

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Направление подготовки
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

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	24	12	12		33	0	Э
Итого	5	180	56	28	12	15	57	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
--------------------------------	--

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 (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
изучение и анализ научно-технической информации,	математические модели для теоретического и	ПК-3 [1] - Способен проводить физические эксперименты по	З-ПК-3[1] - знать основные физические законы и

<p>отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования; математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ результатов; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие во внедрении результатов исследований и разработок</p>	<p>экспериментального исследований объектов, установок и систем в области физики ядра и частиц.</p>	<p>заданной методике, составлять описания проводимых исследований, отчеты по анализу результатов и подготовке научных публикаций</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>методы обработки данных ; У-ПК-3[1] - уметь работать по заданной методике, составлять описания проводимых исследований и отчеты, подготавливать материалы для научных публикаций; В-ПК-3[1] - владеть навыками проведения физических экспериментов по заданной методике, основами компьютерных и информационных технологий, научной терминологией</p>
--	---	---	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов 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.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания

	<p>решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 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"> - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - 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.
<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 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:</p> <ul style="list-style-type: none"> - формирования производственного

		<p>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/ Практик. (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		25	КИ-8	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	Раздел 2	9-16	16/8/0		25	КИ-16	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 7 Семестр				50	3	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>8 Семестр</i>						
1	1	1-8	16/8/8		25	КИ-8	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
2	2	9-15	8/4/4		25	Зд-15	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		24/12/12		50		
	Контрольные мероприятия за 8				50	Э	3-ПК-3, У-ПК-3,

		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Раздел 2	16	8	0
9	Тема 9. Методы фокусировки пучков в линейных электронных ускорителях.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тема 10. Высокочастотные линейные ионные ускорители.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Тема 11. Методы фокусировки ионных пучков.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Тема 12. Влияние поля пространственного заряда на фокусировку пучка.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Тема 13. Влияние собственных высокочастотных полей пучка на динамику частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Тема 14. Конструкции и ВЧ параметры линейных ускорителей электронов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Тема 16. Использование линейных ускорителей в ядерной физике и в физике высоких энергий, а также в прикладных областях науки и техники.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
16	Тема 15. Конструкции и ВЧ параметры линейных ионных ускорителей.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>8 Семестр</i>	24	12	12
1-8	1	16	8	8
1	Тема 1 Основные принципы работы циклических ускорителей.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
2	Тема 2 Циклотрон.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
3	Тема 3 Изохронный циклотрон.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
4	Тема 4	Всего аудиторных часов		

	Микротрон	2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
5	Тема 5 Фазотрон	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
6	Тема 6 Принцип действия и устройство бетатрона.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
7	Тема 7 Бетатронные колебания и поперечная устойчивость частиц.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
8	Тема 8 Ограничения энергии в бетатроне.	Всего аудиторных часов		
		2	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	2	8	4	4
9	Тема 9 Принципы слабой и сильной фокусировки в циклических ускорителях.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тема 10 Квадрупольная фокусировка. Матричный подход к описанию динамики пучка в циклических ускорителях.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
11	Тема 11 Уравнение Куранта-Снайдера. Параметры Твисса и их связь с эмиттансом и геометрическими параметрами пучка.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
12	Тема 12 Электронные синхротроны.	Всего аудиторных часов		
		1	1	1
		Онлайн		
		0	0	0
13	Тема 13 Протонные синхротроны.	Всего аудиторных часов		
		1	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Тема 14 Накопительные синхротроны.	Всего аудиторных часов		
		1	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Тема 15 Синхротроны как источники СИ.	Всего аудиторных часов		
		2	0	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>8 Семестр</i>
1 - 2	Л.Р. 1 Циклотрон
3 - 4	Л.Р. 2 Микротрон
5 - 6	Л.Р. 3 Циклический индукционный ускоритель электронов – бетатрон
7 - 9	Л.Р. 4 Знакопеременная фокусировка пучков заряженных частиц

ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
	1 Принцип автофазировки. Фазовое движение ионного пучка в линейном ускорителе.
	2 Принцип автофазировки. Фазовое движение электронного пучка в линейном ускорителе.
	3 Численное моделирование динамики электронного пучка в волноводном группирователе.
	4 Фокусировка пучков заряженных частиц. Движение пучка в системе тонких линз.
	<i>8 Семестр</i>
	1 Циклотрон
	2 Микротрон
	3 Циклический индукционный ускоритель электронов – бетатрон
	4 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-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

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.
--	--	--	--

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

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

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

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

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

Дюбков Вячеслав Сергеевич, к.ф.-м.н.