

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР НЕВОД

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ УСКОРИТЕЛЬНОЙ И НЕУСКОРИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ  
ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ: ПРОДВИНУТЫЙ УРОВЕНЬ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.04.02 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
4	4	144	30	0	0	114	0	3
Итого	4	144	30	0	0	114	0	

## АННОТАЦИЯ

Программа курса «Экспериментальные методы ускорительной и неускорительной физики высоких энергий: продвинутый уровень» состоит из 2 разделов: «Основные типы и характеристики современных детекторов частиц и излучений» и «Применение детекторов в современном эксперименте в области физики частиц высоких и сверхвысоких энергий». Курс знакомит студентов углубленными знаниями в области современных экспериментальных методов, применяемых в последние десятилетия при планировании и осуществлении исследований фундаментальных свойств материи в ускорительных экспериментах и в экспериментах с использованием природных потоков частиц в широкой области энергий до  $10^{20}$  эВ. В первом разделе магистранты знакомятся с основными физическими процессами, которые заложены в основу экспериментальных методов в физике высоких энергий, применяемых. Также приводится описание современного состояния экспериментальной базы ускорительной физики высоких энергий. Во втором разделе рассматриваются особенности применения экспериментальных методов и детекторов в современном ядерно-физическом эксперименте в неускорительной физике высоких и сверхвысоких энергиях. Данный курс предназначен для студентов, обучающихся по направлениям высшего профессионального образования 14.04.02 «Ядерная физика и технологии».

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная цель освоения учебной дисциплины «Экспериментальные методы ускорительной и неускорительной физики высоких энергий: продвинутый уровень» – дать будущему исследователю углубленные знания в области экспериментальных методов, применяемых при планировании и осуществлении исследований фундаментальных свойств материи в современных экспериментах в области ускорительной и неускорительной физике высоких и сверхвысоких энергий.

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

Учебная дисциплина «Экспериментальные методы ускорительной и неускорительной физики высоких энергий: продвинутый уровень» является основой для усвоения других дисциплин Профессионального цикла направления 14.04.02 «Ядерная физика и технологии». Для успешного освоения положений данной дисциплины студент должен:

- знать: понятия и методы математического анализа: дифференциальное исчисление, интегральное исчисление и функции многих переменных; теорию вероятности и математическую статистику; общую физику: механику, молекулярную физику, электричество и магнетизм, волны и оптику; основные положения квантовой механики и атомной физики; ядерную физику; основы электроники и схемотехники; иностранный язык в объеме, необходимом для получения информации профессионального содержания из зарубежных источников.

- уметь: использовать математические методы в физических приложениях; применять методы решения задач анализа и расчета характеристик атомных и ядерных систем, уметь рассчитывать элементарные электронные схемы.

- владеть: методами математического анализа; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем; основными методами работы на ПЭВМ в том числе

методами работы с прикладными программными продуктами; математическим описанием микрообъектов в рамках атомной физики, квантовой механики и ядерной физики; математическим методом анализа явлений, методами построения элементарных электронных схем.

Данная дисциплина является основополагающей для последующего освоения следующих дисциплин и практик: экспериментальная ядерная физика, ядерные технологии, физика элементарных частиц, релятивистская ядерная физика, физика космических лучей, фундаментальные взаимодействия, неускорительная ядерная физика.

### 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
экспертный			
анализ технических и расчетно-теоретических разработок, учет их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии и безопасности и другим нормативным актам; оценка соответствия предлагаемого решения достигнутому мировому уровню; рецензирование проектов, заявок, технических заданий, отчетов	исследования, разработка и технологии, направленные на регистрацию и обработку информации, разработку теории, создание и применение установок и систем в области физики ядра, частиц, космических лучей, физики высоких энергий, астрофизики, распространения и взаимодействия излучения с веществом	ПК-11 [1] - Способен к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-11[1] - Знать законодательные и нормативные акты регулирующие деятельность в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности ; У-ПК-11[1] - Уметь проводить анализ технических и расчетно-теоретических разработок с учетом их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии,

