые детекторы /Лек/	1	2	ПК-4-31				
5.3	Калориметрические детекторы /Лек/	1	2	ПК-4-31				
5.4	Эмульсионные детекторы /Лек/	1	2	ПК-4-31				
5.5	Трекинговые детекторы /Пр/	1	5	ПК-4-У1				
5.6	Калориметрические детекторы /Пр/	1	5	ПК-4-У1				
5.7	Эмульсионные детекторы /Пр/	1	4	ПК-4-У1				
5.8	Детекторы /Ср/	1	20	ПК-4-В1				

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1			Какая энергия протонов в эксперименте с неподвижной мишенью требуется для достижения энергии Большого адронного коллайдера в системе центра масс (14 ТэВ)?
КМ2			$\pi^0$ мезон имеет доминирующий канал распада в два фотона. а) Напишите выражение для энергии каждого фотона в системе покоя $\pi^0$ в терминах массы пиона $m_\pi$ . б) Один из фотонов был рожден под полярным углом $\theta$ в сферических координатах по отношению к положительному направлению оси $z$ в системе покоя $\pi^0$ . Под каким полярным углом в сферической системе координат был рожден второй фотон?
КМ3			Преобразование Лоренца для энергии частицы в системе отсчета, движущейся со скоростью $v$ вдоль оси $z$ , задается следующим выражением: $E' = \gamma(E - vp_z)$ где $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ . а) $\pi^0$ движется со скоростью $v$ вдоль оси $z$ в лабораторной системе отсчета (ЛСО). Определите энергии фотонов, описанных в задаче (1, б) в ЛСО. Вычислите сумму их энергий. Прокомментируйте физический смысл полученного результата. б) Определите максимальное и минимальное возможные значения энергии каждого из фотонов в ЛСО. Каким углом $\theta$ в системе покоя $\pi^0$ соответствуют данные значения?
КМ4			Изобразите диаграммы Фейнмана для следующих распадов: $\Delta^+ (uud) \rightarrow n(udd) \pi^+ (u\bar{d})$ , $\Sigma^0 (uds) \rightarrow \Lambda(uds) \gamma$ , $\pi^+ (u\bar{d}) \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$ . Расположите их в порядке увеличения времени жизни.

КМ5			Для распада $a \rightarrow 1+2$ покажите, что масса частицы $a$ может быть выражена как $m_a^2 = m_1^2 + m_2^2 + 2E_1 E_2 (1 - \beta_1 \beta_2 \cos\theta)$ , где $\beta_1$ и $\beta_2$ – скорости дочерних частиц ( $\beta_i = v_i/c$ ), а $\theta$ – угол между ними.
КМ6			Максимум сечения процесса $\pi^- p \rightarrow X$ , который достигается при импульсе пиона $p_\pi = 300$ МэВ, соответствует резонансному рождению $\Delta^0$ -бариона (т. е. $\sqrt{s} = m_\Delta$ ). Определите массу $\Delta^0$ .
КМ7			Рассчитайте отношение удельных ионизационных потерь для протонов с энергией 10 МэВ в углероде и свинце.
КМ8			Определите зарядовую $C$ и пространственную $P$ четности $J/\Psi(1S)$ и $\eta_c(1S)$ мезонов.
КМ9			Какие из перечисленных ниже четырех способов распада $K^{*+}$ -мезона возможны, а какие запрещены? Для разрешенных изобразите диаграммы, для запрещенных – укажите причину запрета. 1) $K^{*+} \rightarrow \pi^0 + e^+ + e^-$ 2) $K^{*+} \rightarrow e^+ + \nu_e$ 3) $K^{*+} \rightarrow \pi^0 + e^+ + \nu_e^-$ 4) $K^{*+} \rightarrow \pi^0 + \pi^+$
КМ10			Наилучшие экспериментальные значения пределов периода полураспада протона составляют $\tau_p > 10^{31} - 10^{33}$ лет в зависимости от модели. Для оценки периода полураспада протона можно также использовать требование, что полная радиационная доза, полученная человеком за год, не превышает ежегодную дозу от мюонов космического излучения, 30 мрад (1 рад = $6.2 \cdot 10^{10}$ МэВ/кг). Определите средний период полураспада протона, который привел бы к получению такой дозы, предполагая, что при распаде полная масса протона (0.94 ГэВ) преобразовалась в энергию ионизирующего излучения. Для оценки используйте предположение, что число протонов и нейтронов в человеческом теле одинаково и $m_p = m_n = 1.7 \cdot 10^{-27}$ кг.

### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.

