

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ
КАФЕДРА ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И БИОФОТОНИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВЫ И ПРИМЕНЕНИЕ СИНХРОТРОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.02 Физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
5	2	72	32	32	0		8	0	3
Итого	2	72	32	32	0	0	8	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина является частью профессионального модуля образовательной программы. По результатам освоения дисциплины студент получит представление о принципах действия ускорительной техники, типах ускорителей, сущности явлений автофазировки и фокусировки, основных уравнениях, моделях и расчетных соотношениях, описывающих и характеризующих процесс радиационного торможения частиц в ускорителях, теории и свойствах синхротронного излучения, устройстве и применении лазеров на свободных электронах.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В курсе дается систематическое изложение теории и эксперимента синхротронного излучения. Даются основные соотношения для движения электрона в ускорителе, выводятся свойства синхротронного излучения – спектр, угловое распределение мощности излучения, поляризация, когерентность, обсуждаются экспериментальные аспекты наблюдения и использования. На примере существующих установок обсуждаются возможности применения синхротронного излучения для спектроскопических исследований твердых тел. Даны основы лазеров на свободных электронах. С физической точки зрения определяются сравнительные возможности этих технологий и их перспективы.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

При освоении дисциплины используются понятия из разделов уравнения математической физики, теория поля, квантовая механика, атомная физика, спектроскопия, физика твердого тела, электротехника и электроника. Овладение данной дисциплиной необходимо выпускникам для следующих областей профессиональной деятельности по исследованию и разработке:

- установок и систем в области биомедицины;
- установок и систем лазерной обработки материалов;
- структурных и спектроскопических свойств новых и разрабатываемых материалов;
- методов повышения безопасности высокотехнологичных установок, материалов и технологий;
- биомедицинских установок и технологий, обладающих высокой эффективностью, безопасностью и защищенностью.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача	Объект или	Код и наименование	Код и наименование
--------	------------	--------------------	--------------------

профессиональной деятельности (ЗПД)	область знания	профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
освоение методов, а также теорий и моделей, используемых в научных исследованиях	биологические объекты различной организации, источники ионизирующих излучений	ПК-1 [1] - Способен использовать профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-1[1] - знать основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории физики, основные методы теоретического и экспериментального исследования, методы измерения различных физических величин ; У-ПК-1[1] - уметь разбираться в физических принципах, используемых в изучаемых специальных дисциплинах, решать физические задачи применительно к изучаемым специальным дисциплинам и прикладным проблемам будущей специальности; В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов
поиск научной литературы по теме исследования	отечественные и зарубежные источники литературы	ПК-3 [1] - Способен проводить сбор, обработку, анализ и обобщение научно-технической информации,	З-ПК-3[1] - знать основные методологические теории и принципы современной науки, логические методы и

		передового отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; способен к подготовке обзоров на основе изучения и анализа полученной информации и собственного профессионального опыта <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	приемы научного исследования, информационные источники поиска, сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования ; У-ПК-3[1] - уметь осуществлять сбор и анализ научно-технической информации, полученной из отечественных и зарубежных источников и литературы; В-ПК-3[1] - владеть методами научного поиска и интеллектуального анализа научно-технической информации, полученной из отечественных и зарубежных источников при решении задач
--	--	---	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (В17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин

		профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры радиационной безопасности при медицинском использовании источников ионизирующего и неионизирующего излучения (B30)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин «Введение в специальность», «Основы и применение синхротронного излучения», «Физика биологического действия радиации» и всех видов практик – ознакомительной, научно-исследовательской, педагогической, преддипломной для: - формирования культуры работы с патогенами, обеспечивающей безопасность и не распространение, приборами дозиметрического контроля, радиационной и экологической безопасности посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий по вопросам биобезопасности 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "Медицинские установки и детекторы излучений", "Рентгеновская компьютерная томография", "Основы МРТ", "Основы ПЭТ", "Основы интроскопии", "Радиационная физика", "Дозиметрическое планирование лучевой терапии", "Магнитно-резонансная томография", "Позитрон-эмиссионная томография", "Ядерная медицина", "Физика радиоизотопной медицины" и всех видов практик для: - формирования культуры радиационной безопасности, в том числе при получении практических навыков посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий, а также в ходе практической работы с

