# 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. НТС ИФИБ Протокол №3.1 от 30.08.2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### УСКОРИТЕЛИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Направление подготовки (специальность)

[1] 03.03.02 Физика

[2] 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

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	1	36	16	16	0		4	0	3
Итого	1	36	16	16	0	0	4	0	

#### **АННОТАЦИЯ**

В курсе рассматриваются принципы работы, элементы теории и конструкции современных ускорителей заряженных частиц, а также их основные параметры.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины Ускорители заряженных частиц являются:

Содержится систематическое изложение физических основ различных типов ускорителей заряженных частиц, которые используются в экспериментальной ядерной физике, в физике элементарных частиц, а также для применения в промышленности и медицине. Изучаются особенности динамики пучков заряженных частиц в линейных и циклических ускорителях и сформулированы основные требования к пучкам для различных областей применения. Рассмотрены все виды излучения из ускорителей, методы контроля и дозиметрии первичного и вторичного излучения.

Данный курс лекций читается для студентов четвертого курса факультета «Экспериментальной и теоретической физики», специализирующихся в области медицинской физики, использования радиационных источников в медицине и в биологии, радиационной безопасности. Основной задачей курса является детальное ознакомление с ускорительными установками как источниками первичного и вторичного радиационного излучения с целью использования пучков в медицине и в других технических и технологических целях.

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

Для освоения данной дисциплины необходимы общие сведения из высшей математики: математического анализ, векторная алгебра, интегральное и дифференциальное исчисление, общей физике (механика, колебания и волны, электричество и магнетизм, специальная теория относительности), а также теоретической механики, электродинамики, электротехники.

# 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 соотвествии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

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

		стандарт-ПС, анализ				
		опыта)				
П	-	ктный	D HIL 10 2523 D			
Подготовка	Ядерные реакторы,	ПК-10.2 [2] -	3-ПК-10.2[2] - Знать			
специалистов с	энергетические	Способен к расчету и	основные законы			
фундаментальной	установки,	проектированию	распространения			
физико-	теплогидравлические	биологических защит	ионизирующих			
математической и	и нейтронно-	и систем контроля	излучений в			
инженерной	физические процессы	радиационной	однородных и			
подготовкой для проектирования и	в активных зонах ядерных реакторов,	безопасности АЭС	неоднородных средах; У-ПК-10.2[2] - Уметь			
эксплуатации	теплоносители и	Основание:	проектировать			
ядерных установок	материалы ядерных	Профессиональный	системы контроля			
со знанием основ	реакторов, ядерный	стандарт: 24.078	радиационной			
нейтронно-	топливный цикл,	_	безопасности на АЭС			
физических и	системы обеспечения		и безопасного			
теплофизических	безопасности,		обращения с ОЯТ и			
процессов, ядерной	системы управления		PAO;			
и радиационной	ядерно-физическими		В-ПК-10.2[2] -			
безопасности	установками,		Владеть методами			
	программные		проектирования			
	комплексы для		биологических защит			
	исследования явлений		радиационно-опасных			
	и закономерностей в		объектов АЭС			
	области теплофизики					
	и энергетики, ядерных					
	реакторов,					
	распространения и					
	взаимодействия					
	излучения с					
	объектами живой и					
	неживой природы,					
	экологический					
	мониторинг					
	окружающей среды,					
	обеспечение					
	безопасности ядерных					
	материалов, объектов					
	и установок атомной					
	промышленности и					
	энергетики.					
	безопасность					
	эксплуатации и					
	радиационный					
	контроль атомных					
	объектов и установок;					
научно-исследовательский						
освоение методов, а	биологические	ПК-1 [1] - Способен	3-ПК-1[1] - знать			
также теорий и	объекты различной	использовать	основные физические			
моделей,	организации,	профессиональные	явления,			
используемых в	источники	знания и умения,	фундаментальные			
научных	ионизирующих	полученные при	понятия, законы и			

