Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФТФ
к.ф-м.н. Корель И. И.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ПРОСТОЙ НЕКВАЛИФИЦИРОВАННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
31.08.2026
Владелец: к.ф-м.н. Корель И. И.
Срок действия: не ограничен
Адрес хранения электронного документа:
https://www.nstu.ru/university/info/sveden/education

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Синхротронное излучение

Образовательная программа: 03.04.02 Физика, магистерская программа: Программно-аппаратные комплексы в ядерных исследованиях

Курс: 2, семестр : 3

Физико-технический факультет,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**3**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	3
2	Всего часов	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	36
4	Лекции, час.	16
5	Практические занятия, час.	16
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	16
8	из них практической подготовки, час.	18
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	2
11	Самостоятельная работа, час.	72
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р
13	Вид аттестации	3

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 03.04.02 Физика

ФГОС введен в действие приказом №914 от 07.08.2020 г. , дата утверждения: 19.08.2020 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, формируемая участниками образовательных отношений

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 03.04.02 Физика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭФУиУ, 31.08.2026

Утверждена на совете физико-технического факультета, протокол № 6 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Бурдаков А. В.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Бурдаков А. В.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-1.В/НА Способен разрабатывать направления совершенствования средств аппаратно-программной обработки цифровых сигналов в области ядерных исследований
	ПК-1.В/НА. 2 Знает основы проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для формирования плана работ над проектированием средств аппаратно-программной обработки сигналов
Универсальные компетенции	УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия
	УК-4. 1 Знает современные коммуникативные технологии, применяемые для академического и профессионального взаимодействия

2. Требования НГТУ к планируемым результатам обучения, соотнесенным с индикаторами достижения компетенций

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-1.В/НА. 2 Знает основы проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для формирования плана работ над проектированием средств аппаратно-программной обработки сигналов	
уметь расчитывать влияние пучка электронов на характеристики СИ, яркость источника СИ, моделировать излучение релятивистских электронов в магнитных периодических структурах.	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
УК-4. 1 Знает современные коммуникативные технологии, применяемые для академического и профессионального взаимодействия	
знать фундаментальные основы генерации синхротронного излучения	Лекции; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Источники синхротронного излучения					
1. Современные накопители-источники мощного СИ. Эксперименты, проводимые на пучках СИ, в областях науки, техники и медицине. Качественное рассмотрение синхротронного излучения.	1	2	2	УК-4.1	Лекция
Дидактическая единица: Потенциалы и поля движущейся заряженной частицы					
2. Потенциалы и поля движущейся заряженной частицы, "сжатие" времени, запаздывающие потенциалы.	2	2	2	ПК-1.В/НА. 2	Лекция

3. Излучение заряда, движущегося по окружности, временные характеристики поля излучения,Фурье-преобразование поля излучения, спектральные характеристики поля излучения в приближении y>>1.	2	2	2	УК-4.1	Лекция
Дидактическая единица: Характеристики синхротронного излучения					
4. Описание поля СИ: поляризация, спектрально-угловое распределение интенсивности излучения. Асимптотическое поведение спектра СИ при низких и высоких частотах, практические формулы для расчета СИ.	2	2	2	УК-4.1	Лекция
5. Поправки к спектру СИ за счет квантовых и поляризации электронов. Затухание и возбуждение бетатронных и энергетических колебаний за счет СИ, равновесный фазовый объем пучка электронов. Поляризация электронов при излучении СИ. Измерение энергии электронов с использованием спектральных особенностей СИ.	2	2	2	ПК-1.В/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Яркость источника СИ					
6. Влияние пучка электронов на характеристики СИ, фазовый объем пучка СИ. Яркость источника СП, магнитные структуры современных накопителей для получения максимальной яркости источника. Специальные устройства (insertion device) для генерации СИ "шифтеры" и многополюсные вигглеры. Свойства СИ из этих устройств. Влияние магнитных полей сильнополевых вигглеров на движение пучка в накопителе.	2	2	2	ПК-1.В/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Излучение релятивистских электронов в магнитных периодических структурах.					