			<p>технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам; В-ПК-11[1] - владеть методами анализа технических и расчетно-теоретических разработок, и учета их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам</p>
	инновационный		
<p>применение результатов научных исследований в инновационной деятельности; разработка новых методов инженерно-технологической деятельности; участие в формулировке новых задач и разработке новых методических подходов в научно-инновационных исследованиях; обработка и анализ полученных данных с помощью современных информационных технологий; разработка планов и программ организации инновационной деятельности на предприятии, координация работы персонала для комплексного решения</p>	<p>системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для проведения исследований</p>	<p>ПК-14 [1] - Способен оценивать экономический эффект от внедрения продуктов инновационной деятельности производственных и научных подразделений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>З-ПК-14[1] - Знать методы оценки эффективности разработок ; У-ПК-14[1] - Уметь оценивать экономический эффект от внедрения продуктов инновационной деятельности производственных и научных подразделений; В-ПК-14[1] - Владеть методами экономического расчета и обоснования инновационных проектов</p>

инновационных проблем			
научно- исследовательский			
<p>проведение научных исследований поставленных проблем; формулировка новых задач, возникающих в ходе научных исследований; работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий, слежение за научной периодикой; разработка методов и приборов для регистрации ионизирующих и электромагнитных излучений; выбор технических средств, подготовка оборудования, работа на экспериментальных физических установках; выбор необходимых методов исследования; анализ получаемой физической информации с использованием современной вычислительной техники</p>	<p>элементарные частицы, космические лучи, ускорительные эксперименты, астрофизика, математические модели для теоретического и экспериментального исследований явлений и закономерностей в области физики высоких энергий, космических лучей, ускорительных экспериментов, астрофизики</p>	<p>ПК-4 [1] - Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-4[1] - Знать: цели и задачи проводимых исследований; основные методы и средства проведения экспериментальных и теоретических исследований; методы и средства математической обработки результатов экспериментальных данных ; У-ПК-4[1] - Уметь: применять методы проведения экспериментов; использовать математические методы обработки результатов исследований и их обобщения; оформлять результаты научно-исследовательских работ; В-ПК-4[1] - Владеть: навыками самостоятельного выполнения экспериментальных и теоретических исследования для решения научных и производственных задач</p>
проектный			
<p>формирование целей проекта (программы), задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом</p>	<p>современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-</p>	<p>ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий</p>	<p>З-ПК-5[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и</p>

<p>всех аспектов деятельности; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта, использование информационных технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий</p>	<p>физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для проведения исследований, разработка ядерно-физических установок, обеспечение ядерной и радиационной безопасности, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-физическими установками, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных объектов</p>	<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>установок ; У-ПК-5[1] - Уметь применять стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и установок; В-ПК-5[1] - Владеть стандартными прикладными пакетами используемыми при моделировании физических процессов и установок</p>
<p>формирование целей проекта (программы), задач, критериев и показателей достижения целей, построение структуры их взаимосвязей, выявление приоритетов решения задач с учетом всех аспектов деятельности; разработка обобщенных вариантов решения проблемы, анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений в условиях многокритериальности, неопределенности, планирование реализации проекта, использование информационных</p>	<p>современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для проведения исследований, разработка ядерно-физических установок, обеспечение ядерной и радиационной безопасности, систем контроля и автоматизированного управления ядерно-</p>	<p>ПК-6 [1] - Способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>3-ПК-6[1] - Знать основные нормативные документы по регулированию рисков возникающих в процессе эксплуатации новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения ; У-ПК-6[1] - Уметь оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий,</p>

технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий	физическими установками, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных объектов		составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения; В-ПК-6[1] - Владеть методами оценки рисков и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения
производственно-технологический			
применение ядерно-физических методик в решении технологических проблем; использование результатов проводимых исследований и разработок в технологических и производственных целях; реализация цепочки: исследование, развитие, технология, производство	современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками, разработка и технологии применения приборов и установок для проведения исследований	ПК-9 [1] - Способен эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-9[1] - Знать регламент эксплуатации и ремонта современных физических установок ; У-ПК-9[1] - Уметь эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок; В-ПК-9[1] - Владеть навыками эксплуатации, проведения испытаний и ремонта современных физических установок

#### 4. 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>4 Семестр</i>							
1	Основные типы и характеристики современных детекторов частиц и излучений	1-3		к.р-3 (25)	25	КИ-3	3-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
2	Применение детекторов в современном эксперименте в области физики частиц высоких и сверхвысоких энергий	4-5		к.р-5 (25)	25	КИ-5	3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, 3-ПК-14,



							3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
	<i>Итого за 4 Семестр</i>		30/0/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 4 Семестр</b>				50	30	3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, 3-ПК-4, У-ПК-4, В-ПК-4, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-

							ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9
--	--	--	--	--	--	--	--

\* – 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
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
к.р	Контрольная работа
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>4 Семестр</i>	30	0	0
<b>1-3</b>	<b>Основные типы и характеристики современных детекторов частиц и излучений</b>	18		
1	<b>Основные положения физики фундаментальных частиц высоких энергий.</b> Основные положения физики фундаментальных частиц высоких энергий. Типы взаимодействий. Современные достижения и проблемы Стандартной Модели физики частиц, её экспериментальные и теоретические основания. Достижения в области и проблемы области астрофизики и космологии.	Всего аудиторных часов		
		6		
		Онлайн		
2	<b>Взаимодействие частиц и излучений с веществом</b> Взаимодействие частиц и излучений с веществом. Ионизация, многократное рассеяние, электромагнитное и ядерное взаимодействия, черенковское излучение, переходное излучение, синхротронное излучение. Фотоэффект. Комптон-эффект. Рождение электрон-позитронных пар гамма квантами.	Всего аудиторных часов		
		6		
		Онлайн		
3	<b>Методы детектирования частиц</b> Регистрация ионизационных потерь. Ионизационные	Всего аудиторных часов		
		6		

	камеры. Пропорциональные счетчики, Газоразрядные счетчики. Многопроволочная пропорциональная камера. Плоские дрейфовые камеры. Цилиндрические дрейфовые камеры. Время-проекционная камера (TRC). Камера с резистивными пластинами. Искровые камеры. Стримерные камеры. Пузырьковые камеры. Ядерные фотоэмульсии. Рентгеновские пленки. Полупроводниковые детекторы. Фотоумножители. Сцинтилляционные счётчики. Светосбор от сцинтилляций. Пороговые и дифференциальные черенковские счётчики. Детекторы переходного излучения. Твердотельные ФЭУ. Телескопы и годоскопы. Электромагнитные и адронные калориметры. Водные черенковские детекторы.	Онлайн		
4-5	<b>Применение детекторов в современном эксперименте в области физики частиц высоких и сверхвысоких энергий</b>	12		
4	<b>Ускорительные и неускорительные эксперименты высоких энергий</b> Ускорители. Типы, основные принципы, и характеристики современных и планируемых ускорителей. Фокусировка пучков. Автофазировка пучков. Охлаждение пучков. Протон-протонные, протон-антипротонные накопители. Электрон-позитронные накопители. Линейные $e^+e^-$ , $\gamma e$ , $\gamma\gamma$ коллайдеры. Мюонные коллайдеры. Новые методы ускорения. Выведенные пучки. Современные детекторы ускорительных экспериментов. Детекторы космических лучей высоких энергий. Прямые методы регистрации ПКЛ на спутниках и стратостатах. Метод ШАЛ исследования характеристик ПКЛ. Методы регистрации параметров ШАЛ. Традиционные детекторы ШАЛ. Новые методы регистрации ШАД. Флуоресцентный метод. Черенковский метод. Радиометод. Метод локальной плотности мюонов.	Всего аудиторных часов		
		6		
		Онлайн		
5	<b>Детекторы нейтрино. Детекторы для гамма-астрономии высоких энергий.</b> Современные детекторы нейтрино. Водные черенковские детекторы нейтрино высоких энергий. Нейтринные телескопы. Акустический метод регистрации нейтрино. Метод черенковского радиоизлучения. Гамма-астрономия высоких энергий. Временные массивы для регистрации гамма-ШАЛ. Атмосферные черенковские телескопы. Детекторы гамма-лучей с помощью метода ШАЛ: водные, атмосферные. Детекторы гравитационных волн.	Всего аудиторных часов		
		6		
		Онлайн		

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

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Преподавание дисциплины основано на интерактивной технологии проведения практических занятий по каждой теме и контрольных работах в качестве тестирования степени усвоения материала, выборочном контроле, зачете с оценкой.

## 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-11	З-ПК-11	ЗО, КИ-5, к.р-5
	У-ПК-11	ЗО, КИ-5, к.р-5
	В-ПК-11	ЗО, КИ-5, к.р-5
ПК-14	З-ПК-14	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5
	У-ПК-14	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5
	В-ПК-14	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5
ПК-4	З-ПК-4	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5
	У-ПК-4	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5
	В-ПК-4	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5
ПК-5	З-ПК-5	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5
	У-ПК-5	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5
	В-ПК-5	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5
ПК-6	З-ПК-6	ЗО, КИ-5, к.р-5
	У-ПК-6	ЗО, КИ-5, к.р-5
	В-ПК-6	ЗО, КИ-5, к.р-5
ПК-9	З-ПК-9	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5
	У-ПК-9	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5
	В-ПК-9	ЗО, КИ-3, КИ-5, к.р-3, к.р-5

## 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.

Оценочные средства приведены в Приложении.

