

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Гаврилов Сергей Александрович

Должность: Ректор

Дата подписания: 08.09.2026 12:47:44

Уникальный программный ключ:

488ddcd30399efca200d034e027f45455f6eb1b9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г. Балашов

2023 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Оборудование инженерно-технологической инфраструктуры ускорителей»

Направление подготовки - 28.04.03 «Нanomатериалы»

Направленность (профиль) - «Синхротронное излучение в технологии наноматериалов»

Москва 2023

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ

Компетенция ПК-2 «Способен обеспечивать функционирование производства с применением синхротронного излучения» сформулирована на основе профессионального стандарта **40.005** «Специалист в области материаловедческого обеспечения технологического цикла производства объемных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них»

Обобщенная трудовая функция С[7] Процессы жизненного цикла продукции

Трудовая функция С/02.7 Планирование разработки продукции в части, касающейся контроля, измерения свойств и испытания основных, вспомогательных и расходных материалов, а также их разработки и выбора

С/07.7 Освоение нового оборудования, обеспечивающего выполнение операций контроля, измерения свойств (инженерных, технологических, эксплуатационных) и испытания материалов

С/08.7 Разработка и внедрение новых методик контроля, измерения и испытания, а также разработки и выбора материалов

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-2. ОИТИУ Способен обеспечивать функционирование оборудования инженерно-технологической инфраструктуры ускорителей	– Исследование свойств наноматериалов и изделий на их основе с помощью современных методов анализа – Самостоятельное планирование, систематизация и анализ результатов научно-исследовательской работы	Знание основных принципов и особенностей эксплуатации ключевых узлов инженерно-технологической инфраструктуры ускорителей (кластерных экспериментальных ускорительных комплексов 4-ого поколения и установок типа мега-сайнс) Умение обслуживать и эксплуатировать ключевые узлы инженерно-технологической инфраструктуры ускорителей (кластерных экспериментальных ускорительных комплексов 4-ого поколения и установок типа мега-сайнс) в соответствии с техническим заданием Опыт обеспечения функционирования и эксплуатации оборудования инженерно-технологической инфраструктуры ускорителей

		(кластерных экспериментальных ускорительных комплексов 4-ого поколения и установок типа мега-сайнс)
--	--	---

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы, является элективной.

Для изучения дисциплины «Оборудование инженерно-технологической инфраструктуры ускорителей» магистрант должен владеть знаниями, умениями и навыками, приобретенными студентами при изучении специальных дисциплин бакалавриата. Формируемые в процессе изучения дисциплины компетенции в дальнейшем углубляются в дисциплине «Испытания ЭКБ с использованием синхротронного излучения», на практике и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	4	144	16	-	32	60	Экз(36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1. Основные принципы создания и обслуживания инженерно-технологической инфраструктуры ускорителей	6	-	6	15	Устный опрос 1
					Тестирование 1
2. Системы генерации и стабилизации пучка заряженных частиц	6	-	14	25	Устный опрос 2
					Тестирование 2
					Защита индивидуального задания (доклад)
3. Системы создания и поддержания безопасности жизнеобеспечения	4	-	12	20	Устный опрос 3
					Тестирование 3
					Защита индивидуального задания (доклад)

4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Вводная лекция. Этапы строительства и запуска экспериментальных ускорительных комплексов. Крупнейшие синхротроны мира. Строительство научных установок класса мега-сайнс.
	2	2	Ускорители заряженных частиц: классификация, устройство, принципиальное различие, области и особенности применения.
	3	2	Элементы синхротронного источника излучения. Схема накопительного кольца. Ондюляторы. Виглеры. Поворотные магниты. Фокусирующие и расфокусирующие магниты (квадруполи). Радиочастотные резонансные ускорители. Лазеры на свободных электронах.

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
2	4	2	Создание и обслуживание ВЧ ускоряющих систем генерации напряжения для ускорителей заряженных частиц. Твердотельные усилители, предназначенные для работы в импульсном и непрерывном режимах. Клистроны.
	5	2	Создание и обслуживание систем сверхвысокого вакуума. Системы охлаждения.
	6	2	Системы и способы виброзащиты при создании установок класса мега-сайнс.
3	7	2	Системы и способы радиационной защиты при создании установок класса мега-сайнс.
	8	2	Системы вентиляции и воздухообеспечения при создании установок класса мега-сайнс.