физических дисциплин  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011  Основание: Профессиональный умярения различных физических пришципах, используемых в изучаемых специальных дисциплинах, решать физических адачи применительно к изучаемым специальным дисциплинам и прикладным проблемам будущей специальным дисциплинах и промежения физических опециальным дисциплинах и промежения физических опециальным дисциплинах и профессиопальных задач и интерпретации полученых профессиопальных задач и интерпретации полученых результатов задач и интерритерации полученых профессиопальных задач и интерритерского описация и полученых профессиопальных задач и интерритерского описация и полученых профессиопальных задач и интерритерского описация и полученых профессиопальных задач и профессиопальных задач и интерритерского описация и полученых	наалалараний	нопущаний	освоении профильных	теории физики,
Подготовка специалистов с фундаментальной купансеких измерений соверных реакторы, теплогидавалические математической и инженерной измереных разлачиных физических величин; у-ПК-1[1] - Бладсть методами проведения физических измерений с оценкой погрешвостей, а также методами проведения физических измерений с оценкой погрешвостей, а также методами проведения физических измерений с оценкой погрешвостей, а также методами проведения физических измерений с оценкой погрешвостей, а также методами проведения физического описания типовых адач и интерретации полученых установки, теплогидавалические математической и инейтронно-физические инейтронно-физические пропессы математической и инейтронно-физические пропессых арактеристик происсов, протскающих в конкретных теплогоговкой для просктирования и экспнуатации теплоносители и матерралы здерных установок матеррального долговаться здержающих запачения запа	исследований	излучений		
Подготовка специального в Вдерные реакторы, теплоговка специального в фундаментального в фундаментального в фундаментального в фундаментального в фундаментального в теплогидравлические математической и нейтронно- инженерной подготовкой для проектирования и вдерных установок материалыя ядерных установком проекторования и вдерных установок материалыя ядерных установком материалыя ядерных установок материалыя ядерных установок материалыя ядерных установок материалыя ядерных установок материалыя ядерных совсем стехнических и материалыя ядерных количествемых технических и протекающих в конкретных технических и протекающих в конкретных технических и протекающих в конкретных технических системах технических системах протекающих в конкретных технических системах протекающих в конкретных технических системах технических системах протекторые на основе стемах протекающих в конкретных технических системах технических системах технических системах постове совственных стехнических системах постове совственных стехнических системах технических системах постове совственных			-	
Подготовка специальное с фундаментальной физико-математической и ниженерной физические автивных зонах просктирования и достноговкой для просктирования и достноговкой для просктирования и достноговкой для просктирования и достногов и достноговкой для просктирования и достногов и достноговкой для просктирования и достноговкой для просктирования и достногов и достногов и достногов и подготовкой для просктирования и достногов и достногов и достногов и подготовкой для просктирования и достногов и достногов и достногов и достногов и достногов и нейтропно-математической и нейтропно-матем			дисциплин	=
Подготовка специальегов с специалье				-
теплогидравлические процессы в активных инженерной подготовкой для проектирования и ждерных установок матеркилования и дерных установок матеркиль дерных установок матеркиль дерных установок матеркиль дерных установок матеркиль дерных установки, теплоговий для протекающих в конкретных технических системах на основе				-
Подготовка пещилистов с фундаментальной физико- математической и инженерной подготовкой для проектирования и инженерной подготовкой для проектирования и иденностели и инженерной подготовкой для проектирования и иденностели и инженерной подготовкой для проектирования и иденностели и инженерной подготовкой для проектирования и инженерной подготовкой для проектирования и иденностели и инженерной подготовкой для проектирования и иденностели и инженерной подготовкой для проектирования и иденностели и инженерной подготовкой для проектирования и иденных реакторов, протекающих в конкретных конкретных технических системах изманеных профессов, протекающих в конкретных технических системах изманеных профессов, протекающих в конкретных технических системах изманеных пропозирования положенов протнозирования протнозирования протнозирования протнозирования протнозирования протнозирования количественных характернстик процессов, протекающих в конкретных технических системах				
разбираться в физических принципах, используемых в изучаемых специальных дисциплинах, решать физические задачи применительно к изучаемым специальным дисциплинам и применительно к изучаемым специальным дисциплинам и прикладым проблемам будущей специальности; В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами проведения физическог описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученых профессиональных задач и интерпретации полученных протовым протозирования количественных характеристик протозирования количественных характеристик протозирования количественных характеристик протессов, протекающих в конкретных технических системах на основе			стандарт: 40.011	=
Подготовка специальных дисциплинах, решать физические задачи прикладным проблемам будущей специальных дисциплинам и прикладным проблемам будущей специальноги; В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физические измерений с оценкой погрешностей , а также методами проведения физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов с фундаментальной физико- математической и и нейтронно- физические процессы подготовкой для просктирования и дерных реакторов, протекающих в конкретных технических системах дареных установок материалы ядерных установок и для нейтронно- конкретных технических системах технических системах протекающих в конкретных технических системах технических сист				
принципах, используемых в изучаемых специальных дисциплинах, решать физические задачи применительно к изучаемым специальным дисциплинам и прикладным проблемам будущей специальности; В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов З-ПК-1[2] - Зпать методым профессиональных задач и интерпретации полученных результатов З-ПК-1[2] - Зпать методы прогнозирования количественных карактеристик прогнозирования количественных карактеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе				1
