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

Кафедра электрофизических установок и ускорителей

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН АВТФ
к.т.н. Рева И. Л.

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Конструирование электрофизических установок и ускорителей

Образовательная программа: 12.04.01 Приборостроение, магистерская программа: Информационно-измерительные и управляющие системы в ускорителях заряженных частиц

Курс: 1, семестры : 1 2

Факультет автоматики и вычислительной техники,

		Семестр	
№	Вид деятельности	1	2
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4	3
2	Всего часов	144	108
3	Всего занятий в контактной форме, час.	47	44
4	Лекции, час.	36	36
5	Практические занятия, час.	0	0
6	Лабораторные занятия, час.	0	0
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	14	4
8	из них практической подготовки, час.	4	0
9	Аттестация, час.	2	2
10	Консультации, час.	9	6
11	Самостоятельная работа, час.	97	64
12	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ(Р)/реферат, подготовка к контрольной работе)	Р контр.	контр.
13	Вид аттестации	Э	3

Новосибирск 2026

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 12.04.01 Приборостроение

ФГОС введен в действие приказом №957 от 22.09.2017 г. , дата утверждения: 10.10.2017 г.

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

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 12.04.01 Приборостроение

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭФУиУ, 31.08.2026

Утверждена на совете факультета автоматики и вычислительной техники, протокол № 8 от 31.08.2026

Заведующий кафедрой:

с.н.с., д.ф-м.н. Бурдаков А. В.

Ответственный за образовательную программу:

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Группа	Компетенции
	Индикаторы достижения компетенций
Профессиональные компетенции	ПК-2.В/ПТ Способность осуществлять метрологическое обеспечение профессиональной деятельности
	ПК-2.В/ПТ. 2 Знает основные физические эффекты, используемые для получения измерительной информации, и способы их аппаратной реализации
Профессиональные компетенции	ПК-9.В/НА Способен проектировать и эксплуатировать электрофизические установки и ускорители
	ПК-9.В/НА. 1 Умеет проектировать измерительные и управляющие элементы ускорителей
	ПК-9.В/НА. 2 Знает физические основы устройства и функционирования ускорителей частиц

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

Таблица 2.1

Индикаторы достижения компетенций	Формы организации занятий
Результаты обучения	
ПК-2.В/ПТ. 2 Знает основные физические эффекты, используемые для получения измерительной информации, и способы их аппаратной реализации	
знает методики расчета и проектирования основных магнитных элементов ускорителей и электронноoптических каналов для заданного угла поворота, апертуры и энергии частиц; расчет вакуумных условий	Лекции; Самостоятельная работа
ПК-9.В/НА. 1 Умеет проектировать измерительные и управляющие элементы ускорителей	
умеет обоснованно выбрать материалы для деталей установки; находить реальные умеет определить источники тепла в конструкции и оценить количество выделяющегося тепла; спроектировать разъемные и неразъемные вакуумноплотные соединения, вводы в вакуум;	Лекции;
ПК-9.В/НА. 2 Знает физические основы устройства и функционирования ускорителей частиц	
знать основные технические проблемы, связанные с созданием оборудования, необходимого для эксперимента	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: 1					
Дидактическая единица: Основы вакуумной техники					
1. Предмет и содержание курса. Структура современных электрофизических установок. Основные инженерные, технические и технологические проблемы.	2	2	4	ПК-2.В/ПТ. 2,ПК-9.В/НА.2	Обзор основных современных электрофизических установок