4.2. Лабораторные занятия

Не предусмотрены

4.3. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ занятия	Объем занятий (часы)	Наименование работы
1	1	2	Семинар-дискуссия «Современные кластерные установки в мире и в России» с фокусированием на достоинствах, различиях и соответствии передовым достижениям науки и техники и т.д.
	2	2	Разбор этапов проектирования, разработки и строительства ключевых узлов синхротронов 4-ого поколения СКИФ (г. Новосибирск) и РИФ (г. Владивосток): трудности, перспективы, возможности.
	3	2	Системы генерации синхротронного излучения. Сравнительные характеристики источников синхротронного излучения. Особенности практического применения. Расчет параметров синхротронного излучения. Излучение Виглера. Излучение ондулятора. Расчет коэффициента усиления.
2	4-5	4	Разбор реальных примеров создания и эксплуатации ВЧ ускоряющих систем генерации напряжения для ускорителей заряженных частиц. Анализ возможностей и недостатков.
	6-7	4	Разбор реальных примеров создания систем сверхвысокого вакуума и их эксплуатации. Анализ возможностей и недостатков.
	8	2	Разбор реальных примеров создания систем охлаждения и их эксплуатации. Анализ возможностей и недостатков.
	9-10	4	Разбор создания систем виброзащиты при строительстве установок класса мега-сайнс на примере Курчатовского и Зеленоградского источника синхротронного излучения. Анализ возможностей и недостатков.
3	11-12	4	Разбор реальных примеров создания систем радиационной защиты при строительстве установок класса мега-сайнс. Анализ возможностей и недостатков.
	13-14	4	Разбор реальных примеров создания систем вентиляции и воздухообеспечения при строительстве установок класса мега-сайнс. Анализ возможностей и недостатков.
	15-16	4	Семинар-конференция «Выступление студентов с устными докладами по заданной тематике»

4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
1	5	Проработка материалов модуля 1 (Лекции 1-3)
	5	Подготовка к тестированию по модулю 1
	5	Подготовка к устному опросу по модулю 1
2	5	Проработка материалов модуля 2 (Лекции 4-6)
	5	Подготовка к тестированию по модулю 2
	5	Подготовка к устному опросу по модулю 2
	10	Выполнение индивидуального задания (подготовка реферата и презентации для устного доклада)
3	4	Проработка материалов модуля 3 (Лекции 7-8)
	3	Подготовка к тестированию по модулю 3
	3	Подготовка к устному опросу по модулю 3
	10	Выполнение индивидуального задания (подготовка реферата и презентации для устного доклада)

4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

Модули 1-3:

1. Учебно-методические материалы для самостоятельного изучения материалов модулей 1-3 в объеме лекций и семинаров, в том числе для подготовки к тестированиям, устным опросам и экзамену.
2. Список тем для выполнения индивидуального задания
3. Методические рекомендации для выполнения индивидуального задания.

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Литература

1. Пашков П.Т. Физика пучка в кольцевых ускорителях : Учеб. пособие / П.Т. Пашков. - М.: Физматлит, 2006. - 264 с.

2. Фетисов, Г. В. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ : учебное пособие / Г. В. Фетисов. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 672 с. — ISBN 978-5-9221-0805-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2152> (дата обращения: 22.06.2023)

7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека:** сайт. — Москва, 2000. — URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 22.06.2023). — Режим доступа: для зарегистрир. пользовате

2. **РУКОНТ:** Национальный цифровой ресурс: Электронно-библиотечная система: сайт. - Москва : Сколково, 2010 - . - URL: <https://lib.rucont.ru/search> (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

3. **Лань: электронно-библиотечная система.** — Санкт-Петербург, 2011. — URL: <https://e.lanbook.com/> (дата обращения: 21.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей МИЭТ.

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение**.

Обучение может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: *раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта.*

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория	Мультимедийное оборудование	OC Microsoft Windows, MS Office, Internet Explorer / Chrome
Помещение для самостоятельной работы обучающихся	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС	OC Microsoft Windows, MS Office, Internet Explorer / Chrome

10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции **ПК-2. ОИТИУ** Способен обеспечивать функционирование оборудования инженерно-технологической инфраструктуры ускорителей

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1. Особенности организации процесса обучения

Дисциплина «Оборудование инженерно-технологической инфраструктуры ускорителей» состоит из 3 тематических модулей: модуль 1 – «Основные принципы создания и обслуживания инженерно-технологической инфраструктуры ускорителей», модуль 2 – «Системы генерации и стабилизации пучка заряженных частиц» и модуль 3 – «Системы создания и поддержания безопасности жизнеобеспечения».