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

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ М 74 Статистические методы контроля качества и обработка экспериментальных данных : учебное пособие для вузов, Москва: Юрайт, 2021
2. ЭИ Э 41 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, : , 2021
3. ЭИ Э 41 Экспериментальная ядерная физика Т. 3 Физика элементарных частиц, : , 2021

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Сайт Научно-образовательного центра НЕВОД (<http://nevod.mephi.ru/>)
2. Springer. Providing researchers with access to millions of scientific documents from journals, books (<http://link.springer.com/>)
3. Электронная библиотека НИЯУ МИФИ ([www.library.mephi.ru](http://www.library.mephi.ru))
4. ScienceDirect is a leading full-text scientific database offering journal articles and book chapters (<http://www.sciencedirect.com/science/journals/>)

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

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

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

1. Мультимедийный проектор (47-204)

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

В силу большого объема изучаемого материала и ограниченного количества занятий работа студента над заданиями во многом должна быть самостоятельной. Допускается использование любой литературы и Интернет-ресурсов. Одобряется обращаться к преподавателю за консультациями.

Рабочей программой дисциплины «Экспериментальные методы ускорительной и неускорительной физики высоких энергий: продвинутый уровень» предусмотрена самостоятельная работа студентов. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- изучение отдельных разделов тем дисциплины по материалам лекции и рекомендованной литературе;
- подготовку к практическим занятиям;
- работу с Интернет-источниками;
- подготовку к различным формам контроля.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, представленных в рабочей программе.

По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе данной дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

Для расширения знаний по дисциплине рекомендуется использовать Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

По каждой из тем для самостоятельного изучения, приведенных в рабочей программе данной дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса. Необходимо обеспечить предоставление презентации следующей лекции студентам с целью более углубленного и эффективного восприятия нового материала..

Материалы, используемые при контроле знаний студентов

1. Выборочный опрос на знание материала предыдущей лекции.
2. Проведение контрольных работ по каждому разделу курса.
3. Семестровый контроль.

Задания для самостоятельной работы студентов

1. Изучить особенности и характеристики ускорительных комплексов ЦЕРН, Лаборатории им. Ферми в США (FNAL), Брукхейвенской Национальной Лаборатории США (BNL).
2. Изучить особенности магнитной оптики и принцип построения каналов транспортировки пучка заряженных частиц. Графический расчёт фокусировки частиц парой квадрупольных магнитных линз и дипольным магнитом.
3. Изучить исторические этапы развития физики высоких и сверхвысоких энергий.
4. Изучить этапы развития физики космических лучей.
5. Научиться кратко описывать основные типы детектирующих систем и экспериментальных методик, применяемых для исследования космических лучей высоких и сверхвысоких энергий.
6. Научиться описывать состав и механизмы генерации первичных космических лучей.
7. Научиться описывать процессы генерации вторичных космических лучей при прохождении ПКЛ через атмосферу.
8. Научиться разбираться в разнообразии современных детектирующих систем для регистрации ШАЛ.
9. Научиться разбираться в особенностях различных ускорителей.
10. Научиться разбираться в современных спутниковых экспериментах по регистрации ПКЛ высоких энергий.
11. Ознакомиться с перспективами развития ускорительных экспериментов.

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

Цель курса – познакомить с идеями и современными методами физики высоких и сверхвысоких энергий физики; выработать у студентов навыки научно-исследовательского

подхода к решению практических задач в области экспериментальных исследований процессов при сверхвысоких энергиях.

Многие из магистрантов закончили региональные университеты, в которых уровень преподавания атомно-ядерной физики в рамках Курса общей физики сильно отличается от стандарта НИЯУ МИФИ. Поэтому необходимо особое внимание уделить вводным разделам, посвященным понятиям квантовой механики, атомной физики, физики элементарных частиц, планированию современного эксперимента. Лекции должны сопровождаться наглядным иллюстративным материалом, в частности, с использованием компьютерных презентаций. Следует уделить особое внимание практическим расчетам, выполняемым самими студентами при работе над предлагаемыми преподавателем текущими заданиями. Допускается использование студентами справочных материалов, необходимых для проведения численных расчетов.

Отношение преподавателя к студентам должно носить характер доброжелательной требовательности. Для стимулирования работы студентов нужно использовать поощрение, одобрение, похвалу, но не порицание (порицание может применяться лишь как исключение).

Автор(ы):

Яшин Игорь Иванович, д.ф.-м.н., профессор