Подготовка специальной физические реакторы, теплопистовки учатновы и нейтронно- физические процессы подготовкой для проектирования и ядерных установок и вагизальных спротекающих в конкретных технических системах технических системах ни основе изучаемых специальных диспилинах, дешать физические задачи прикладным пролемамым пробелемым прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах технических системах на основе				физических
Подготовка специальна реакторы, оне дизические задачи интерпретации профессиональных дисциплинам и прикладным проблемам будущей специальности; В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами профессиональных задач и интерпретации полученных результатов З-ПК-1[2] - Способен к участию в разработке методы прогнозирования и нейтронно- количественных характеристик процессов, подготовкой для проектирования и дерных реакторов, подготовкой для дерных реакторов, подготовкой для дерных реакторов, протекающих в конкретных технических системах на основе				принципах,
подготовка специалистов с фундаментальной установки физические установки пороктирования и прегетические инженерной подготовкой для проектирования и пректирования и дерных реакторов, пороктирования и дерных реакторов, проектирования и дерных реакторов, проектирования и дерных реакторов, простекающих в дерных реакторов, простекающих в дерных установок и материалы ядерных установок и материалы ядерных установок и дерных реакторов, простекающих в конкретных технических системах на основе				используемых в
Подготовка специальной физические установки, теплогидравлические фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и пейтроино-физические инженерной подготовкой для проектирования и ядерных установок и ядерных установок и ядерных установок и длегных уст				изучаемых
Подготовка специалистов с фундаментальной физические установки, теглогидравлические математической и инженерной поросктирования и простовкой для проектирования и ядерных установок материалы ядерных установок и дергых д				специальных
Подготовка специальной физические офундаментальной фузические фундаментальной физические математической и инженерной подготовкой для проектирования и простизания удерных реакторов, подготовкой для проектирования и ядерных установок материалы ядерных издерных реакторы, от теплоносители и ядерных установок материалы и прогнозирования количественных характеристик процессов, протнозирования количественных характеристик прогнозирования количественных характеристик прогнозирования количественных характеристик прогнозирования количественных характеров, протнозирования количественных характеристик прогнозирования количественных характеристик прогнозирования количественных характеристик прогнозировани				дисциплинах, решать
Подготовка специальной физические офундаментальной фузические фундаментальной физические математической и инженерной подготовкой для проектирования и простизания удерных реакторов, подготовкой для проектирования и ядерных установок материалы ядерных издерных реакторы, от теплоносители и ядерных установок материалы и прогнозирования количественных характеристик процессов, протнозирования количественных характеристик прогнозирования количественных характеристик прогнозирования количественных характеристик прогнозирования количественных характеров, протнозирования количественных характеристик прогнозирования количественных характеристик прогнозирования количественных характеристик прогнозировани				_
Подготовка специальной установки, теплогидравлические инженерной физические процессы подготовкой для проектирования и нейтронно- физические простесов, протекающих в конкретных проекторования и ядерных реакторов, протекающих в конкретных протекающих в конкретных протекающих в конкретных протекающих в конкретных протескающих в конкретных технических системах на основе				применительно к
Подготовка специально в разработке фундаментальной физические инженерной инженерной подготовкой для проектирования и проктирования и ядерных реакторов, эксплуатации ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе				изучаемым
Дисциплинам и прикладным проблемам будущей специальности; В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами проведения физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  Подготовка специалистов с энергетические участию в разработке фундаментальной установки, теплогидравлические и нейтронно- физические подготовкой для проектирования и ядерных участию в количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных протекающих в конкретных участию в конкретных характеристик процессов, протекающих в конкретных конкретных технических системах на основе				специальным
прикладным проблемам будущей специальности; В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  Подготовка специалистов с фундаментальной физические установки, теплогидравлические математической и инженерной подготовкой для проектирования и ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе				
проблемам будущей специальности; В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  Подготовка специалистов с энергетические установки, теплогидравлические инженерной инженерной подготовкой для проектирования и зарания и здерных установок материалы ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе				
Подготовка профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  Подготовка специалистов с фундаментальной физические инженерной инженерной погрощескые процессы подготовкой для проектирования и ядерных реакторов, протекающих в конкретных профессов, протекающих в конкретных и нейтронно- математической и инженерной подготовкой для проектирования и ядерных установок материалы ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе				
В-ПК-1[1] - владеть методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей , а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  Подготовка специалистов с энергетические установки, теплогидравлические и инейтронно- математической и инженерной подготовкой для подготовкой для проектирования и эксплуатации теплоносители и конкретных конкретных процессов, протекающих в конкретных и технических системах на основе				•
методами проведения физических измерений с оценкой погрешностей, а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  Подготовка специалистов с энергетические установки, измерений с оценкой погрешностей, а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  ПК-1 [2] - Способен к участию в разработке методы прогнозирования прогнозирования количественных количественных количественных характеристик процессов, протекающих в процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе				-
физических измерений с оценкой погрешностей, а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  Подготовка специалистов с энергетические фундаментальной физические инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации теплоносители и ядерных установок материалы ядерных установок материалы ядерных и технических системах на основе				