		терапевтическим и диагностическим оборудованием. 3.Использование воспитательного потенциала дисциплин «Проектирование компьютерных медицинских систем»; «Системы обработки изображений в медицине»; «Анализ экспериментальных данных»; «Искусственный интеллект в медицине» для - формирования сознательного отношения к нормам и правилам цифрового поведения посредством выполнения индивидуальных заданий, связанных с вовлечением передовых цифровых технологий через обсуждение на еженедельном семинаре в научном коллективе. 5.Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: - формирования этических основ проведения экспериментов с использованием лабораторных животных посредством обсуждения техники безопасной работы с высокотехнологичным экспериментальным оборудованием, высокопроизводительной вычислительной техникой и с живыми системами.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>5 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	16/16/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	Часть 2	9-16	16/16/0		25	КИ-16	3-ПК-1,

							У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		32/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	3	З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	32	32	0
1-8	Часть 1	16	16	0
1	Введение Введение. Исторический обзор. Определение синхротронного излучения как магнито-тормозного излучения и его свойства. Источники синхротронного излучения. Основные применения.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Теория синхротронного излучения Теория синхротронного излучения. Релятивистский электрон. Уравнения Максвелла-Лоренца и уравнение движения электрона в 4-х мерном пространстве. Границы применимости классической электродинамики.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Свойства синхротронного излучения Свойства синхротронного излучения. Радиационный предел ускорения. Мощность синхротронного излучения. Спектрально-угловое распределение мощности синхротронного излучения.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Поляризационные свойства Поляризационные свойства. Особенности углового распределения мощности синхротронного излучения. Когерентность синхротронного излучения.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	Устройства и принципы действия ускорительной техники Устройства и принципы действия ускорительной техники.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		

	Линейные ускорители. Циклические ускорители. Ондюляторы. Синхротрон. Накопительные кольца.	0	0	0
6	Экспериментальное наблюдение синхротронного излучения Экспериментальное наблюдение синхротронного излучения. Первые эксперименты по наблюдению «светящегося» электрона. Экспериментальное исследование спектрально-угловых характеристик и поляризации синхротронного излучения.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	Динамика движения электронов в синхротронах Динамика движения электронов в синхротронах. Уравнение движение электронов по окружности в МП. Бетатронные колебания. Принципы автофазировки. Условия фокусировки.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	Влияние излучения на движение электронов в ускорителях и накопительных кольцах Влияние излучения на движение электронов в ускорителях и накопительных кольцах. Экспериментальное исследование влияния СИ на движение электронов в циклическом ускорителе. Квантовые эффекты при движении релятивистского электрона.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	16	16	0
9	Каналы синхротронного излучения Каналы синхротронного излучения. Экспериментальные установки в каналах синхротронного излучения. Установка С-60 в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Свойства ондуляторного излучения Свойства ондуляторного излучения. Экспериментальное исследование свойств ондуляторного излучения. Сравнительная характеристика синхротронного и ондуляторного излучений.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Применение синхротронного и ондуляторного излучения Применение синхротронного и ондуляторного излучения. Свойства важные для применения. Методы спектроскопии в синхротронном излучении. Спектроскопия атомов и молекул. Спектроскопия твердого тела. Люминесценция кристаллов при возбуждении синхротронным излучением.	Всего аудиторных часов		
		3	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 15	Устройство усилителей и лазеров на свободных электронах Устройство усилителей и лазеров на свободных электронах. Инверсная населенность и индуцированное излучение применительно к лазерам на свободных электронах. Свойства излучения лазеров на свободных электронах. Применение лазеров на свободных электронах.	Всего аудиторных часов		
		7	7	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс

ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При освоении данной дисциплины основную роль играют аудиторные занятия в виде лекций и практических занятий, а также самостоятельная работа студентов, заключающаяся в изучении пройденного материала и подготовке домашнего задания. Для того чтобы дать современное состояние физики и эксперимента синхротронного излучения, предусмотрено широкое использование современных научных работ и публикаций по данной теме. Рекомендуются посещения студентами научных семинаров и конференций, в том числе, проводимых в НИЯУ МИФИ, ФИАН, и других организациях.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-1	З-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-1	З, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту,

