

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский национальный исследовательский государственный университет»
(Новосибирский государственный университет, НГУ)

**Физический факультет
Кафедра физики ускорителей**



Рабочая программа дисциплины

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ЭФУ

направление подготовки: **03.04.02 Физика**
профиль (направленность) (профиль): **Общая и фундаментальная физика**

Форма обучения
Очная

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	36	16			18				2	
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 18 часов										
Компетенции: ПК-1										

Руководитель программы
д.ф.-м.н.

И. Б. Логашенко

Новосибирск, 2022

Содержание:

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.	3
3. Трудоёмкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.	4
5. Перечень учебной литературы.	6
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.	6
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.	6
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.	6
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.	7
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.	7

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Цель данного курса лекций – познакомить слушателей с требованиями на вакуумные системы современных ускорителей, методами их расчета и примерами практической реализации.

Вакуумная система является неотъемлемой частью ускорителей заряженных частиц и комплексов на их основе, создаваемых для фундаментальных исследований и прикладных целей. Основной акцент сделан на определяющую роль поверхности в сверхвысоковакуумных установках. Лекции содержат обширный материал по экспериментальным исследованиям десорбции молекул газа с поверхности вакуумных камер в присутствии ионизирующего излучения.

Дисциплина «Электрофизическая прочность ЭФУ» предназначена для обучения бакалавров-физиков основам вакуумной техники применительно к линейным и циклическим ускорителям.

Дисциплина нацелена на формирование у обучающегося профессиональной компетенции:

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
ПК-1 Способен использовать специализированные знания в области физики при решении поставленных задач в научно-исследовательской деятельности в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	<p>ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p> <p>ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.</p>	<p>Знать принципы работы и конструкции вакуумных насосов и датчиков давления, основные физические явления, влияющие на уровень давления остаточного газа в ускорителях.</p> <p>Уметь проводить концептуальное проектирование сложных вакуумных систем с распределенной газовой нагрузкой, расчёты профиля динамического давления в протяженных вакуумных структурах.</p> <p>Владеть аналитическими и численными методами расчета молекулярных потоков, методами расчёта и оптимизации вакуумных систем.</p>

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Электрофизическая прочность ЭФУ» реализуется в осеннем семестре 1-го курса магистратуры для студентов, обучающихся по направлению подготовки 03.04.02 Физика. Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой физики ускорителей.

Студенты, приступающие к изучению этой дисциплины, должны иметь общую базовую подготовку в рамках программы первых четырех лет обучения в ВУЗе, в том числе:

- Математический анализ;
- Электродинамика;
- Радиоэлектроника

Этот курс должен предшествовать выполнению квалификационной работы бакалавра по данной специализации, т.к. дает бакалавру необходимые знания и навыки при проектировании и работе с электрическими подсистемами ускорительных комплексов.

3. Трудоемкость дисциплины в зачётных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу.

Семестр	Общий объем	Виды учебных занятий (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)				
		Контактная работа обучающихся с преподавателем			Самостоятельная работа, не включая период сессии	Самостоятельная подготовка к промежуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия			Консультации	Зачет	Дифференцированный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	36	16			18				2	
Всего 36 часов / 1 зачётная единица, из них: - контактная работа 18 часов										
Компетенции ПК-1										

Реализация дисциплины предусматривает практическую подготовку при проведении следующих видов занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью: лекции, самостоятельная работа студента, дифференцированный зачет.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

- текущий контроль успеваемости: опрос по материалам предыдущей лекции;
- промежуточная аттестация: дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость рабочей программы дисциплины составляет 1 зачетную единицу.

- занятия лекционного типа – 16 часа;
- самостоятельная работа обучающегося в течение семестра, не включая период сессии – 18 часов;
- промежуточная аттестация (дифференцированный зачет) – 2 часа;

Объём контактной работы обучающегося с преподавателем (занятия лекционного типа, дифференцированный зачет) составляет 18 часов.

4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведённого на них количества академических часов и видов учебных занятий.

Дисциплина «Электрофизическая прочность ЭФУ» представляет собой полугодовой курс, читаемый на 1-ом курсе магистратуры физического факультета НГУ в 1-м семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 1 зачетную единицу, 36 академических часов.

В начале курса даются общие сведения о высоковольтных системах и электрических полях. Далее рассматриваются вопросы электроизоляции в вакууме, газе, жидком и твердом диэлектриках. Основное внимание при изложении материала обращено на изучение физических процессов, приводящих к электрическому пробое в соответствующей изоляционной среде. Изучаются также свойства вакуумной изоляции при высокочастотном напряжении.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включающая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)				Промежуточная аттестация (в часах)
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа во время занятий (не включая период сессии)	
				Лекции	Практические занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Характеристика электрических полей в ускоряющих структурах и вспомогательных высоковольтных устройствах ускорительных комплексов. Особая роль вакуумной изоляции	1-2	4	2		2	
2.	Электрическая прочность вакуумной изоляции. Катодный, анодный, микрочастичный и десорбционный механизмы пробоя вакуумных промежутков. Микроразряды. Электрическая прочность вакуумной поверхности твердой изоляции. Вакуумная изоляция при высокочастотном напряжении. Вторично-электронный резонансный разряд. Обзор экспериментальных данных	3-6	6	2		4	
3.	Электрическая прочность газовой изоляции. Основные процессы в газовом промежутке при приложении электрического поля. Таундсендовская и стриммерная формы разряда. Закон Пашена. Коронный разряд. Обзор экспериментальных данных	7-8	8	4		4	
4.	Электрическая прочность твердой изоляции. Тепловой, электрический и электрохимический механизмы пробоя твердой изоляции. Роль частичных разрядов. Обзор экспериментальных данных	9-12	8	4		4	
5.	Электрическая прочность жидкой изоляции. Роль примесей и газовых включений. Старение жидкой изоляции. Обзор экспериментальных данных	13-16	8	4		4	
6.	Дифференцированный зачет	17	2				2
	Всего		36	16		18	2

Программа и основное содержание лекций (16 часов)

Учебный курс «Электрофизическая прочность ЭФУ» носит преимущественно лекционный характер. Изучение и закрепление нового материала происходит на интерактивных лекциях: лекциях-дискуссиях и лекциях с разбором конкретных ситуаций и конкретных примеров построения вакуумных систем.

