

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 1/04-577

от 27.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 12.03.01 Приборостроение

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
7	2	72	32	16	0	24	0	3
8	3	108	30	15	15	12-21	0	Э
Итого	5	180	62	31	15	25	36-45	0

## АННОТАЦИЯ

Рассматриваются современные проблемы ускорения пучков заряженных частиц до высоких и сверхвысоких энергий. Курс состоит из трех частей. В первой части подробно изучается метод встречных пучков и его использования в электронных и ионных коллайдерах. Во второй части курса обсуждаются коллективные и новые методы ускорения пучков и их использование для получения высокого темпа набора энергии. В третьей части курса проводятся лабораторные работы в учебно- научных лабораториях РУЦ и МУЛ на действующих установках с целью закрепления теоретического материала, изложенного в лекциях.

Исследование, разработка, конструирование и эксплуатация новых ускорителей заряженных частиц для научных исследований, современного производства и медицины. Экспериментальное и теоретическое исследование формирования и поведения пучков заряженных частиц, их взаимодействия с различными физическими объектами и между собой. Расчет и конструирование элементов ускорительной техники. Разработка новых технологий, использующих пучки ускорителей.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Главная цель - ознакомить студентов с последними достижениями в области ускорительной техники и физики взаимодействующих пучков, получение навыков работы на действующих установках.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Данной дисциплине должно предшествовать изучение математики и физики

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [1] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач

<p>УКЕ-1 [1] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах</p>	<p>З-УКЕ-1 [1] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования  У-УКЕ-1 [1] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи  В-УКЕ-1 [1] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами</p>
<p>УКЦ-1 [1] – Способен в цифровой среде использовать различные цифровые средства, позволяющие во взаимодействии с другими людьми достигать поставленных целей</p>	<p>З-УКЦ-1 [1] – Знать: современные информационные технологии и цифровые средства коммуникации, в том числе отечественного производства, а также основные приемы и нормы социального взаимодействия и технологии межличностной и групповой коммуникации с использованием дистанционных технологий  У-УКЦ-1 [1] – Уметь: выбирать современные информационные технологии и цифровые средства коммуникации, в том числе отечественного производства, а также устанавливать и поддерживать контакты, обеспечивающие успешную работу в коллективе и применять основные методы и нормы социального взаимодействия для реализации своей роли и взаимодействия внутри команды с использованием дистанционных технологий  В-УКЦ-1 [1] – Владеть: навыками применения современных информационных технологий и цифровых средств коммуникации, в том числе отечественного производства, а также методами и приемами социального взаимодействия и работы в команде с использованием дистанционных технологий</p>
<p>УКЦ-2 [1] – Способен искать нужные источники информации и данные, воспринимать, анализировать, запоминать и передавать информацию с использованием цифровых средств, а также с помощью алгоритмов при работе с полученными из различных источников данными с целью эффективного использования полученной информации для решения задач</p>	<p>З-УКЦ-2 [1] – Знать: методики сбора и обработки информации с использованием цифровых средств, а также актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности, принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с учетом основных требований информационной безопасности  У-УКЦ-2 [1] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; с использованием цифровых средств, осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников, и решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием цифровых средств и с</p>

	<p>учетом основных требований информационной безопасности</p> <p>В-УКЦ-2 [1] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации с использованием цифровых средств для решения поставленных задач, навыками подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов, публикаций и библиографии по научно-исследовательской работе с использованием цифровых средств и с учетом требований информационной безопасности</p>
--	---

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
<b>проектно-конструкторский</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• сбор и анализ информационных источников и исходных данных для проектирования электронных систем и программно-технических комплексов систем измерения, контроля и управления физическими установками;</li> <li>• формулирование целей проекта, разработка технических требований и заданий на разработку электронного оборудования и программно-аппаратных средств измерительных систем, систем контроля и управления физических</li> </ul>	<p>электрофизические установки и системы обеспечения их безопасной эксплуатации</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен проектировать и конструировать блоки, узлы и детали приборов, определять номенклатуру и типы комплектующих изделий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.098</p>	<p>З-ПК-3[1] - знать принципы проектирования и конструирования блоков, узлов и деталей приборов; знать этапы и порядок разработки приборов. ;</p> <p>У-ПК-3[1] - уметь анализировать техническое задание и другую информацию, необходимую для выбора конструктивных решений, выбирать оптимальные конструктивные решения и обосновывать свой выбор; уметь использовать при проектировании и конструировании метод унификации блоков, узлов и деталей. ;</p> <p>В-ПК-3[1] - владеть навыками проектирования и</p>

