

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

ОДОБРЕНО НТС ЛАПЛАЗ

Протокол № 3

от 30.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**УСКОРИТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ МЕГАСАЙЕНС КЛАССА**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.04.01 Прикладные математика и физика

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, экс./зач./КР/КП
3	3	108	0	32	16		24	0	Э
Итого	3	108	0	32	16	0	24	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 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.

Приобщение слушателей к исследованиям, разработке, конструированию и эксплуатации новых ускорителей заряженных частиц для научных исследований, современного производства и медицины. Ознакомление с основами экспериментального и теоретического исследования формирования и поведения пучков заряженных частиц, их взаимодействия с различными физическими объектами и между собой. Освоение студентами расчетов элементов ускорительной техники.

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

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ МОДУЛЬ

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

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

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание	Код и наименование индикатора достижения профессиональной
--	---------------------------	---	---

		<b>(профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>компетенции</b>
научно-исследовательский			
<p>проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики, компьютерных и информационных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в</p>	<p>модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области физики</p>	<p>ПК-1 [1] - Способен самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>З-ПК-1[1] - Знать основные методы и принципы научных исследований, математического моделирования, основные проблемы профессиональной области, требующие использования современных научных методов исследования для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств. ; У-ПК-1[1] - Уметь ставить и решать прикладные исследовательские задачи, оценивать результаты исследований; проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива; В-ПК-1[1] - Владеть навыками выбора и использования математических моделей для научных исследований и (или) разработки новых технических средств самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы.</p>

<p>предметной области по профилю специализации; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок</p>			
<p>проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований; участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; сбор и обработка научной и аналитической информации с использованием современных программ, средств и методов вычислительной математики,</p>	<p>модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области физики</p>	<p>ПК-4.2 [1] - Способен к разработке ускорителей заряженных частиц, предназначенных для научных исследований и решения прикладных задач в области радиационных технологий, включая промышленность, медицину, энергетику, системы безопасности и другие области</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>3-ПК-4.2[1] - Знать основные принципы составления плана поиска, сбора и исследования научно-технической информации по разработке ускорителей заряженных частиц; У-ПК-4.2[1] - Уметь проводить поиск и анализ научно-технической информации на поставленные исследовательские задачи в области инновационных разработок заряженных частиц и радиационных технологий; В-ПК-4.2[1] - Владеть методами представления информации в систематизированном виде, оформлять научно-технические отчеты.</p>

<p>компьютерных и информационных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации; участие в обобщении полученных данных, формировании выводов, в подготовке научных и аналитических отчетов, публикаций и презентаций результатов научных и аналитических исследований; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок</p>			
---	--	--	--

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>3 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	0/16/8		25	ДЗ-8	З-ПК-1, У-ПК-1, В-

							ПК-1, 3-ПК-4.2, У-ПК-4.2, В-ПК-4.2
2	Второй раздел	9-16	0/16/8		25	Дкл-16	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-4.2, У-ПК-4.2, В-ПК-4.2
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		0/32/16		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-4.2, У-ПК-4.2, В-ПК-4.2

\* – 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
ДЗ	Домашнее задание
Дкл	Доклад
Э	Экзамен

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недел и	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем. , час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	0	32	16
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	0	16	8
1	<b>1</b> Конструкции и ВЧ параметры линейных ускорителей электронов	Всего аудиторных часов		
		0	16	8
		Онлайн		
0	0	0		
2	<b>2</b> Основные характеристики ускоряющих структур на бегущей и стоячей волне	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
0	0	0		
3	<b>3</b> Выбор и расчёт дисперсионных характеристик диафрагмированных волноводов. Неоднородные ускоряющие волноводы	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
0	0	0		
4	<b>4</b> Коллайдеры. Светимость и способы ее повышения. Crab-waist и crab-crossing: суть и особенности	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
0	0	0		
5	<b>5</b> Пороговая энергия. Схемы инжекции частиц в коллайдерах	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
0	0	0		
6	<b>6</b> Влияние поля пространственного заряда пучка на его продольное движение	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
0	0	0		
7	<b>7</b> Некогерентные кулоновские сдвиги бетатронных частот: пучок в свободном пространстве	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
0	0	0		
8	<b>8</b> Некогерентные кулоновские сдвиги бетатронных частот: учет граничных условий	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
0	0	0		
<b>9-16</b>	<b>Второй раздел</b>	0	16	8
9	<b>9</b> Когерентные кулоновские сдвиги бетатронных частот	Всего аудиторных часов		
		0	0	8
		Онлайн		
0	0	0		
10	<b>10</b> Дисперсия в кольцевых ускорителях заряженных частиц	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
0	0	0		
11	<b>11</b> Хроматизм и его коррекция в ускорителях заряженных частиц	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		

		0	0	0
12	<b>12</b> Электронное охлаждение пучков: цель, механизм и количественные соотношения	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	<b>13</b> Стохастическое охлаждение пучков: цель, механизм и количественные соотношения	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>14</b> Лазерное и ионизационное охлаждение пучков	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>15</b> Особенности продольного поперечного движения электронов в синхротроне: декременты затухания колебаний	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	<b>16</b> Основные магнитные структуры синхротронов. Согласующие вставки	Всего аудиторных часов		
		0	16	0
		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>3 Семестр</i>
	<b>1</b> динамика частиц в линейных ускорителях и основные элементы конструкции линейных ускорителей
	<b>2</b> динамика частиц в циклических ускорителях и даются основные сведения по элементам конструкции циклических ускорителей

#### ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
--------	---------------------------



	<i>3 Семестр</i>
1 - 4	<b>1</b> Практическое занятие по расчёту жесткой фокусировки
4 - 8	<b>2</b> Практическое занятие по синхротронам
9 - 12	<b>3</b> Практическое занятие: введение в программы расчёта магнитных структур синхротронов MADX, Elegant
12 - 16	<b>4</b> Практическое занятие по магнитной структуре с двойным ахроматическим поворотом

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Активные и интерактивные образовательные технологии в обучении

## 6. 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)
ПК-1	З-ПК-1	Э, ДЗ-8, Дкл-16
	У-ПК-1	Э, ДЗ-8, Дкл-16
	В-ПК-1	Э, ДЗ-8, Дкл-16
ПК-4.2	З-ПК-4.2	Э, ДЗ-8, Дкл-16
	У-ПК-4.2	Э, ДЗ-8, Дкл-16
	В-ПК-4.2	Э, ДЗ-8, Дкл-16

## 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 – «отлично»	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 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо 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 – «удовлетворительно»	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 – «неудовлетворительно»	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.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.38 Л33 Основы физики и техники ускорителей Т.1 Ускорители заряженных частиц, М.: Энергоиздат, 1981
2. 621.38 Л33 Основы физики и техники ускорителей Т.2 Циклические ускорители, М.: Энергоиздат, 1982
3. И L47 Accelerator physics : , S. Y. Lee, New Jersey [and oth.]: World scientific, 2004
4. 621.38 П22 Физика пучка в кольцевых ускорителях : учеб. пособие для вузов, П. Т. Пашков, Москва: Физматлит, 2006

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. программное обеспечение кафедры (Б-314а)

### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. 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 самостоятельно повторить основные положения 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 (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.

## 10. 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 соблюдение 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):

Дюбков Вячеслав Сергеевич, к.ф.-м.н.