измерений с оценкой погрешностей, а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  Подготовка специалистов с фундаментальной физико- математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации теплоносители и матерных установок материалы ядерных установок материалы ядерных установок материалы ядерных установок материалы ядерных и технических системах на основе				-
погрешностей, а также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  Подготовка специалистов с энергетические фундаментальной физико- теплогидравлические математической и инейтронно- количественных характеристик процессов, подготовкой для проектирования и ядерных реакторов, ядерных установок материалы ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе				-
Также методами физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  Подготовка специалистов с энергетические участию в разработке фундаментальной установки, методов прогнозирования количественных характеристик процессов, подготовкой для проектирования и ядерных реакторов, протекающих в конкретных установок материалы ядерных технических системах на основе				_
физического описания типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов  Подготовка специалистов с фундаментальной установки, методов прогнозирования физико- теплогидравлические инженерной инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации теплоносители и конкретных установки и теплоносители и конкретных конкретных инженерных и нейтронно- количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных инженерной прогнозирования и эксплуатации теплоносители и конкретных технических системах на основе				•
Подготовка Ядерные реакторы, специалистов с фундаментальной физико- математической и инейтронно- инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации толученных результатов прогнозирования и эксплуатации теплоносители и конкретных технических системах на основе				
Подготовка Ядерные реакторы, специалистов с энергетические участию в разработке фундаментальной физико- теплогидравлические инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации теплоносители и конкретных ядерных установок материалы ядерных установок материалы ядерных установок материалы ядерных установок материалы ядерных инейтронно- конкретных протекающих в конкретных конкретных технических системах на основе				-
Подготовка Ядерные реакторы, специалистов с энергетические участию в разработке методы прогнозирования количественных характеристик инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации теплоносители и конкретных харерных установок материалы ядерных установок материалы ядерных интерпретации полученных результатов ПК-1 [2] - Способен к участию в разработке методы прогнозирования методы прогнозирования количественных характеристик прогнозирования прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе				
Подготовка Ядерные реакторы, специалистов с энергетические участию в разработке фундаментальной физико- теплогидравлические инженерной физические процессы подготовкой для в активных зонах проектирования и ядерных реакторов, протекающих в конкретных ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе				
Подготовка Ядерные реакторы, специалистов с энергетические участию в разработке методы прогнозирования количественных математической и инейтронно- количественных характеристик процессов, прогекающих в проектирования и ядерных реакторов, протекающих в конкретных хареных установок материалы ядерных технических системах на основе				
Подготовка Ядерные реакторы, специалистов с энергетические участию в разработке фундаментальной установки, теплогидравлические прогнозирования количественных математической и и нейтронно- количественных характеристик процессов, подготовкой для в активных зонах проектирования и ядерных реакторов, протекающих в конкретных характериах и конкретных характеристик процессов, протекающих в конкретных характеристик процессов, протекающих в конкретных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе				•
специалистов с энергетические участию в разработке фундаментальной установки, методов прогнозирования количественных математической и и нейтронно- количественных характеристик процессов, подготовкой для в активных зонах процессов, протекающих в протекающих в ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе		a	HIC 1 [2] C C	
фундаментальной физико- теплогидравлические прогнозирования количественных математической и и нейтронно- количественных характеристик инженерной физические процессы характеристик процессов, подготовкой для в активных зонах процессов, протекающих в проектирования и ядерных реакторов, протекающих в конкретных частемах ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе				
физико- математической и инейтронно- инженерной физические процессы торогнозирования количественных характеристик процессов, подготовкой для в активных зонах процессов, протекающих в проектирования и ядерных реакторов, протекающих в конкретных технических системах ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе		<u> </u>	* *	
математической и и нейтронно- количественных характеристик инженерной физические процессы характеристик процессов, подготовкой для в активных зонах процессов, протекающих в проектирования и ядерных реакторов, протекающих в конкретных теплоносители и конкретных технических системах ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе	10			
инженерной физические процессы характеристик процессов, подготовкой для в активных зонах процессов, протекающих в проектирования и ядерных реакторов, протекающих в конкретных теплоносители и конкретных технических системах ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе	-	-		
подготовкой для в активных зонах процессов, протекающих в проектирования и эксплуатации теплоносители и конкретных технических системах ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе		-		
проектирования и ядерных реакторов, протекающих в конкретных технических системах ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе	-			-
эксплуатации теплоносители и конкретных технических системах на основе			*	_
ядерных установок материалы ядерных технических системах на основе		* *	*	
		теплоносители и	-	
	-		технических системах	на основе
	со знанием основ	реакторов, ядерный	на основе	существующих
нейтронно- топливный цикл, существующих методик;	нейтронно-	топливный цикл,	существующих	-
физических и системы обеспечения методик У-ПК-1[2] - Уметь	физических и	системы обеспечения	методик	У-ПК-1[2] - Уметь
теплофизических безопасности, разрабатывать методы	теплофизических	безопасности,		разрабатывать методы
процессов, ядерной системы управления Основание: прогнозирования	процессов, ядерной	системы управления	Основание:	прогнозирования
и радиационной ядерно-физическими Профессиональный количественных	и радиационной	ядерно-физическими	Профессиональный	количественных
безопасности установками, стандарт: 24.032 характеристик	-			характеристик

