

**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

ИСТОЧНИКИ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Направление подготовки: **03.04.02 Физика**

Направленность (профиль): **Физика. 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 ра- бота, не включая пе- риод сессии	Самостоятельная подготовка к проме- жуточной аттестации	Контактная работа обучающихся с преподавателем			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные за- нятия			Консультации	Зачет	Дифференциро- ванный зачет	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	72	32			18	18	2			2
Всего 72 часа / 2 зачётные единицы, из них: - контактная работа 36 часов										
Компетенции ПК-1										

Руководитель программы
д.ф.-м.н.,

И.Б. Логашенко

Новосибирск, 2026

Содержание

Содержание	2
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.	5
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.....	6
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.

Дисциплина «Источники пучков заряженных частиц» имеет своей целью дать профессионально подготовленным физикам на доступном им высоком уровне информацию о методах получения и формирования пучков заряженных частиц различных типов, которые могут быть использованы для различных, в том числе и ускорительных, применений.

Всюду, где это допускается уровнем знаний и подготовки студентов, материал лекционного курса увязывается с современными исследованиями в области физики источников электронных и позитронных пучков. При изучении курса используются материалы, изложенные в профессиональных изданиях: научных статьях, сборниках трудов конференций, монографиях ведущих специалистов.

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.	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. 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.	Знать свойства и принципы эмиссии электронов из различных типов катодов, различные методы формирования пучков частиц заряженных частиц, факторы, влияющие на качество пучка. Уметь измерять параметры пучков частиц, полученных из источника, оценивать свойства пучков частиц при их получении и транспортировке. Владеть аналитическими методами расчета динамики пучка для различных источников заряженных частиц.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Источники пучков заряженных частиц» реализуется в осеннем семестре 1-го и 2-го курса для магистратов, обучающихся по направлению «03.04.02 Физика». Курс является одной из профессиональных дисциплин по выбору, реализуемых кафедрой физики ускорителей.

Для его восприятия требуется предварительная подготовка студентов по таким физическим дисциплинам как электродинамика, электронная оптика и физика пучков, а также по математике (основы математического анализа, линейная алгебра и геометрия). Дисциплина должна предшествовать выполнению выпускной квалификационной работы т.к. дает магистранту необходимые знания, навыки и предоставляет инструменты для выполнения исследований в области физики ускорителей в рамках ее подготовки.

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.

Трудоёмкость дисциплины составляет: 2 зачётные единицы, 72 часа.

Форма промежуточной аттестации: 1/3 семестр – экзамен.

№		Вид деятельности	Семестр
			1/3
1		Лекции, ч	32
2		Практические занятия, ч	-
3		Лабораторные занятия, ч	-
4		Занятия в контактной форме, ч из них	36
5		аудиторных занятий, ч	32
6		в электронной форме, ч	-
7		консультаций, час.	2
8		промежуточная аттестация, ч	2
9		Самостоятельная работа, час.	36
10		Всего, ч	72

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

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студен- тов 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	10
1	Виды источников заряженных частиц, их применение	1	4	2		2	
2	Формирование пучков заряженных ча- стиц.	2-3	6	4		2	
3	Пушки с высоким первеансом	4-5	8	4		4	
4	Получение электронных и ионных пуч- ков.	6-7	6	4		2	
5	Термоэлектронная эмиссия.	8-9	6	4		2	
6	Фотоэлектронная эмиссия.	10-11	6	4		2	
7	Автоэмиссионные катоды. Ферроэлектри- ческие катоды	12-13	6	4		2	
8	Получение позитронных пучков.	14	3	2		1	

9	Ионные источники	15-16	5	4		1	
10	Самостоятельная работа в период промежуточной аттестации		18				18
11	Групповая консультация		2				2
12	Экзамен		2				2
	Всего		72	32		18	22

Программа и основное содержание лекций (32 часа)

Раздел 1. Виды источников заряженных частиц. (4 часа)

Раздел 2. Формирование пучков заряженных частиц. (4 часа)

Процесс эмиссии электронов и формирование пучка. Формирование ионного пучка. Электростатическая фокусировка. Магнитная фокусировка. Теорема Буша.

Раздел 3. Пушки с высоким первеансом (4 часа)

Первеанс. Пушка Пирса с плоским и сферическим катодом. Анодная линза.

Раздел 4. Получение электронных и ионных пучков. (4 часа)

Раздел 5. Термоэлектронная эмиссия. (4 часа)

Термоэмиссионные катоды. Термоэлектронная эмиссия с поверхности металлов. Закон Ричардсона-Дэшмана. Эмиссия с активированной поверхности. Эмиссия с поверхности полупроводника (BaO).