Домашнее задание №1 Разработка плана своей магистерской диссертации (УК-6-У1; УК-2-В1; ПК-1-У2; УК-6-31; ПК-1-31)  
Домашнее задание 2 Заявка к типовому конкурсному отбору на получения финансирования научного проекта (конкурсы: РФФИ, РФФИ, ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям») (УК-6-В1; УК-2-У1; УК-2-В1; ПК-1-У1; ПК-1-У2; УК-6-31)

Домашнее задание №3 Подготовка научно-технического отчета и его презентации по тематике магистерской диссертации (УК-4-У1; УК-4-У2; УК-4-В1; ПК-1-У1; УК-6-32; УК-6-31; ПК-1-31; УК-4-31)

Домашнее задание №4 Подготовка тезисов и презентации доклада на студенческую конференцию Дни науки МИСиС (УК-4-У2; ПК-1-У1; ПК-1-31; УК-4-31)

Домашнее задание №5 Оформление заявки на охрану прав на интеллектуальную собственность, полученную в рамках выполнения своей магистерской диссертации (УК-6-32; УК-4-В1; ПК-1-У1; УК-4-31)

Тест на знание структуры и правил оформления отчета о научно-исследовательской работе (УК-4-31)

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Пример экзаменационного билета:

1. Какая энергия протонов в эксперименте с неподвижной мишенью требуется для достижения энергии Большого адронного коллайдера в системе центра масс (14 ТэВ)?
2. Рассчитайте отношение удельных ионизационных потерь для протонов с энергией 10 МэВ в углероде и свинце.

#### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Для определения экзаменационной оценки используется следующая шкала:

- а) «отлично» – студент показывает глубокие, исчерпывающие знания в объеме пройденной программы, уверенно действует по применению полученных знаний на практике, грамотно и логически стройно излагает материал при ответе, умеет формулировать выводы из изложенного теоретического материала, знает дополнительно рекомендованную литературу;
- б) «хорошо» – студент показывает твердые и достаточно полные знания в объеме пройденной программы, допускает незначительные ошибки при освещении заданных вопросов, правильно действует по применению знаний на практике, четко излагает материал;
- в) «удовлетворительно» – студент показывает знания в объеме пройденной программы, ответы излагает хотя и с ошибками, но уверенно исправляемыми после дополнительных и наводящих вопросов, правильно действует по применению знаний на практике;
- г) «неудовлетворительно» – студент допускает грубые ошибки в ответе, не понимает сущности излагаемого вопроса, не умеет применять знания на практике, дает неполные ответы на дополнительные и наводящие вопросы.

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Российский научный фонд. Открытая документация о проводимых конкурсных отборах научных проектов	<a href="https://rscf.ru/contests/">https://rscf.ru/contests/</a>
Э2	Российский Фонд Фундаментальных Исследований. Открытая документация о проводимых конкурсных отборах научных проектов	<a href="https://www.rfbr.ru/rffi/ru/contest">https://www.rfbr.ru/rffi/ru/contest</a>
Э3	Дни науки студентов МИСиС. Программа конференции и сборник тезисов	<a href="https://research.misis.ru/sciencedays">https://research.misis.ru/sciencedays</a>
Э4	Роспатент (ФИПС), базы данных для патентного поиска	<a href="https://rospatent.gov.ru/ru/faq/gde-samostoyatelno-provesti-patentnyy-poisk-v-internete">https://rospatent.gov.ru/ru/faq/gde-samostoyatelno-provesti-patentnyy-poisk-v-internete</a>

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	MS Teams
П.3	LMS Canvas
П.4	Microsoft PowerPoint
П.5	Microsoft Excel
П.6	Microsoft Visual C++ 2015

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	Научные журналы и статьи
И.2	<a href="http://elibrary.ru/">http://elibrary.ru/</a>
И.3	<a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>
И.4	Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.5	Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
И.6	Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>
И.7	Курс "Планирование научной деятельности" на платформе LMS Canvas
И.8	<a href="https://lms.misis.ru">https://lms.misis.ru</a>
И.9	Электронная библиотека МИСиС
И.10	<a href="http://elibrary.misis.ru/">http://elibrary.misis.ru/</a>
И.11	Электронная библиотека издательство "Лань"
И.12	<a href="https://e.lanbook.co">https://e.lanbook.co</a>

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------

Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Образовательная деятельность по дисциплине реализуется с помощью электронной информационно-образовательной среды НИТУ «МИСиС» Canvas, представленной на сайте <https://lms.misis.ru/>. В учебном процессе используются программные базы вуза и автоматизированные средства взаимодействия преподавателя и обучающегося. Электронный контент в Canvas содержит все календарные события курса, навигационные ссылки, тесты, задания, методические рекомендации и электронные материалы.

В приложении приведены примеры выполнения домашних заданий.

Форма отчетности - зачет с дифференцированной оценкой.

Домашние задания оформляются в соответствии с указанными в Приложении примерами