2. Основные материалы, применяемые в вакуумной технике (стали, цветные металлы и их сплавы, тугоплавкие металлы, спецсплавы, стекло, керамика, прочие неметаллические материалы).	4	0	2	ПК-9.В/НА.1	Лекция
3. Скорость откачки объекта. Проводимость и режимы течения разреженного газа. Основное уравнение вакуумной техники.	2	0	2	ПК-9.В/НА.1	Лекция
4. Основы вакуумной техники. Основные понятия и определения, процесс откачки. Вакуумные насосы: адсорбционные, механические, диффузионные, магниторазрядные, сублимационные, турбомолекулярные и криогенные. Вакуумные ловушки.	4	0	2	ПК-9.В/НА.1	Лекция
5. Поток газа в откачиваемом объеме. Газоотделение, газопроницаемость и натекание через неплотности и соединения. Суммарный газовый поток. Дифференциальная откачка.	2	2	0	ПК-2.В/ПТ.2,ПК-9.В/НА.2	Расчет суммарного газового потока
Дидактическая единица: Вакуумноплотные соединения и вводы					
6. Неразъемные вакуумноплотные соединения. Вакуумноплотная сварка металлов. Вакуумноплотная пайка металлов. Вакуумноплотные соединения металлов с керамикой. Вакуумноплотные металлостеклянные спаи.	2	0	0	ПК-9.В/НА.1,ПК-9.В/НА.2	Лекция
7. Разъемные вакуумноплотные соединения. Соединения с резиновыми уплотнителями. Соединения с индиевыми уплотнителями. Соединения с алюминиевыми и медными уплотнителями. Уплотнения для соединений диаметром свыше 1500 мм.	4	0	4	ПК-9.В/НА.1,ПК-9.В/НА.2	Лекция

8. Вводы в вакуум. Вводы движения в вакуум: вводы с неметаллическими уплотнителями, вводы с металлическими разделителями. Электрические вакуумные вводы.	4	0	0	ПК-2.В/ПТ.2,ПК-9.В/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Основы расчета тепловыделения и теплоотвода					
9. Тепловыделение в электрофизических установках. Источники выделения тепла: прохождение по деталям электрического тока, излучение со стороны какого-то нагретого тела, бомбардировка заряженными частицами.	4	0	0	ПК-9.В/НА.1,ПК-9.В/НА.2	Лекция
10. Теплоотвод и распределение температур. Теплопроводность: теплопроводность плоской стенки, теплопроводность цилиндрической стенки, контактная теплопроводность. Конвективный теплообмен: закон Ньютона, режимы течения жидкости и газа, теория подобия и конвективный теплообмен. Тепловое излучение: потоки излучения, теплообмен излучением между телами, тепловые экраны. Нестационарные процессы: время выхода на режим, установившийся режим при импульсном нагреве.	4	0	0	ПК-9.В/НА.1,ПК-9.В/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Основы проектирования электромагнитных устройств					
11. Общие вопросы проектирования электромагнитных устройств. Основные свойства ферромагнитных материалов; магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Кривая намагничивания.	2	0	0	ПК-2.В/ПТ.2	Лекция
12. Силовое действие магнитного поля. Тяговые электромагниты: клапанные и прямоходовые.	2	0	0	ПК-2.В/ПТ.2	Лекция
Семестр: 2					
Дидактическая единица: Основные магнитные элементы ускорителей					

13. Классификация ускорителей заряженных частиц, назначение, основные тенденции развития. Устойчивость движения частиц в ускорителях, показатель спада магнитного поля. Принцип мягкой и сильной фокусировки.	4	0	0	ПК-2.В/ПТ.2,ПК-9.В/НА.2	Лекция
14. Основные магнитные элементы ускорителей (накопителей) заряженных частиц и электронноoптических каналов. Поворотные магниты, корректоры, осесимметричные магнитные линзы, квадрупольные линзы, линзы Пановского, секступольные и октупольные линзы и т. п.	6	0	2	ПК-9.В/НА.1,ПК-9.В/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Циклические ускорители и накопители					
15. Синхротроны. Принцип действия, выбор параметров, конструктивные особенности основных систем, магнитная и вакуумная системы, ускорительная система, особенности выпуска и впуска, вспомогательные устройства. Современные тенденции в конструкциях синхротронов.	4	0	0	ПК-2.В/ПТ.2	Лекция
16. Накопители заряженных частиц. Назначение и классификация. Принципиальные особенности магнитной, вакуумной и высокочастотной систем накопителей. Конструкции накопителей ВЭПП-2, ВЭПП-2М, ВЭПП-3, ВЭПП-4. Накопители электронов специализированные источники синхротронного излучения.	6	0	0	ПК-2.В/ПТ.2,ПК-9.В/НА.2	Лекция