<p>установок; • проектирование электронных систем, информационно-измерительных систем, систем управления и автоматизации и их структурных элементов, включая аппаратное и программное обеспечение, в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования и современных информационных технологий; • системотехническая и схемотехническая разработка сложной электронной, электрофизической и ядерно-физической аппаратуры; • разработка проектной, рабочей, конструкторской и эксплуатационной технической документации, оформление законченных проектно-конструкторских работ; • контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам; • верификация и</p>			<p>конструирования блоков, узлов и деталей приборов с помощью современных методов проектирования и конструирования.</p>
--	--	--	---

валидация проектных решений; • проведение предварительного технико-экономического обоснования проектных работ по созданию систем измерения, контроля и управления.			
организационно-управленческий			
проведение экспериментальных исследований, составление описания проводимых исследований и анализ результатов в области физики процессов и режимов эксплуатации электрофизических установок; обеспечение надежной, безопасной и эффективной эксплуатации электрофизических установок, материалов и технологий; • организация работы по осуществлению авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и сдаче в эксплуатацию выпускаемых приборов и систем.	математические модели для теоретического и экспериментального исследований объектов, установок и систем в области физики ядра, частиц, ядерно-физических установок	ПК-12 [1] - Способен осуществлять разработку организационных схем, стандартов и процедур процесса производства и контроля качества приборов, комплексов и их составных частей  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008, 40.011	З-ПК-12[1] - знать организацию производства на предприятиях отрасли, техническую базу производства; знать основы современной системы менеджмента качества и требования технического контроля выпускаемой продукции. ; У-ПК-12[1] - уметь планировать деятельность приборостроительного предприятия; уметь организовывать процесс производства и контроля качества приборов, комплексов и их составных частей. ; В-ПК-12[1] - владеть навыками разработки организационных схем, стандартов и процедур процесса производства и контроля качества приборов, комплексов и их составных частей.

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор,	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов

	<p>профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)</p>	<p>ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> </ul> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</li> </ul>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного</p>

		<p>мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>
--	--	--

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Раздел 1	1-8	16/8/0		50	КИ-8	З-ПК-3, У-ПК-3,



							В-ПК-3, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
2	Раздел 2	9-16	16/8/0		50	КИ-16	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-12, У-

							ПК-12, В-ПК-12, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УКЕ-1, У-УКЕ-1, В-УКЕ-1, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1, 3-УКЦ-2, У-УКЦ-2, В-УКЦ-2
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/16/0		100		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				0	3	У-УКЦ-2, В-УКЦ-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-

							12, У- ПК- 12, В- ПК- 12, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2
	<i>8 Семестр</i>						
1	1	1-8	16/8/8		25	КИ-8	3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 12, У- ПК- 12, В- ПК- 12, 3-УК- 1, У-

							УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2
2	2	9-15	14/7/7		25	3д-15	3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 12, У- ПК- 12, В- ПК- 12, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ-

							1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		30/15/15		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	Э	3-ПК- 12, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, У- ПК- 12, В- ПК- 12, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1,

							В- УКЕ- 1, 3- УКЦ- 1, У- УКЦ- 1, В- УКЦ- 1, 3- УКЦ- 2, У- УКЦ- 2, В- УКЦ- 2
--	--	--	--	--	--	--	---

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Зд	Задание (задача)
З	Зачет
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	16	0
<b>1-8</b>	<b>Раздел 1</b>	16	8	0
1	<b>Тема 1.</b> Общие сведения об ускорителях.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Тема 2.</b> Методы ускорения заряженных частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Тема 3.</b> Источники заряженных частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0

		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Тема 4.</b> Ускорители прямого действия.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Тема 5.</b> Продольная динамика пучка в резонансных ускорителях.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Тема 6.</b> Поперечная фокусировка пучка.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Тема 7.</b> Принцип действия резонансных линейных ускорителей.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Тема 8.</b> Высокочастотные линейные ускорители электронов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-16</b>	<b>Раздел 2</b>	16	8	0
9	<b>Тема 9.</b> Методы фокусировки пучков в линейных электронных ускорителях.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9	<b>Тема 10.</b> Высокочастотные линейные ионные ускорители.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Тема 11.</b> Методы фокусировки ионных пучков.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Тема 12.</b> Влияние поля пространственного заряда на фокусировку пучка.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Тема 13.</b> Влияние собственных высокочастотных полей пучка на динамику частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Тема 14.</b> Конструкции и ВЧ параметры линейных ускорителей электронов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Тема 16.</b> Использование линейных ускорителей в ядерной физике и в физике высоких энергий, а также в прикладных областях	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		