участие в проведении физических исследований по заданной тематике,	комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок; биологические объекты различной организации, источники ионизирующих излучений	ПК-2 [1] - Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011	протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик; В-ПК-1[2] - Владеть методами прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик.  З-ПК-2[1] - знать основные современные методы и средства научного исследования, современную приборную базу (в том числе сложное физическое оборудование); теоретические основы и базовые представления научного исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований, основные закономерности формирования
		Основание: Профессиональный	(или) теоретических физических исследований, основные закономерности

самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в выбранной области и решать их с помощью современной приборной базы и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта; уметь проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и(или) теоретических физических исследований, анализировать результат, полученный в ходе проведения эксперимента; оценивать изменения в выбранной области, связанные с новыми разработками, с помощью информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта; В-ПК-2[1] - владеть необходимой информацией из современных отечественных и зарубежных источников в избранной области исследования, навыками проведения теоретических, экспериментальных и практических исследований с использованием современных программных средств,

инновационных и информационных технологий, навыками работы со стандартной измерительной аппаратурой и экспериментальными установками, навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований с применением современных компьютерных технологий Подготовка Ядерные реакторы, ПК-2 [2] - Способен к 3-ПК-2[2] - Знать специалистов с энергетические участию в проведении методы проведения фундаментальной установки, физического и физического и теплогидравлические физикочисленного численного и нейтронноматематической и эксперимента, к эксперимента, и инженерной физические процессы подготовке подготовки подготовкой для в активных зонах соответствующих соответствующих проектирования и ядерных реакторов, экспериментальных экспериментальных стендов эксплуатации теплоносители и стендов.; ядерных установок материалы ядерных У-ПК-2[2] - Уметь Основание: проводить физический со знанием основ реакторов, ядерный нейтроннотопливный цикл, Профессиональный и численный физических и системы обеспечения стандарт: 24.028 эксперимент, теплофизических безопасности, подготовить процессов, ядерной системы управления соответствующие и радиационной ядерно-физическими экспериментальные безопасности установками, стенды; В-ПК-2[2] - Владеть программные комплексы для методами проведения исследования явлений физического и и закономерностей в численного области теплофизики эксперимента и и энергетики, ядерных подготовки реакторов, соответствующих распространения и экспериментальных взаимодействия стендов. излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды,