17. Конструкции циклических ускорителей. Циклотрон. Принцип действия, особенности конструкции, основные системы. Микротрон: основные системы и соотношения, темп ускорения. Особенности конструкции многодорожечных разрезных микротронов. Бетатроны: конструктивные особенности и область применения. Варианты конструкции.	4	0	2	ПК-2.В/ПТ.2,ПК-9.В/НА.2	Лекция
Дидактическая единица: Электрофизические установки для проведения исследований в области управляемого термоядерного синтеза					
18. Электрофизические установки для проведения исследований в области управляемого термоядерного синтеза (УТС). Магнитные ловушки открытого типа. Замкнутые магнитные ловушки.	6	0	0	ПК-9.В/НА.1,ПК-9.В/НА.2	Лекция
19. Плазменные установки ИЯФ. Ловушки с вращающейся плазмой (ПСП), амбиполярные адиабатические ловушки (АМБАЛ), многопробочные ловушки и газодинамическая ловушка (ГДЛ). Особенности конструкции и расчетов.	6	0	0	ПК-2.В/ПТ.2,ПК-9.В/НА.2	Лекция

3.1 Практическая подготовка

Таблица 3.2

№	Темы занятий	Формы организации занятий	Содержание практической подготовки (виды работ)
1	Предмет и содержание курса. Структура современных электрофизических установок. Основные инженерные, технические и технологические проблемы.	Л	Выполняет следующие виды работ: обзор основных современных электрофизических установок
2	Поток газа в откачиваемом объеме. Газоотделение, газопроницаемость и натекание через неплотности и соединения. Суммарный газовый поток. Дифференциальная откачка.	Л	Выполняет следующие виды работ: расчет суммарного газового потока

3.2 Самостоятельная работа обучающегося

Таблица 3.3

№	Виды самостоятельной работы	Индикаторы достижения компетенций	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	Контрольные работы	ПК-9.В/НА.2	42	7

: Ярмонов, А. Н. Вакуумные технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 306 с. — ISBN 978-5-398-01449-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 (дата обращения: 01.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
2	РГЗ/Реферат	ПК-9.В/НА.2	20	0
: Ярмонов, А. Н. Вакуумные технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 306 с. — ISBN 978-5-398-01449-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 (дата обращения: 01.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
3	Подготовка к занятиям	ПК-9.В/НА.2	10	0
: Ярмонов, А. Н. Вакуумные технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 306 с. — ISBN 978-5-398-01449-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 (дата обращения: 01.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
4	Дополнительная учебная деятельность	ПК-2.В/ПТ.2	23	0
: Ярмонов, А. Н. Вакуумные технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 306 с. — ISBN 978-5-398-01449-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 (дата обращения: 01.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
5	Подготовка к аттестации	ПК-9.В/НА.2	2	2
: Ярмонов, А. Н. Вакуумные технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 306 с. — ISBN 978-5-398-01449-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 (дата обращения: 01.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
Семестр: 2				
1	Контрольные работы	ПК-9.В/НА.2	40	0
: Ярмонов, А. Н. Вакуумные технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 306 с. — ISBN 978-5-398-01449-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 (дата обращения: 01.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
2	Подготовка к занятиям	ПК-9.В/НА.2	4	6
: Ярмонов, А. Н. Вакуумные технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 306 с. — ISBN 978-5-398-01449-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 (дата обращения: 01.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
3	Дополнительная учебная деятельность	ПК-2.В/ПТ.2	11	0
: Ярмонов, А. Н. Вакуумные технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 306 с. — ISBN 978-5-398-01449-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 (дата обращения: 01.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.				
4	Подготовка к аттестации	ПК-9.В/НА.2	9	0
: Ярмонов, А. Н. Вакуумные технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 306 с. — ISBN 978-5-398-01449-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 (дата обращения: 01.03.2023). — 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