			если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 548 Ф45 Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ : учебное пособие для вузов, Фетисов Г.В., Москва: Физматлит, 2007
2. 539.1 А86 Синхротронное излучение. Некоторые применения в материаловедении Ч.1 , Артемьев А.Н., М.: МИФИ, 1998
3. ЭИ Г 42 Теория поля : учебник для бакалавров, Дергачев Н. И., Гершанок В. А., Москва: Юрайт, 2022
4. 621.38 Д55 Ускорители заряженных частиц в экспериментальной физике высоких энергий : текст лекций, Добрецов Ю.П., Москва: МИФИ, 2008
5. 621.38 П22 Физика пучка в кольцевых ускорителях : учеб. пособие для вузов, Пашков П.Т., Москва: Физматлит, 2006
6. 621.38 Ф 50 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника. Высокочастотные дефлекторы. : учеб. пособие для вузов, Собенин Н.П. [и др.], Москва: Юрайт, 2019

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. И L47 Accelerator physics : , Lee S.Y., New Jersey [and oth.]: World scientific, 2012
2. 621.38 И88 Введение в физику ускорителей заряженных частиц : курс лекций, Иссинский И.Б., Дубна: ОИЯИ, 2012
3. 537 Т35 Синхротронное излучение и его применение : Учеб. пособие для вузов, Халилов В.Р., Тернов И.М., Михайлин В.В., М.: МГУ, 1985
4. 621.38 В16 Современные синхротроны : Учеб. пособие, Глазков А.А., Вальднер О.А., М.: МИФИ, 1990

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение контрольных работ.

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Проводятся практические занятия, на которых в форме "круглого стола" обсуждаются предлагаемые темы, проверяется подготовленность к занятиям. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенным темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольных мероприятий:

- оценка участия в практических занятиях;
- выполнение контрольных работ.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к промежуточному контролю по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется в виде ответа на вопросы.

Система оценки успеваемости студента

Для оценки успеваемости студента применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу студента в течение семестра и прохождение аттестации.

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения контрольных мероприятий.

Максимальное количество баллов, которое студент может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

Минимальное количество баллов, которое необходимо для допуска студента к промежуточной аттестации, составляет 30 баллов.

По итогам семестра проводится промежуточная аттестация.

В совокупности за промежуточную аттестацию студент может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Комплекс дисциплины предполагает ряд основных видов работы:

- аудиторная работа в виде лекций и практических занятий,
- самостоятельная работа,
- выполнение контрольных работ.

Перечисленные виды работы составляют целостную систему обучения, обеспечивающую разностороннюю подготовку обучающегося и призваны к приобретению новых компетенций и повышению уровня его компетентности.

Структура курса предполагает освоение каждой предлагаемой темы в несколько этапов.

Проводятся практические занятия, на которых в форме "круглого стола" обсуждаются предлагаемые темы, проверяется подготовленность к занятиям. Также предполагается самостоятельная работа студента по предложенным темам с последующим контролем со стороны преподавателя.

Текущий контроль: в течение семестра выполняются следующие контрольные мероприятия:

- оценка участия в практических занятиях;
- выполнение контрольных работ.

Результаты выполнения контрольных мероприятий являются основанием для допуска к промежуточному контролю по дисциплине.

Промежуточный контроль осуществляется в виде ответа на вопросы.

Система оценки успеваемости студента

Для оценки успеваемости студента применяется 100-балльная система, которая позволяет учитывать работу студента в течение семестра и прохождение аттестации.

Учебная работа студента в семестре оценивается по следующим категориям: показатели посещаемости и эффективности работы на каждом занятии, результаты выполнения контрольных мероприятий.

Максимальное количество баллов, которое студент может получить в ходе аудиторной и самостоятельной работы в семестре, составляет 50 баллов.

Минимальное количество баллов, которое необходимо для допуска студента к промежуточной аттестации, составляет 30 баллов.

По итогам семестра проводится промежуточная аттестация.

В совокупности за промежуточную аттестацию студент может получить 50 баллов.

Итого, максимальная оценка по курсу по итогам семестра составляет 100 баллов, для аттестации по курсу необходимо набрать минимум 60 баллов.

Автор(ы):

Завестовская Ирина Николаевна, д.ф.-м.н., с.н.с.