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
Основы физики элементарных частиц

Образовательная программа: 03.04.02 Физика, магистерская программа: Экспериментальная физика

Курс: 1, семестр : 2

Физико-технический факультет,

		Семестр
№	**Вид деятельности**	**2**
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	37
4	Лекции, час.	16
5	Практические занятия, час.	16
6	Лабораторные занятия, час.	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	18
8	из них практической подготовки, час.	14
9	Аттестация, час.	2
10	Консультации, час.	3
11	Самостоятельная работа, час.	107
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	контр.
13	Вид аттестации	Э

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 фундаментальных и прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок по совершенствованию ядерно-энергетических технологий
	ПК-1.В/НА. 1 Умеет обобщать результаты проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью оптимизации и усовершенствования имеющихся ядерно-энергетических технологий
Универсальные компетенции	УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
	УК-6. 2 Знает способы проведения самооценки для определения и реализации приоритетов собственной деятельности

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

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций Результаты обучения	Формы организации занятий
ПК-1.В/НА. 1 Умеет обобщать результаты проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью оптимизации и усовершенствования имеющихся ядерно-энергетических технологий	
уметь работать с научной литературой с использованием новых информационных источников, применять полученные знания в научно-исследовательской работе	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
УК-6. 2 Знает способы проведения самооценки для определения и реализации приоритетов собственной деятельности	
знать об основных достижениях и нерешенными проблемах современной физики элементарных частиц, фундаментальные основы физики элементарных частиц, принципах Модели Великого объединения,	Лекции; Практические занятия; 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: 2					
Дидактическая единица: Классическая физика					

1. Исторический экскурс. Классическая механика. Преобразования Галилея. Законы Ньютона. Электродинамика Максвелла. Уравнения Максвелла. Нарушение преобразований Галилея при описании световых явлений. Эксперименты Физо и Майкельсона. Преобразования Лоренца. Специальная теория относительности. Проблемы классической физики: излучение абсолютно черного тела, фотоэффект, спектры излучения атом	1	0	0	УК-6.2	Лекция
Дидактическая единица: Строение атома					
2. Эксперимент Резерфорда. Волновые свойства частиц. Интерференция и дифракция электронов. Эксперимент Томсона. Соотношение неопределенности. Создание квантовой механики. Волны де-Бройля. Экспериментальное обнаружение волновых свойств частиц. Волновые пакеты и соотношение неопределенности. Уравнение Шредингера. Волновые функции. Некоторые решения уравнения Шредингера. Теория водородоподобного атома. Спектр излучения. Тонкая структура уровней водородоподобного атома. Экспериментальное открытие спина электрона. Спин частицы. Принцип Паули. Электрический заряд и магнитный дипольный момент. Уравнение Дирака. Открытие позитрона. Лэмбовский сдвиг.	2	0	0	ПК-1.В/НА.1,УК-6.2	Лекция
Дидактическая единица: Методы исследования в физике элементарных частиц (ФЭЧ).					

3. Инвариантная масса. Встречные пучки. Методика экспериментов на встречных пучках. Эксперименты на встречных пучках в ИЯФ СО РАН. Детекторы для встречных пучков и их основные параметры. Светимость и методы ее измерения. Система единиц, используемая в ФЭЧ. Основы математической статистики. Эффективное сечение рассеяния. Формфакторы. Аномальный магнитный момент электрона. Метод резонансной деполяризации. Прецизионное измерение масс элементарных частиц. Исследование структуры протона и нейтрона. Упругие формфакторы нуклона. Глубоконеупругое рассеяние. Взаимодействия и их описание в ФЭЧ (Качественное понимание).	2	0	0	УК-6.2	Лекция
4. Таблицы свойств частиц. Фермионы и бозоны. Основные квантовые числа ЭЧ. Времена жизни ЭЧ. Античастицы. Современная классификация ЭЧ. Переносчики взаимодействий. Лептоны. Кварки. Адроны и мезоны. Работа с таблицами свойств частиц. PDG и CODATA группы	2	0	0	УК-6.2	Лекция
5. Строгие и нестрогие законы сохранения. Аддитивные законы сохранения. Эксперименты по поиску несохранения барионного числа. Изотопический спин. Операции C, P, T. Обнаружение нарушения P-четности в слабых взаимодействиях. Нейтральные каоны. K0 - K0-смешивание. Нарушение CP-инвариантности в слабых взаимодействиях. CPT-теорема. Экспериментальная проверка CPT-теоремы.	2	0	2	УК-6.2	Лекция

6. Диаграммы Фейнмана. Основные понятия диаграммной техники. Виртуальные частицы. Вакуумные флуктуации. Расходимости и идея перенормировок. Действие и Лагранжиан. Принцип наименьшего действия. Примеры из классической физики. Действие в квантовой физике. Интегралы по траекториям.	2	0	0	УК-6.2	Лекция
Дидактическая единица: Механизмы взаимодействия ЭЧ.					
7. Электромагнитное взаимодействие.	2	0	0	УК-6.2	Лекция
8. Сильное взаимодействие. Слабое взаимодействие.	2	0	0	УК-6.2	Лекция
10. Стандартная модель. Великое объединение.	1	0	0	ПК-1.В/НА.1,УК-6.2	Лекция