	науки и техники.	0	0	0
12	<b>Тема 15.</b> Конструкции и ВЧ параметры линейных ионных ускорителей.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>8 Семестр</i>	30	15	15
<b>1-8</b>	<b>1</b>	16	8	8
1	<b>Тема 1</b> Основные принципы работы циклических ускорителей.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
2	<b>Тема 2</b> Циклотрон.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Тема 3</b> Изохронный циклотрон.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Тема 4</b> Микротрон	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Тема 5</b> Фазотрон	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Тема 6</b> Принцип действия и устройство бетатрона.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
7	<b>Тема 7</b> Бетатронные колебания и поперечная устойчивость частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
8	<b>Тема 8</b> Ограничения энергии в бетатроне.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
<b>9-15</b>	<b>2</b>	14	7	7
9	<b>Тема 9</b> Принципы слабой и сильной фокусировки в циклических ускорителях.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Тема 10</b> Квадрупольная фокусировка. Матричный подход к описанию динамики пучка в циклических ускорителях.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Тема 11</b> Уравнение Куранта-Снайдера. Параметры Твисса и их	Всего аудиторных часов		
		2	1	1



	связь с эмиттансом и геометрическими параметрами пучка.	Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Тема 12</b> Электронные синхротроны.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
13	<b>Тема 13</b> Протонные синхротроны.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Тема 14</b> Накопительные синхротроны.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Тема 15</b> Синхротроны как источники СИ.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

#### ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>8 Семестр</i>
1 - 2	<b>Л.Р. 1</b> Циклотрон
3 - 4	<b>Л.Р. 2</b> Микротрон
5 - 6	<b>Л.Р. 3</b> Циклический индукционный ускоритель электронов – бетатрон
7 - 9	<b>Л.Р. 4</b> Знакопеременная фокусировка пучков заряженных частиц

#### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>

	<b>1</b> Принцип автофазировки. Фазовое движение ионного пучка в линейном ускорителе.
	<b>2</b> Принцип автофазировки. Фазовое движение электронного пучка в линейном ускорителе.
	<b>3</b> Численное моделирование динамики электронного пучка в волноводном группирователе.
	<b>4</b> Фокусировка пучков заряженных частиц. Движение пучка в системе тонких линз.
	<i>8 Семестр</i>
	<b>1</b> Циклотрон
	<b>2</b> Микротрон
	<b>3</b> Циклический индукционный ускоритель электронов – бетатрон
	<b>4</b> Знакопеременная фокусировка пучков заряженных частиц

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Используются активные и интерактивные образовательные технологии в обучении с применением LMS, компьютерных технологий и мультимедийного оборудования.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-12	З-ПК-12	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	У-ПК-12	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	В-ПК-12	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
УК-1	З-УК-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	У-УК-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	В-УК-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
УКЕ-1	З-УКЕ-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	У-УКЕ-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	В-УКЕ-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15

УКЦ-1	З-УКЦ-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	У-УКЦ-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	В-УКЦ-1	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
УКЦ-2	З-УКЦ-2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	У-УКЦ-2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15
	В-УКЦ-2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, Зд-15

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – <i>«отлично»</i>	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – <i>«хорошо»</i>	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – <i>«неудовлетворительно»</i>	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К93 Введение в пучковую электронику : учеб. пособие для вузов, В. А. Курнаев, Ю. С. Протасов, И. В. Цветков, Москва: МИФИ, 2008
2. 621.38 К93 Введение в пучковую электронику : учебное пособие для вузов, В. А. Курнаев, Ю. С. Протасов, И. В. Цветков, Москва: МИФИ, 2008
3. ЭИ Г12 Оборудование для работы с ускоренными пучками : учебное пособие для вузов, Н. М. Гаврилов, С. В. Сомов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
4. ЭИ Л12 Лабораторный практикум по физике ускорителей : учебное пособие для вузов, ред. : Б. Ю. Богданович, Москва: МИФИ, 2007
5. 621.38 Л12 Лабораторный практикум по физике ускорителей : учебное пособие для вузов, ред. : Б. Ю. Богданович, Москва: МИФИ, 2007

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ С91 Релятивистские тороидальные пучки : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, , : Лань, 2008
3. ЭИ Д55 Ускорители заряженных частиц в экспериментальной физике высоких энергий : текст лекций, Ю. П. Добрецов, Москва: МИФИ, 2008

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Компьютерный класс кафедры. ()

### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Методические рекомендации для студентов

1. Рекомендации по работе с лекционной частью дисциплины.