7. Излучение релятивистских электронов в магнитных периодических структурах. Качественное рассмотрение ондуляторного излучения (СИ). Угловые и спектральные характеристики ОИ (случаи слабого и сильного поля ондулятора). Спиральные и плоские ондуляторы, Влияние энергетического и углового разброса в пучке электронов на угловые спектральные свойства ондуляторного излучения. Особенности излучения и ондуляторов конечной длины.	2	2	2	УК-4.1	Лекция
Дидактическая единица: Лазеры на свободных электронах.					
8. Лазер на свободных электронах, одночастичная теория ЛСЭ, расчет коэффициента усиления. Оптический клистрон.	2	2	2	УК-4.1	Лекция
Дидактическая единица: Рассеяние рентгеновских лучей.					
9. Рассеяние рентгеновских лучей. Томпсоновское и комптоновское сечения рассеяния. Рассеяние связанными электронами, атомный фактор, показатель преломления рентгеновских лучей.	1	2	2	ПК-1.В/НА.2	Лекция

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 3					
Дидактическая единица: Потенциалы и поля движущейся заряженной частицы					
1. Поле излучения движущейся частицы, движущейся с ускорением, мощность, излученная частицей.	4	0	0	ПК-1.В/НА.2	Расчет поля излучения движущейся частицы, движущейся с ускорением, расчет мощности, излученная частицей.
2. Решение задач на Фурье-преобразование поля излучения, спектральные характеристики поля излучения в приближении y>>1	4	0	0	ПК-1.В/НА.2	Решение задач на Фурье-преобразование поля излучения, спектральные характеристики поля излучения в приближении y>>1
Дидактическая единица: Характеристики синхротронного излучения					

3. Асимптотическое поведение спектра СИ при низких и высоких частотах, практические формулы для расчета СИ.	4	0	0	ПК-1.В/НА.2	Расчет характеристик по формулам для СИ
Дидактическая единица: Яркость источника СИ					
4. Влияние магнитных полей сильнополевых вигглеров на движение пучка в накопителе.	4	0	0	ПК-1.В/НА.2	Расчет влияния магнитных полей сильнополевых вигглеров на движение пучка в накопителе.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Современные накопители-источники мощного СИ. Эксперименты, проводимые на пучках СИ, в областях науки, техники и медицине. Качественное рассмотрение синхротронного излучения.	Л	Выполняет следующие виды работ: реферат
2	Потенциалы и поля движущейся заряженной частицы, "сжатие" времени, запаздывающие потенциалы.	Л	Выполняет следующие виды работ: реферат
3	Излучение заряда, движущегося по окружности, временные характеристики поля излучения,Фурье-преобразование поля излучения, спектральные характеристики поля излучения в приближении $\gamma>>1$.	Л	Выполняет следующие виды работ: реферат
4	Описание поля СИ: поляризация, спектрально-угловое распределение интенсивности излучения. Асимптотическое поведение спектра СИ при низких и высоких частотах, практические формулы для расчета СИ.	Л	Выполняет следующие виды работ: реферат
5	Поправки к спектру СИ за счет квантовых и поляризации электронов. Затухание и возбуждение бетатронных и энергетических колебаний за счет СИ, равновесный фазовый объем пучка электронов. Поляризация электронов при излучении СИ. Измерение энергии электронов с использованием спектральных особенностей СИ.	Л	Выполняет следующие виды работ: реферат
6	Влияние пучка электронов на характеристики СИ, фазовый объем пучка СИ. Яркость источника СП, магнитные структуры современных накопителей для получения максимальной яркости источника. Специальные устройства (insertion device) для генерации СИ "шифтеры" и многополюсные вигглеры. Свойства СИ из этих устройств. Влияние магнитных полей сильнополевых вигглеров на движение пучка в накопителе.	Л	Выполняет следующие виды работ: реферат