обеспечение	
безопасности ядерны	IX
материалов, объекто	В
и установок атомной	
промышленности и	
энергетики.	
безопасность	
эксплуатации и	
радиационный	
контроль атомных	
объектов и установо	к;

# 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал
воспитания		дисциплин
Профессиональное	Создание условий,	Использование воспитательного
воспитание	обеспечивающих,	потенциала дисциплин
	формирование	профессионального модуля для
	ответственности за	формирования у студентов
	профессиональный выбор,	ответственности за свое
	профессиональное развитие	профессиональное развитие
	и профессиональные посредством выбора студентами	
	решения (В18)	индивидуальных образовательных
		траекторий, организации системы
		общения между всеми участниками
		образовательного процесса, в том
		числе с использованием новых
		информационных технологий.

# 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
	7 Семестр						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1,

						3-ПК-2,
						У-ПК-2,
						В-ПК-2,
						3-ПК-2,
						У-ПК-2,
						В-ПК-2,
						3-ПК-10.2,
						У-ПК-10.2,
						В-ПК-10.2
2	Часть 2	9-16	8/8/0	25	КИ-16	3-ПК-1,
						У-ПК-1,
						В-ПК-1,
						3-ПК-1,
						У-ПК-1,
						В-ПК-1,
						3-ПК-2,
						У-ПК-2,
						В-ПК-2,
						3-ПК-2,
						У-ПК-2,
						В-ПК-2,
						3-ПК-10.2,
						У-ПК-10.2,
						В-ПК-10.2
	Итого за 7 Семестр		16/16/0	50		
	Контрольные			50	3	3-ПК-1,
	мероприятия за 7					У-ПК-1,
	Семестр					В-ПК-1,
						3-ПК-1,
						У-ПК-1,
						В-ПК-1,
						3-ПК-2,
						У-ПК-2,
						В-ПК-2,
						3-ПК-2,
						У-ПК-2,
						В-ПК-2,
						3-ПК-10.2,
						У-ПК-10.2,
						В-ПК-10.2