Первый модуль посвящен общим вопросам, связанным с этапами строительства и запуска экспериментальных ускорительных комплексов и научных установок класса мега-сайнс на примере действующих и строящихся источников синхротронного излучения.

Второй модуль направлен на детальное изучение основных принципов функционирования инженерно-технологической структуры, связанной с генерацией и стабилизацией пучка заряженных частиц: создание и обслуживание ВЧ ускоряющих систем генерации напряжения для ускорителей заряженных частиц; создание и обслуживание систем сверхвысокого вакуума и системы охлаждения; Системы и способы виброзащиты.

Третий модуль рассматривает системы и способы обеспечения безопасности жизнеобеспечения, а именно системы и способы радиационной защиты и вентиляции.

Каждый модуль является логически завершенной частью курса.

Успешность освоения каждого модуля оценивается по результатам выполнения обязательных контрольных мероприятий (устных и письменных опросов).

Для закрепления знаний, полученных на лекционных занятиях и при выполнении самостоятельной работы, а также для получения навыков исследовательской деятельности, проводятся практические работы. Такие работы проводятся, как правило, в интерактивном режиме при работе в малых группах и диалоге с преподавателем с разбором конкретных ситуаций в процессе выполнения исследований и при защите полученных результатов.

Подготовка и выполнение индивидуальных заданий предполагает формирование у обучающихся компетенций и подкомпетенций по индикаторам умений и приобретения опыта деятельности. Данные контрольные мероприятия подразумевают самостоятельную работу обучающихся по получению, обработке, анализу и визуализации информации о современных методах исследования и описания синхротронного излучения, работе

ускорителей частиц, а также применению этих знаний для решения задач теоретического и прикладного характера.

Контроль выполнения студентами индивидуального задания проводится на семинарах. Студенты выступают с докладом, излагая содержание проделанной работы, анализируя различные аспекты освещаемой проблемы, происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии. Студенты должны осуществить поиск дополнительной информации по темам семинаров в научных источниках (рекомендованных ПБД и ИСС) с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками. В процессе выполнения практических (индивидуальных) заданий также отрабатываются и проверяются способности студента публично презентовать материалы выполнения СРС, вести дискуссию, приводить аргументы, логично и последовательно излагать свою точку зрения, демонстрируя понятийное и критическое мышление.

В процессе освоения дисциплины студенты самостоятельно готовят и выполняют предусмотренные контрольные мероприятия на проверку усвоения необходимых знаний в форме тестов, на проверку умений и опыта деятельности – в форме защиты (представления) индивидуального задания (выступления с устным докладом по заданной тематике), результат выполнения которых отражается в накопительной балльной системе.

Подготовкой материалов для итоговой аттестации необходимо начать заниматься с первых дней семестра, не устранившись от активного участия в активных видах занятий.

Наиболее сложные и проблемные вопросы курса могут быть разъяснены обучающимся во время очных консультаций и дистанционных консультаций с использованием современных коммуникационных платформ (Zoom, Skype, Google Meetings и др.) и электронной почты.

Контроль решенных практико-ориентированных задач осуществляется на опросах (контрольных работах) на семинарах – студенты выступают в группе с докладами по теме реферата, организуется дискуссия.

11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия, а также активность в семестре.

По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий доступен в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

РАЗРАБОТЧИКИ:

Профессор Института ПМТ



/В.В. Смирнов/

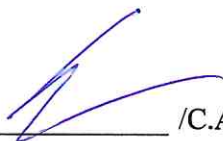
Ассистент Института ПМТ



/В.Б. Глухенькая/

Рабочая программа дисциплины «Оборудование инженерно-технологической инфраструктуры ускорителей» по направлению подготовки 28.04.03 «Нanomатериалы», направленности (профилю) «Синхротронное излучение в технологии наноматериалов» разработана в институте ПМТ и утверждена на заседании института 27 июня 2023 года, протокол № 27

Директор Института ПМТ


/С.А.Гаврилов/

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК


/ И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки


/ Т.П.Филиппова /