7	Излучение релятивистских электронов в магнитных периодических структурах. Качественное рассмотрение ондуляторного излучения (СИ). Угловые и спектральные характеристики ОИ (случаи слабого и сильного поля ондулятора). Спиральные и плоские ондуляторы, Влияние энергетического и углового разброса в пучке электронов на угловые спектральные свойства ондуляторного излучения. Особенности излучения и ондуляторов конечной длины.	Л	Выполняет следующие виды работ: реферат
8	Лазер на свободных электронах, одночастичная теория ЛСЭ, расчет коэффициента усиления. Оптический клистрон.	Л	Выполняет следующие виды работ: реферат
9	Рассеяние рентгеновских лучей. Томпсоновское и комптоновское сечения рассеяния. Рассеяние связанными электронами, атомный фактор, показатель преломления рентгеновских лучей.	Л	Выполняет следующие виды работ: реферат

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 3				
1	РГЗ/Реферат	ПК-1.В/НА.2,УК-4.1	34	2
: Степаненко, Д. А. Воздействие лазерного излучения на биообъекты : учебно-методическое пособие / Д. А. Степаненко. — Минск : БНТУ, 2022. — 109 с. — ISBN 978-985-583-741-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/325736 (дата обращения: 09.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
2	Подготовка к занятиям	УК-4.1	26	0
: Степаненко, Д. А. Воздействие лазерного излучения на биообъекты : учебно-методическое пособие / Д. А. Степаненко. — Минск : БНТУ, 2022. — 109 с. — ISBN 978-985-583-741-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/325736 (дата обращения: 09.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
3	Подготовка к аттестации	ПК-1.В/НА.2,УК-4.1	12	0
: Степаненко, Д. А. Воздействие лазерного излучения на биообъекты : учебно-методическое пособие / Д. А. Степаненко. — Минск : БНТУ, 2022. — 109 с. — ISBN 978-985-583-741-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/325736 (дата обращения: 09.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				

3.3 Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 3.4).

Таблица 3.4

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail
Консультирование	Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ
Контроль	Среда электронного обучения НГТУ

Размещение учебных материалов	ЭБС

4. Правила аттестации обучающихся по дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставлять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 3		
РГЗ/Реферат:	40	80
Зачет:	10	20

В таблице 4.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля	
		Защита РГЗ/Р	Зачет
ПК-1.В/НА	ПК-1.В/НА 2. Знает основы проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ для формирования плана работ над проектированием средств аппаратно-программной обработки сигналов		+
УК-4	УК-4 1. Знает современные коммуникативные технологии, применяемые для академического и профессионального взаимодействия	+	+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

5. Литература

Основная литература

1. Борейшо, А. С. Лазеры: устройство и действие / А. С. Борейшо, С. В. Ивакин. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-8994-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/330503 (дата обращения: 30.04.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Павельев, В. С. Оптика лазерных структурированных пучков и ее приложения : учебное пособие / В. С. Павельев. — Самара : Самарский университет, 2025. — 83 с. — ISBN 978 5 7883 2281 0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/517150 (дата обращения: 30.04.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Кузьмичева, Г. М. Методы диагностики объектов разной размерности с применением синхротронного излучения : учебное пособие / Г. М. Кузьмичева. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 94 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/226706 (дата обращения: 09.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Интернет-ресурсы

1. ТОКАМАК: начальная стадия разряда : учебное пособие / В. А. Беляков, А. А. Кавин, С. А. Лепихов, А. Б. Минеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-1711-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/211613 (дата обращения: 21.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Степаненко, Д. А. Воздействие лазерного излучения на биообъекты : учебно-методическое пособие / Д. А. Степаненко. — Минск : БНТУ, 2022. — 109 с. — ISBN 978-985-583-741-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/325736 (дата обращения: 09.08.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Пакет офисных приложений Microsoft Office

2 Пакет офисных приложений Microsoft Office

3 Операционная система Microsoft Windows

6.3 Информационные технологии

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине применяются элементы дистанционных образовательных технологий, а также синхронного и асинхронного взаимодействия в электронной информационно-образовательной среды НГТУ.

7. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для проведения лекционных занятий