<sup>\* –</sup> сокращенное наименование формы контроля

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
3	Зачет

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

# КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем.,	Лаб., час.	
	7 Семестр	16	16	0	
1-8	Часть 1	8	8	0	
1 - 2	Тема 1. Введение	Всего а	аудиторных	часов	
	История развития ускорительной техники, роль	1	1	0	
	отечественных учёных. Применение ускорителей в науке,	Онлай	H		
	технике, промышленности, сельском хозяйстве, медицине.	0	0	0	
	Идея ускорения и её модификации. Классификация				
	ускорителей, основные единицы измерения и				
	терминология.				
2 - 3	Тема 2 Бетатронные колебания	Всего а	аудиторных	часов	
	Движение зарядов в магнитном поле. Основные	1	1	0	
	соотношения. Равновесная орбита. Показатель спада	Онлай	H		
	магнитного поля. Бетатронные колебания. Качественное	0	0	0	
	рассмотрение устойчивости бетатронных колебаний.				
	Адиабатическое затухание бетатронных колебаний				
3 - 4	Тема 3. Устойчивость бетатронных колебаний	Всего	ц аудиторных	часов	
5 1	Уравнение бетатронных колебаний в азимутально-	1	тудитори <u>ых</u>   1	0	
	симметричном магнитном поле. Условия устойчивости	Онлай	H .	10	
	бетатронных колебаний. Адиабатическое затухание	0	0	0	
	бетатронных колебаний.	0			
4 - 5	Тема 4. Принципы сильной фокусировки	Всего	ц аудиторных	часов	
4-3	Движение зарядов в периодических магнитных полях.	1	<i>1</i> 1	0	
	Уравнения движения. Принцип сильной фокусировки.	Онлай	<u> </u>		
	Условия устойчивости и диаграммы устойчивости.	0	0	0	
	Резонансы.				
5 - 6	Тема 5. Принцип автофазировки	Всего а	циторных	часов	
	Резонансный способ ускорения. Равновесная	1 1 0			
	частица. Принцип автофазировки. Коэффициент	Онлайн			
	пространственного уплотнения орбиты. Синхронные	0	0	0	
	колебания. Уравнения малых синхронных колебаний.				
	Влияния ускорения на синхронные колебания.				
6 - 7	Тема 6. Синхротронное излучение (СИ)	Всего а	циторных	часов	
	Интегральные характеристики. Влияние СИ на	1	1	0	
	бетатронные и синхротронные колебания. Квантовые		H	1 0	
	эффекты. Приложения СИ.	Онлайі 0	0	0	
7 - 8	Тема 7. Бетатрон, электронный синхротрон	<u> </u>	аудиторных	1	
, 0	Определение и принцип работы. Элементы конструкции.	1	1 1	0	
	Параметры действующих установок и их применение.	Онлай	<u>1</u>	10	
	параметры денетвующих установок и их применение.	0	0	0	
9 0	Tarra O Harraman	<u> </u>	_	_	
8 - 9	Тема 8. Циклотрон	1	аудиторных Г 1	0	
	Определение и принцип работы. Элементы конструкции.	0		U	
	Параметры действующих циклотронов и их применение.	Онлай	_		
0.17	W A	0	0	0	
9-16	Часть 2	8	8	0	
9 - 10	Тема 9. Фазотрон и микротрон.	Всего	аудиторных		
	Определение и принцип работы. Элементы конструкции.	1	1	0	
	Параметры действующих установок и их применение.	Онлайі	H		

		0	0	0
10 - 11	Тема 10. Ионные синхротроны. Определение и	Всего	аудиторн	ых часов
	принцип	1	1	0
	Элементы конструкции. Параметры.	Онлай	íн	
		0	0	0
11 - 12	Тема 11. Ускорительно-накопительные комплексы	Всего	аудиторн	ых часов
	Основные соотношения. Принцип работы. Параметры	1	1	0
	действующих установок.	Онлай	íн	
		0	0	0
12 - 13	Тема 12. Линейные резонансные ускорители	Всего	аудиторн	ых часов
	электронов	1	1	0
	Определение и принцип работы. Особенности	Онлай	íн	
	динамики электронов.	0	0	0
	Элементы конструкции. Параметры действующих			
	установок и их применение.			
13 - 14	Тема 13. Линейные резонансные ускорители ионов	Всего	аудиторн	
	Принцип работы. Элементы конструкции. Параметры	1	1	0
	действующих установок и их применение.	Онлай		
		0	0	0
14 - 15	Тема 14. Линейные индукционные ускорители	Всего	аудиторн	
	Определение и принцип работы. Элементы конструкции.	1	1	0
	Параметры действующих установок и их применение.	Онлай	•	
		0	0	0
15 - 16	Тема 15. Ускорители трансформаторного типа	Всего	аудиторн	ых часов
	Каскадные генераторы высоких напряжений. Элементы	1	1	0
	конструкции. Параметры действующих установок и их	Онлай		
	применение.	0	0	0
16	Тема 16. Электростатические ускорители	Всего	аудиторн	ых часов
	Принцип работы и элементы конструкции. Перезарядные	1	1	0
	ускорители. Параметры действующих установок и их	Онлай	_	
	применение.	0	0	0

# Сокращенные наименования онлайн опций:

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

# ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание	
	7 Семестр	
	Семинар 1	
	Сильная фокусировка. Квадрупольная электростатическая и магнитная фокусировки	

пучков.	
Семинар 2	
Дефокусирующие факторы в ускорителях. Типы поперечной фокусировки.	
Фокусировка сетками и фольками.	