Темы практических занятий	Часы	Из них в форме практ. подг., час.	Активные формы, час.	Индикаторы достижения компетенций	Учебная деятельность
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Строение атома					
1. Эксперимент Резерфорда. Волновые свойства частиц. Интерференция и дифракция электронов. Эксперимент Томсона. Соотношение неопределенности. Создание квантовой механики. Волны де-Бройля. Экспериментальное обнаружение волновых свойств частиц. Волновые пакеты и соотношение неопределенности. Уравнение Шредингера. Волновые функции. Теория водородоподобного атома. Спектр излучения. Тонкая структура уровней водородоподобного атома. Экспериментальное открытие спина электрона. Спин частицы. Принцип Паули. Электрический заряд и магнитный дипольный момент. Уравнение Дирака. Открытие позитрона. Лэмбовский сдвиг.	4	2	4	ПК-1.В/НА.1,УК-6.2	Некоторые решения уравнения Шредингера и их интерпретация
Дидактическая единица: Методы исследования в физике элементарных частиц (ФЭЧ).					

2. Инвариантная масса. Встречные пучки. Методика экспериментов на встречных пучках. Эксперименты на встречных пучках в ИЯФ СО РАН. Детекторы для встречных пучков и их основные параметры. Светимость и методы ее измерения. Система единиц, используемая в ФЭЧ. Основы математической статистики. Эффективное сечение рассеяния. Формфакторы. Аномальный магнитный момент электрона. Метод резонансной деполяризации. Прецизионное измерение масс элементарных частиц. Исследование структуры протона и нейтрона. Упругие формфакторы нуклона. Глубоконеупругое рассеяние.	2	4	2	ПК-1.В/НА.1,УК-6.2	Структурированное описание взаимодействий в ФЭЧ.
3. Таблицы свойств частиц. Фермионы и бозоны. Основные квантовые числа ЭЧ. Времена жизни ЭЧ. Античастицы. Современная классификация ЭЧ. Переносчики взаимодействий. Лептоны. Кварки. Адроны и мезоны.	2	2	2	ПК-1.В/НА.1,УК-6.2	Работа с таблицами свойств частиц. PDG и CODATA группы
4. Строгие и нестрогие законы сохранения. Аддитивные законы сохранения. Эксперименты по поиску несохранения барионного числа. Изотопический спин. Операции C, P, T. Обнаружение нарушения P-четности в слабых взаимодействиях. Нейтральные каоны. K0 - K0-смешивание. CPT-теорема. Экспериментальная проверка CPT-теоремы.	2	4	2	ПК-1.В/НА.1,УК-6.2	Решение задач на поиск нарушения CP-инвариантности в слабых взаимодействиях.

5. Диаграммы Фейнмана. Основные понятия диаграммной техники. Вакуумные флуктуации. Расходимости и идея перенормировок. Действие и Лагранжиан. Принцип наименьшего действия. Примеры из классической физики. Действие в квантовой физике. Интегралы по траекториям.	2	0	2	ПК-1.В/НА.1	Классификация виртуальных частиц.
Дидактическая единица: Механизмы взаимодействия ЭЧ.					
6. Электромагнитное взаимодействие.	2	2	2	ПК-1.В/НА.1	Решение задач на применение принципов электромагнитного взаимодействия.
7. Сильное взаимодействие. Слабое взаимодействие.	2	0	2	ПК-1.В/НА.1	Моделирование процессов сильного и слабого взаимодействия.

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Эксперимент Резерфорда. Волновые свойства частиц. Интерференция и дифракция электронов. Эксперимент Томсона. Соотношение неопределенности. Создание квантовой механики. Волны де-Бройля. Экспериментальное обнаружение волновых свойств частиц. Волновые пакеты и соотношение неопределенности. Уравнение Шредингера. Волновые функции. Теория водородоподобного атома. Спектр излучения. Тонкая структура уровней водородоподобного атома. Экспериментальное открытие спина электрона. Спин частицы. Принцип Паули. Электрический заряд и магнитный дипольный момент. Уравнение Дирака. Открытие позитрона. Лэмбовский сдвиг.	Пр	Выполняет следующие виды работ: некоторые решения уравнения Шредингера и их интерпретация
2	Инвариантная масса. Встречные пучки. Методика экспериментов на встречных пучках. Эксперименты на встречных пучках в ИЯФ СО РАН. Детекторы для встречных пучков и их основные параметры. Светимость и методы ее измерения. Система единиц, используемая в ФЭЧ. Основы математической статистики. Эффективное сечение рассеяния. Формфакторы. Аномальный магнитный момент электрона. Метод резонансной деполяризации. Прецизионное измерение масс элементарных частиц. Исследование структуры протона и нейтрона. Упругие формфакторы нуклона. Глубоконеупругое рассеяние.	Пр	Выполняет следующие виды работ: структурированное описание взаимодействий в ФЭЧ.

