

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки**  
**«Институт ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН»**

УТВЕРЖДАЮ  
директор ИЯФ СО РАН,

академик \_\_\_\_\_ П.В.Логачев

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**МЕТОДЫ УСКОРЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ.**

Рабочая программа дисциплины

Направление подготовки

**03.06.01 Физика и астрономия (уровень подготовки кадров высшей квалификации)**

Общая трудоемкость дисциплины: 3 зачетные единицы – **108** часа.

Форма промежуточной аттестации: зачет

Виды деятельности:

Лекции	34	контактная работа обучающихся с преподавателем	34
Семинарские занятия			
Самостоятельная работа	70	занятия в активной и интерактивной форме	34
Консультации			
Зачеты	4	Экзамены	

**Новосибирск- 2018**

Программа дисциплины «Методы ускорения заряженных частиц» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного стандарта высшего образования по направлению подготовки «03.06.01 Физика и астрономия» (уровень подготовки кадров высшей квалификации).

Дисциплина имеет своей целью:

- дать аспирантам представления о соответствующих разделах физики и смежных вопросах, иногда остающихся за рамками классических образовательных программ.
- дать углубленное представление о соответствующих разделах физики, которые могут быть востребованы в местах вероятного будущего трудоустройства аспирантов,
- дать аспирантам возможность попрактиковаться в реферативном изложении, обсуждении и критическом анализе современных научных достижений.

Особенностью курса является привлечение к чтению лекций ведущих специалистов по вопросам, рассматриваемым в рамках курса.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль: посещение лекций.

Промежуточная аттестация: зачет.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов, в том числе 34 часа лекций, 70 часов самостоятельных занятий.

Составитель:

к.ф.-м.н., Д.Е. Беркаев

Рабочая программа

## Содержание

### **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины .....	4
2. Место дисциплины в структуре программы обучения .....	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины .....	4
4. Структура и содержание дисциплины .....	4
5. Образовательные технологии .....	5
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и аспирантов .....	6
7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины: .....	6
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины .....	6
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	6

# «Методы ускорения заряженных частиц»

## Рабочая программа дисциплины

### 1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Методы ускорения заряженных частиц» имеет своей целью:

1. дать аспирантам представления о соответствующих разделах физики и смежных вопросах, иногда остающихся за рамками классических образовательных программ.
2. дать углубленное представление о соответствующих разделах физики, которые могут быть востребованы в местах вероятного будущего трудоустройства аспирантов,
3. дать аспирантам возможность попрактиковаться в реферативном изложении, обсуждении и критическом анализе современных научных достижений.

### 2. Место дисциплины в структуре программы обучения

Дисциплина «Методы ускорения заряженных частиц» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)». Дисциплина является элективной (дисциплиной по выбору аспиранта), рекомендованной для изучения аспирантам, обучающимся по профилю 01.04.20 "Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника".

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

- Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
- Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- Способность построения теоретических моделей физических явлений и процессов для решения научных и практических задач (в соответствии с направленностью подготовки) (ПК-1);
- Способность к получению, критическому осмыслению и реферативному изложению научных результатов в области физики (в соответствии с направленностью подготовки) (ПК-2);

### 4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина «Методы ускорения заряженных частиц» представляет собой полугодовой курс, читаемый в аспирантуре ИЯФ СО РАН. Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Неделя семестра	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				
			Всего	Аудиторные часы		Сам. работа в течение семестра (не включая период сессии)	Зачет
				Лекции (кол-во часов)	Семинары		
1	Электронная оптика и физика пучков	1-2	12	4		8	
2	Линейные ускорители	3-5	16	6		10	
3	Циклические ускорители	6-9	24	8		16	
4	Источники пучков	10-12	20	6		14	

	заряженных частиц.						
	Диагностика пучков в ускорительной технике	13-14	12	4		8	
	Магнитные системы ускорителей	15-17	20	6		14	
17	Зачет		4				4
18	Итого		108	34	0	70	4