#### 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

По данному курсу предусмотрены лекции, практические задания и самостоятельная работа студентов, Лекции проводятся с использованием мультимедийной техники для показа подготовленых презентаций.

# 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)	
ПК-1	3-ПК-1	3, КИ-8, КИ-16	
	У-ПК-1	3, КИ-8, КИ-16	
	В-ПК-1	3, КИ-8, КИ-16	
ПК-2	3-ПК-2	3, КИ-8, КИ-16	
	У-ПК-2	3, КИ-8, КИ-16	
	В-ПК-2	3, КИ-8, КИ-16	
ПК-1	3-ПК-1	3, КИ-8, КИ-16	
	У-ПК-1	3, КИ-8, КИ-16	
	В-ПК-1	3, КИ-8, КИ-16	
ПК-10.2	3-ПК-10.2	3, КИ-8, КИ-16	
	У-ПК-10.2	3, КИ-8, КИ-16	
	В-ПК-10.2	3, КИ-8, КИ-16	
ПК-2	3-ПК-2	3, КИ-8, КИ-16	
	У-ПК-2	3, КИ-8, КИ-16	
	В-ПК-2	3, КИ-8, КИ-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	Оценка	Требования к уровню освоению
	балльной шкале	ECTS	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		В	Оценка «хорошо» выставляется студенту,
75-84		C	если он твёрдо знает материал, грамотно и
70-74	4 – «хорошо»	D	по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69	3 — «удовлетворительно»	]	Оценка «удовлетворительно»
60-64		Е	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.
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 Г12 Оборудование для работы с ускоренными пучками : учебное пособие, Сомов С.В., Гаврилов Н.М., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
- 4. ЭИ  $\Gamma$ 12 Оборудование для работы с ускоренными пучками : учебное пособие для вузов, Сомов С.В.,  $\Gamma$ аврилов 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

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### 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 практических \лабораторных работ.

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. Чтение лекций.

Первая лекция должна быть введением к дисциплине (разделу дисциплины, читаемому

в начинающемся семестре). Она должна содержать общий обзор содержания дисциплины. В ней следует отметить методические инновации в решении задач, рассматриваемых в дисциплине, дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников, обратив внимание студентов на обязательную и дополнительную литературу.

Изложению текущего лекционного материала должна предшествовать вводная часть, содержащая краткий перечень вопросов, рассмотренных на предыдущих лекциях. На этом этапе полезно задать несколько вопросов аудитории, осуществить выборочный контроль знания студентов.

При изложении лекционного материала следует поощрять вопросы непосредственно в процессе изложения, внимательно относясь к вопросам студентов и при необходимости давая дополнительные, более подробные пояснения.

При чтении лекций преимущественное внимания следует уделять качественным вопросам, опуская простые математические выкладки, либо рекомендуя выполнить их самим студентам, либо отсылая студентов к литературным источникам и методическим пособиям.

В процессе лекционного курса необходимо возможно чаще возвращаться к основным вопросам дисциплины, проводя выборочный экспресс-контроль знаний студентов.

Принятая преподавателем система обозначений должна чётко разъясняться в процессе её введения и использоваться в конспектах лекций

В лекциях, предшествующих практическим занятиям, следует кратко излагать содержание и основные задачи практического занятия, дать рекомендации студентам для подготовки к нему.

На последней лекции важно найти время для обзора основных положений,

рассмотренных в дисциплине, перечню и формулировке вопросов, выносимых на экзамен или зачёт.

#### 2. Указания для проведения практических занятий.

Тема практического занятия и его цели должны быть чётко обозначены.

В начале практического занятия полезно обсудить основные понятия, связанные с его темой.

В ходе решения задач следует вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний на отдельных этапах решения.

Рекомендуется отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях, как вслух, так и в книжке преподавателя. Передавать эту информацию ответственному по текущей успеваемости.

В конце практического занятия предложить аудитории несколько контрольных вопросов.

#### 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов.

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе, проводить его обсуждение.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Автор(ы):

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