Консультирование	e-mail; Портал 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: 1		
Контрольные работы:	10	20
РГЗ/Реферат:	20	40
Экзамен:	20	40
Семестр: 2		
Контрольные работы:	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**			
		Контр. раб.	**Защита РГЗ/Р**	**Зачет**	**Экзамен**
ПК-2.В/ПТ	ПК-2.В/ПТ 2. Знает основные физические эффекты, используемые для получения измерительной информации, и способы их аппаратной реализации	+	+	+	+
ПК-9.В/НА	ПК-9.В/НА 1. Умеет проектировать измерительные и управляющие элементы ускорителей	+	+	+	+
	ПК-9.В/НА 2. Знает физические основы устройства и функционирования ускорителей частиц	+	+	+	+

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

5. Литература

Основная литература

1. Конструирование блоков радиоэлектронных средств : Учебное пособие для вузов / Д. Ю. Муромцев, О. А. Белоусов, И. В. Тюрин, Р. Ю. Курносов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 288 с. — ISBN 978-5-507-44388-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/226472 (дата обращения: 30.04.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Юдаев, И. В. Электрический нагрев: основы физики процессов и конструктивных расчетов : учебное пособие / И. В. Юдаев, Е. Н. Живописцев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-2775-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/212636 (дата обращения: 30.04.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Инженерная графика : учебник для вузов / Н. П. Сорокин, Е. Д. Ольшевский, А. Н. Заикина, Е. И. Шибанова. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 432 с. — ISBN 978-5-507-50923-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/487721 (дата обращения: 30.04.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Колпаков, Г. Н. Конструкции твэлов, каналов и активных зон энергетических реакторов : учебное пособие / Г. Н. Колпаков, О. В. Селиваникова. — Томск : ТПУ, 2009. — 118 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/10265 (дата обращения: 22.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Электрооборудование для электротехнологических установок : учебное пособие / составители А. Е. Немировский [и др.]. — Вологда : ВоГУ, 2017. — 75 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/171263 (дата обращения: 22.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Гуров, Ю. Б. Телескопические полупроводниковые детекторы для ускорительных экспериментов : учебное пособие / Ю. Б. Гуров, Б. А. Чернышев. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. — 96 с. — ISBN 978-5-7362-1588-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/75932 (дата обращения: 22.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Интернет-ресурсы

1. Промышленные ускорители. – Текст : электронный / Институт ядерной физики имени Г. И. Будкера СО РАН : сайт. – 2023. – URL: https://inp.nsk.su/sobytia (дата обращения: 18.04.2023).

2. Виноградов А. Конструирование ядерных реакторов в 21-ом веке / А. Виноградов // Информационное агентство «ПРоАтом» : сайт. – Санкт-Петербург. – URL: http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=9988 (дата обращения: 16.06.2023). – Текст : электронный.

6. Методическое и программное обеспечение, информационные технологии

6.1 Методическое обеспечение

1. Ярмонов, А. Н. Вакуумные технологии : учебное пособие / А. Н. Ярмонов. — Пермь : ПНИПУ, 2015. — 306 с. — ISBN 978-5-398-01449-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/160773 (дата обращения: 01.03.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Дудкина М. П. Организация самостоятельной работы студентов Новосибирского государственного технического университета : учебно-методическое пособие / М. П. Дудкина, Ю. В. Никитин ; Новосиб. гос. техн. ун-т.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022.- 61, [1] с. : табл.- Текст : непосредственный.- Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=223022

6.2 Специализированное программное обеспечение

1 Пакет офисных приложений Microsoft Office

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

3 Выполение графической части РГЗ на профессиональном уровне Autodesk Autodesc AutoCAD

4 Программа автоматизации научно-технических вычислений MathWorks MATLAB

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