Самостоятельная работа студентов (18 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Проработка лекций, печатных материалов	18

5. Перечень учебной литературы.

1. Сливков И.Н. Электроизоляция и разряд в вакууме. М. Атомиздат, 1972. (2 экз.)
2. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. М. Наука, 2009 или другие издания. ISBN 978-5-91559-019-8 (6 экз.)
3. Губкин А.Н. Физика диэлектриков. Теория диэлектр. поляризации в постоянн. и перемен. электр. поле: [Учеб. пособие для вузов]. Т.1. Введение в физику диэлектрической поляризации. Общие методы физики диэлектрической поляризации. Макроскопическая теория ..М. : Высш. шк., 1971272 с. : ил. (17 экз.)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся.

Методические материалы на сайте кафедры физики ускорителей ФФ НГУ:
<http://accel.inp.nsk.su/>

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

7.1 Современные профессиональные базы данных

Не используется.

7.2. Информационные справочные системы

Не используются.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для реализации дисциплины «Электрофизическая прочность ЭФУ» используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости

Система контроля включает краткий текущий (по ходу курса) контроль освоения лекционного материала, на котором и основывается окончательная оценка работы студента в течение курса.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается по пятибалльной шкале. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленная компетенция ПК-1 сформирована не ниже порогового уровня в части, относящейся к формированию способности использовать в профессиональной деятельности материал данного курса. Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Соответствие индикаторов и результатов освоения дисциплины

Таблица 10.1

Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК 1.1 Применяет специализированные знания в области физики при решении конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Знать принципы работы и конструкции вакуумных насосов и датчиков давления, основные физические явления, влияющие на уровень давления остаточного газа в ускорителях.	Опрос в начале каждой лекции, экзамен.
ПК 1.2 Выбирает наиболее эффективные методы решения конкретных задач в области научных исследований в соответствии с профилем подготовки в зависимости от специфики объекта исследования.	Уметь проводить концептуальное проектирование сложных вакуумных систем с распределенной газовой нагрузкой, расчёты профиля динамического давления в протяженных вакуумных структурах. Владеть аналитическими и численными методами расчета молекулярных потоков, методами расчёта и оптимизации вакуумных систем.	Опрос в начале каждой лекции, экзамен.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Электрофизическая прочность ЭФУ».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Уровень освоения компетенции			
		Не сформирован (0 баллов)	Пороговый уровень (3 балла)	Базовый уровень (4 балла)	Продвинутый уровень (5 баллов)
1	2	3	4	5	6
Полнота знаний	ПК 1.1	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имеют место грубые ошибки.	Демонстрирует общие знания базовых понятий по темам/разделам дисциплины. Допускается значительное количество негрубых ошибок.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Допускается несколько негрубых/несущественных ошибок. Не отвечает на дополнительные вопросы.	Уровень знаний соответствует программе подготовки по темам/разделам дисциплины. Свободно и аргументированно отвечает на дополнительные вопросы.
Наличие умений	ПК 1.2	Отсутствие минимальных умений. Не умеет решать стандартные задачи. Имеют место грубые	Продемонстрированы частично основные умения. Решены типовые задачи. Допу-	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания с негрубыми ошибками или с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задания в полном объеме без недочетов и ошибок.

		ошибки.	щены негру- бые ошибки.		
Наличие навыков (владение опытом)	ПК 1.2	Отсутствие владения материалом по темам/разделам дисциплины. Нет навыков в решении стандартных задач. Наличие грубых ошибок.	Имеется минимальный набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.	Имеется базовый набор навыков при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. Продемонстрированы знания по решению нестандартных задач.

10.3 Типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Вопросы для промежуточной аттестации (дифференцированный зачет):

1. Характеристика электрических полей в ускоряющих структурах и вспомогательных высоковольтных устройствах ускорительных комплексов. Особая роль вакуумной изоляции.
2. Электрическая прочность вакуумной изоляции. Выступы на поверхности. Природа темновых токов.
3. Катодный, анодный, микрочастичный и десорбционный механизмы пробоя вакуумных промежутков. Сравнение критериев пробоя.
4. Вакуумная изоляция при высокочастотном напряжении. Вторично-электронный резонансный разряд.
5. Электрическая прочность газовой изоляции. Основные процессы в газовом промежутке при приложении электрического поля. Таундсендсовская форма разряда.
6. Электрическая прочность газовой изоляции. Закон Пашена. Стримерная форма разряда.
7. Электрическая прочность газовой изоляции. Коронный разряд. Пробой при импульсном напряжении.
8. Электрическая прочность твердой изоляции. Тепловой, электрический и электрохимический механизмы пробоя твердой изоляции. Роль частичных разрядов.
9. Электрическая прочность жидкой изоляции. Роль примесей и газовых включений. Старение жидкой изоляции.

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям СУОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы
по дисциплине «Электрофизическая прочность ЭФУ»
по направлению подготовки 03.04.02 Физика
Профиль «Общая и фундаментальная физика»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Учёного совета ФФ НГУ	Подпись ответственного