Раздел 6. Фотоэлектронная эмиссия. (4 часа).

Три стадии фотоэмиссии. Металлические фотокатоды. Полупроводниковые фотокатоды. Фотокатоды с отрицательным электронным средством.

Раздел 7. Автоэмиссионные катоды. Ферроэлектрические катоды. (2 часа).

Раздел 8. Получение позитронных пучков (2 часа).

Источники позитронов для ускорителей на встречных пучках. Конверсионные мишени. Выбор материала для конверсионной мишени источника позитронов. Энергетическое и угловое распределение позитронов на выходе мишени. Акцептанс соленоида и согласующее устройство. Четвертьволновое согласующее устройство. Концентратор потока.

Раздел 9. Ионные источники (4 часа).

Виды ионных источников, характерные параметры. Применение ионных источников.

Самостоятельная работа студентов (36 часов)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Изучение материалов лекций, подготовка к опросам	13
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	5
Подготовка к экзамену	18

5. Перечень учебной литературы.

1. Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки, Энергоатомиздат, 1991г., ISBN 5-283-03973-0 (3 экз.)

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

Самостоятельная работа студентов поддерживается следующими учебными пособиями:

1. Миллер Р. Б. Введение в физику сильноточных пучков заряженных частиц / Пер.с англ.А.В.Агафонова; Под ред.А.А.Коломенского — М.: Мир, 1984 (1 экз.)

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 «Источники пучков заряженных частиц» 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 промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости осуществляется в ходе семестра путем опроса в начале каждой лекции по материалам предыдущей лекции.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. 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 специализированные знания материала данного курса.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит в конце семестра на экзамене. Экзамен проводится по билетам в устной форме. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенции ПК-1.

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. Критерии и шкалы оценивания индикаторов достижения результатов обучения отражены в Таблице 10.2.

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 свойства и принципы эмиссии электронов из различных типов катодов, различные методы формирования пучков частиц заряженных частиц, факторы, влияющие на качество пучка.	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 измерять параметры пучков частиц, полученных из источника, оценивать свойства пучков частиц при их получении и транспортировке. Владеть аналитическими методами расчета динамики пучка для различных источников заряженных частиц.	Опрос в начале каждой лекции, экзамен.

10.2 Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине «Источники пучков заряженных частиц».

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<u>Дифференцированный зачет:</u> – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, – точность и корректность применения терминов и понятий, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. При изложении ответа на вопрос(ы) преподавателя обучающийся мог допустить не принципиальные неточности.	<i>Отлично</i>
<u>Дифференцированный зачет:</u> – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, – точность и корректность применения терминов и понятий при наличии незначительных ошибок, – наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок.	<i>Хорошо</i>
<u>Дифференцированный зачет:</u> – самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, а также затруднений при формулировке собственных суждений, – корректность применения терминов и понятий, с множественными ошибками, – наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы.	<i>Удовлетворительно</i>
<u>Дифференцированный зачет:</u> – отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала, – грубые ошибки в применении терминов и понятий, – отсутствие ответов на дополнительные вопросы.	<i>Неудовлетворительно</i>

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

Вопросы к экзамену

1. Процесс эмиссии электронов и формирование пучка.
2. Эволюция функции распределения электронов по энергии при ускорении пучка.
3. Быстрое и адиабатическое ускорение.
4. Определение электронной температуры и процессы температурной релаксации в электронном пучке после ускорения.
5. Закон Ричардсона-Дэшмана Термоэлектронная эмиссия с поверхности металлов.
6. Эмиссия с активированной поверхности. Эмиссия с поверхности полупроводника (BaO).
7. Фотоэлектронная эмиссия. Три стадии фотоэмиссии.
8. Металлические фотокатоды. Полупроводниковые фотокатоды.
9. Фотокатоды с отрицательным электронным сродством.
10. Источники позитронов для ускорителей на встречных пучках.
11. Энергетическое и угловое распределение позитронов на выходе мишени.
12. Выбор материала для конверсионной мишени источника позитронов.
13. Акцептанс соленоида и согласующее устройство.
14. Четвертьволновое согласующее устройство. Концентратор потока.

Пример экзаменационного билета

1. Закон Ричардсона-Дэшмана Термоэлектронная эмиссия с поверхности металлов.
2. Энергетическое и угловое распределение позитронов на выходе мишени.

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.