Перед началом занятий необходимо внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не смущайтесь, если вопросы вам кажутся простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности чаще возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь со стороны преподавателя возможен выборочный контроль ваших знаний).

Желательно использовать в конспектах лекций систему обозначений, к которой прибегает преподаватель.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными и вновь появляющимися литературными источниками.

## 2. Рекомендации для проведения практических занятий.

Перед посещением практического занятия уясните его тему и самостоятельно изучите связанные с ней понятия и методы решения задач.

Перед решением задач активно участвуйте в обсуждении с преподавателем основных понятий, связанных с темой практического занятия.

В процессе решения задач ведите дискуссию с преподавателем о правильности применения методов их решения.

При проведении вычислений придерживайтесь следующего формата:

(Обозначение искомой величины) = (буквенная формула расчёта) = (подстановка численных значений величин, входящих в формулу, с указанием их размерностей) = (результат вычислений с указанием его размерности).

Это поможет вам избежать некоторых ошибок, либо выявить их и исправить.

По возможности самостоятельно доводите решение предлагаемых задач до окончательного итога.

В конце практического занятия при необходимости выясните у преподавателя неясные вопросы (если вы не прояснили их ранее).

## 3. Рекомендации для проведения лабораторных занятий.

Соблюдайте требования техники безопасности, для чего необходимо прослушать разъяснения о правильности поведения в лаборатории, ознакомиться с инструкцией по охране труда и технике безопасности в лаборатории и расписаться в журнале по технике безопасности.

Перед выполнением лабораторной работы (до проведения занятия) проведите самостоятельно подготовку к работе, изучив основные теоретические положения и методические указания, знание которых необходимо для осмысленного выполнения работы.

В процессе выполнения работы следует постоянно общаться с преподавателем, по возможности избегая неправильных действий.

Основные результаты экспериментов, зафиксированные в письменном виде, предъявляются в конце занятия на утверждение преподавателя.

Для защиты отчета по работе подготовьте отчет о проделанной работе в соответствии с указаниями; в отчёте должны быть отражены основные результаты и выводы.

#### 4. Рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Получите у преподавателя задание и список рекомендованной литературы в самом начале семестра.

Изучение теоретических вопросов следует проводить по возможности самостоятельно, но при затруднениях обращаться к преподавателю.

Подготовьте письменный отчет о проделанной работе.

При выполнении фронтальных заданий по усмотрению преподавателя работа может быть оценена без письменного отчета на основе ответов на контрольные вопросы, при условии активной самостоятельной работы.

### **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

#### 1. Рекомендации по работе с лекционной частью дисциплины.

Перед началом занятий необходимо внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций.

Перед очередной лекцией подготовить материал соответствующий теме лекции (краткий-конспект). Подготовить "про запас" несколько вопросов, касающихся тем предыдущих лекций.

Определить цель, заранее запланированный конечный результат (чего надо достичь), для данной лекции.

Произвести анализ лекции на предмет единства требований, доступности и оптимальности, доступности и оптимальности, целесообразности.

#### 2. Рекомендации для проведения практических занятий.

Подготовить вопросы и задачи соответствующие теме лекционного материала.

Подготовить решения к задачам предыдущего и текущего практического занятия.

При решении задач активно вовлекать слушателей в обсуждении с преподавателем идей, способов и подходов к решению рассматриваемых задач.

Выдать не менее двух задач по теме практического занятия для самостоятельного решения студентами.

В конце практического занятия при необходимости выясните у слушателей, что, возможно, осталось неясным.

#### 3. Рекомендации для проведения лабораторных занятий.

Контролировать соблюдения правил и требований техники безопасности, ознакомить студентов с инструкцией по охране труда и технике безопасности в лаборатории под роспись в журнале по технике безопасности.

В процессе выполнения работы студентами предотвращать действия способные повлечь нарушения правил техники безопасности.

Требовать от студентов предъявления на утверждение основных результатов экспериментов, зафиксированные в письменном виде.

Автор(ы):

Полозов Сергей Маркович, к.ф.-м.н., доцент

Дюбков Вячеслав Сергеевич, к.ф.-м.н.