3	Таблицы свойств частиц. Фермионы и бозоны. Основные квантовые числа ЭЧ. Времена жизни ЭЧ. Античастицы. Современная классификация ЭЧ. Переносчики взаимодействий. Лептоны. Кварки. Адроны и мезоны.	Пр	Выполняет следующие виды работ: работа с таблицами свойств частиц. PDG и CODATA группы
4	Строгие и нестрогие законы сохранения. Аддитивные законы сохранения. Эксперименты по поиску несохранения барионного числа. Изотопический спин. Операции C, P, T. Обнаружение нарушения P-четности в слабых взаимодействиях. Нейтральные каоны. K0 - K0- смешивание. CPT-теорема. Экспериментальная проверка CPT-теоремы.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач на поиск нарушения CP-инвариантности в слабых взаимодействиях.
5	Электромагнитное взаимодействие.	Пр	Выполняет следующие виды работ: решение задач на применение принципов электромагнитного взаимодействия.

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 2				
1	Контрольные работы	ПК-1.В/НА.1	42	3
: Общая физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц : учебно-методическое пособие / Н. И. Анисимова, Ю. А. Го-роховатский, Е. А. Карулина [и др.] ; под общей редакцией Ю. А. Гороховатского. — Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2018. — 183 с. — ISBN 978–5–8064–2540–0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/136725 (дата обращения: 10.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
2	Подготовка к занятиям	ПК-1.В/НА.1,УК-6.2	23	0
: Общая физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц : учебно-методическое пособие / Н. И. Анисимова, Ю. А. Го-роховатский, Е. А. Карулина [и др.] ; под общей редакцией Ю. А. Гороховатского. — Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2018. — 183 с. — ISBN 978–5–8064–2540–0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/136725 (дата обращения: 10.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
3	Подготовка к аттестации	УК-6.2	42	0
: Общая физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц : учебно-методическое пособие / Н. И. Анисимова, Ю. А. Го-роховатский, Е. А. Карулина [и др.] ; под общей редакцией Ю. А. Гороховатского. — Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2018. — 183 с. — ISBN 978–5–8064–2540–0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/136725 (дата обращения: 10.03.2023). — 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; Социальные сети; Среда электронного обучения НГТУ
Консультирование	e-mail; Портал НГТУ
Контроль	Среда электронного обучения НГТУ
Размещение учебных материалов	Портал НГТУ; 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: 2		
Практические занятия:	15	30
Контрольные работы:	15	30
Экзамен:	20	40

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

Таблица 4.2

Коды компетенций	Индикаторы достижения компетенций	Формы контроля	
		Контр. раб.	Экзамен
ПК-1.В/НА	ПК-1.В/НА 1. Умеет обобщать результаты проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью оптимизации и усовершенствования имеющихся ядерно-энергетических технологий	+	+
УК-6	УК-6 2. Знает способы проведения самооценки для определения и реализации приоритетов собственной деятельности	+	+

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

5. Литература

Основная литература

1. Проскурякова, Е. А. Физика элементарных частиц : учебное пособие / Е. А. Проскурякова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 104 с. — ISBN 978-5-8114-2232-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/212459 (дата обращения: 10.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Мухин, К. Н. Физика : учебник для вузов : в 3 томах / К. Н. Мухин. — 8-е изд, стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022 — Том 3 : Физика элементарных частиц — 2022. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-9777-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/199919 (дата обращения: 10.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Савельев, И. В. Курс физики. В 3 томах. Том 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц / И. В. Савельев. — 9-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 308 с. — ISBN 978-5-507-47404-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/367055 (дата обращения: 04.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Тюрин, Ю. И. Физика. Ядерная физика. Физика элементарных частиц. Астрофизика : учебник / Ю. И. Тюрин, И. П. Чернов, Ю. Ю. Крючков. — Томск : ТПУ, 2009. — 252 с. — ISBN 978-5-98298-647-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/10284 (дата обращения: 10.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Саранин, В. А. Основы физики ядра и элементарных частиц : учебное пособие / В. А. Саранин. — Глазов : ГГПИ им. Короленко, 2007. — 49 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118657 (дата обращения: 10.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Интернет-ресурсы

1. Астрофизика : журнал / Springer Nature : сайт. – Швейцария, 2023 – ISSN: 1573-8191(online), 0571-7256(print). – URL: https://link.springer.com/journal/10511/volumes-and-issues/65-4 (дата обращения: 14.06.2023). – Текст : электронный.

2. Попов Сергей Борисович, д-р физ.-мат. наук : [персон. сайт]. – URL: http://xray.sai.msu.ru/~polar/sci_rev/pop2/popov/ (дата обращения: 16.06.2023). – Содерж.: лекции по астрофизике и др. – Текст : электронный.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Общая физика. Физика атомного ядра и элементарных частиц : учебно-методическое пособие / Н. И. Анисимова, Ю. А. Го-роховатский, Е. А. Карулина [и др.] ; под общей редакцией Ю. А. Гороховатского. — Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2018. — 183 с. — ISBN 978–5–8064–2540–0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/136725 (дата обращения: 10.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Пакет офисных приложений Microsoft Office

2 пакет программ для численного анализа данных и научной графики OriginLab Corporation Origin

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