### Тематика лекций

1-2	Электронная оптика и физика пучков	Движение заряженных частиц в электромагнитном поле. Элементы электронно-оптических систем
3-5	Линейные ускорители	Ускорители прямого действия. Каскадные ускорители. Электростатические ускорители (ЭСУ). Линейные индукционные ускорители (ЛИУ). Линейные резонансные ускорители. Волноводные линейные ускорители.
6-8	Циклические ускорители	Уравнения движения частиц в циклических ускорителях. Фокусировка в неоднородном магнитном поле. Устойчивость поперечного движения частиц в циклических ускорителях. Бетатронные колебания. Матрица перехода. Слабая фокусировка. Бетатронные колебания в периодических фокусирующих системах. Устойчивость решений уравнения Хилла, теорема Флоке. Огибающая бетатронных колебаний в жесткофокусирующем ускорителе.
9-10	Источники пучков заряженных частиц	Процесс эмиссии электронов и формирование пучка. Эволюция функции распределения электронов по энергии при ускорении пучка. Быстрое и адиабатическое ускорение. Определение электронной температуры и процессы температурной релаксации в электронном пучке после ускорения Термоэмиссионные катоды. Термоэлектронная эмиссия с поверхности металлов. Закон Ричардсона-Дэшмана. Эмиссия с активированной поверхности. Эмиссия с поверхности полупроводника (ВаО). Фотоэлектронная эмиссия. Три стадии фотоэмиссии. Металлические фотокатоды. Полупроводниковые фотокатоды. Фотокатоды с отрицательным электронным средством. Автоэмиссионные катоды. Ферроэлектрические катоды. Источники позитронов для ускорителей на встречных пучках.
11-12	Диагностика пучков в ускорительной технике	Контактные датчики. Оптические датчики. Электромагнитные датчики. Методы диагностики пучка в накопителях.
13	Магнитные системы ускорителей	Мультипольные разложения двумерных полей. Краевые поля Магниты с нормально-проводящими обмотками Импульсные магниты Сверхпроводники Постоянные магниты

### 5. Образовательные технологии

Курс составлен из отдельных лекционных блоков, каждый из которых читается специалистом в данной конкретной области. Лекции проводятся в малых группах (до 10 человек) в интерактивной форме в виде живого обсуждения: в любое время разрешается задавать вопросы

как преподавателю, так и студенту, разрешаются полемические выступления, в том числе на следующем занятии, после дополнительной подготовки.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и аспирантов**

Самостоятельная работа аспирантов поддерживается следующими материалами:

### Основная литература

Н. А. Винокуров. Лекции по электронной оптике для ускорительных физиков. Электронное пособие, <http://accel.inp.nsk.su/library/Elopt24.pdf>

Смалюк В.В. Диагностика пучков заряженных частиц в ускорителях / Под ред. чл.-корр. РАН Н.С. Диканского. Новосибирск: 2008, 2009.

Система контроля включает текущий (по ходу семестра) контроль освоения практического материала, а также зачет.

В качестве текущего контроля успеваемости используется контроль посещаемости.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на зачете. Зачет проводится в конце семестра в аттестационную сессию, по билетам, в устной форме.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения аттестации по итогам освоения дисциплины:**

**Образцы вопросов для подготовки к зачету** – вопросы формулируются идентично названиям подразделов программы курса, представленной выше в п. 4

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **Список основной и дополнительной литературы:**

#### **Основная литература**

1. Н. А. Винокуров. Лекции по электронной оптике для ускорительных физиков. Электронное пособие, <http://accel.inp.nsk.su/library/Elopt24.pdf>
2. Смалюк В.В. Диагностика пучков заряженных частиц в ускорителях / Под ред. чл.-корр. РАН Н.С. Диканского. Новосибирск: 2008, 2009.

#### **Дополнительная литература**

1. И.Н. Мешков. Введение в физику пучков заряженных частиц. Пучки низкой интенсивности. Новосибирск, НГУ, 1988.
2. А.Н. Лебедев и А.В. Шальнов. Основы физики и техники ускорителей. М.: Энергоатомиздат, 1981, 1991.
3. Дж. Лоусон. Физика пучков заряженных частиц. «Мир», М., 1980.
4. П.В. Логачёв. Получение ультрахолодных пучков и коротких интенсивных сгустков электронов с GaAs фотокатода. Диссертация на соискание ст. к.ф.-м.н., Новосибирск, 1996.
5. Смалюк В.В. Диагностика пучков заряженных частиц в ускорителях / Под ред. чл.-корр. РАН Н.С. Диканского. Новосибирск: 2008, 2009.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной мультимедийным проектором и компьютером, необходимых для презентации электронного варианта лекций и проведения компьютерных демонстраций.