

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ФИЗИКИ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРАКТИКУМ ПО СОВРЕМЕННЫМ МЕТОДАМ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ИЗЛУЧЕНИЙ**

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, экс./зач./КР/КП
4	2	72	30	0	0		42	0	3
Итого	2	72	30	0	0	0	42	0	

## АННОТАЦИЯ

Целями освоения учебной дисциплины «Современные методы регистрации излучений» является понимание и овладение современными методиками регистрации ионизирующих излучений, изучение принципов работы, областей применения и конструкции современных детекторов, широко применяемых в физике элементарных частиц и космологии. Применение современных методов детектирования излучений иллюстрируется на конкретных примерах работающих на настоящий момент экспериментах на ускорителях LHC и RHIC.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Современные методы регистрации излучений» является понимание и овладение современными методиками регистрации ионизирующих излучений, изучение принципов работы, областей применения и конструкции современных детекторов, широко применяемых в физике элементарных частиц и космологии. Применение современных методов детектирования излучений иллюстрируется на конкретных примерах работающих на настоящий момент экспериментах на ускорителях LHC и RHIC.

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

Дисциплина относится к магистерскому профессиональному циклу М2. Поставлена на 4-й семестр. К данному моменту студенты уже пройдут спецкурсы необходимые для начала изучения дисциплины: «Экспериментальные методы ядерной физики», «Введение в ядерную физику», «Введения в физику элементарных частиц», «Ядерную электронику» и др. Изучение данного курса необходимо для научной работы в рамках НИРС и работы над дипломом.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции ОПК-2 [1] – Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	Код и наименование индикатора достижения компетенции З-ОПК-2 [1] – Знать: современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; У-ОПК-2 [1] – Уметь: применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы В-ОПК-2 [1] – Владеть: навыками применения современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
--	--

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

Задача профессиональной	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной	Код и наименование
-------------------------	---------------------------	-------------------------------------	--------------------

деятельности (ЗПД)		компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	индикатора достижения профессиональной компетенции
научно- исследовательский			
<p>разработка методов регистрации элементарных частиц, измерения количественных характеристик, проверки закономерностей; описание взаимодействия элементарных частиц с веществом, откликов детекторов элементарных частиц; проведение кинетического анализа процесса, статистического анализа данных; создание математических моделей, описывающих процессы в физике частиц, в ранней Вселенной, космосе; разработка теоретических моделей прохождения излучения через вещество, воздействия ионизирующего, лазерного и электромагнитного излучений на человека и объекты окружающей среды, новых методов в лучевой диагностике и терапии; разработка новых подходов в детектировании излучений, теоретического решения фундаментальных проблем физики частиц и космологии.</p>	<p>Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии</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)</p>	<p>Исследовательская работа в области</p>	<p>ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и</p>	<p>З-ПК-5[1] - Знать основные</p>

<p>решения 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 технологий при разработке новых установок, материалов и изделий; разработка проектов технических условий, стандартов и технических описаний новых установок, материалов и изделий;</p>	<p>физики элементарных частиц и космологии</p>	<p>проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при моделировании физических процессов и 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>производственно-технологический</p>			
<p>разработка способов проведения экспериментов по физике высоких энергий, физике нейтрино, по поиску скрытой массы Вселенной; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом, используя различные материалы, электронные системы;</p>	<p>Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии</p>	<p>ПК-9 [1] - Способен эксплуатировать, проводить испытания и ремонт современных физических установок, выполнять технико-экономические расчеты</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>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</p>

<p>продумывание полного технологического процесса создания детекторов элементарных частиц, адаптация его к прикладным задачам (медицинская физика, мониторинг атомных станций и др.).</p>			<p>испытаний и ремонта современных физических установок</p>
<p>разработка способов проведения экспериментов по физике высоких энергий, физике нейтрино, по поиску скрытой массы Вселенной; разработка методов регистрации элементарных частиц, основываясь на различных видах процессов взаимодействия элементарных частиц с веществом, используя различные материалы, электронные системы; продумывание полного технологического процесса создания детекторов элементарных частиц, адаптация его к прикладным задачам (медицинская физика, мониторинг атомных станций и др.).</p>	<p>Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии</p>	<p>ПК-10 [1] - Способен решать инженерно-физические и экономические задачи с помощью пакетов прикладных программ</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-10[1] - Знать основные пакеты прикладных программ для решения инженерно-физических и экономических задач ; У-ПК-10[1] - Уметь осуществлять подбор прикладных программ для решения конкретных инженерно-физических и экономических задач; В-ПК-10[1] - Владеть навыками работы с прикладными программами для решения инженерно-физических и экономических задач</p>
экспертный			
<p>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</p>	<p>Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии</p>	<p>ПК-12 [1] - Способен объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный</p>	<p>З-ПК-12[1] - Знать основные критерии оценки предлагаемого решения или проекта по отношению к современному мировому уровню ; У-ПК-12[1] - Уметь оценивать предлагаемые решения на соответствие</p>

уровню;		стандарт: 40.011	современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение; В-ПК-12[1] - Владеть навыками подготовки экспертных заключений по предлагаемым проектам
<b>инновационный</b>			
оценка инновационного потенциала новой продукции для высокотехнологичных отраслей экономики; участие в создании перспективных наукоемких технологий.	Исследовательская работа в области физики элементарных частиц и космологии	ПК-13 [1] - Способен проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-13[1] - Знать математические методы и компьютерные технологии, необходимые для проектирования и разработки программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов. ; У-ПК-13[1] - Уметь разрабатывать и тестировать программное обеспечение для инженерного анализа инновационных продуктов.; В-ПК-13[1] - владеть навыками разработки и тестирования программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов.

#### 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	Часть 1	1-8	16/0/0		25	БД3-8	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 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, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12,

							3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13
2	Часть 2	9-15	14/0/0		25	к.р-15	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 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, 3-ПК-10, У-ПК-10, В-ПК-10, 3-ПК-12, У-ПК-12, В-ПК-12, 3-ПК-



							13, У- ПК- 13, В- ПК- 13
	<i>Итого за 4 Семестр</i>		30/0/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 4 Семестр</b>				50	3	3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 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, 3-ПК- 10, У- ПК- 10, В- ПК- 10, 3-ПК- 12, У- ПК- 12, В- ПК- 12, 3-ПК-

							13, У- ПК- 13, В- ПК- 13
--	--	--	--	--	--	--	--

\* – 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
БДЗ	Большое домашнее задание
к.р	Контрольная работа
З	Зачет

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Неделя	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>4 Семестр</i>	30	0	0
<b>1-8</b>	<b>Часть 1</b>	16	0	0
1 - 8	<b>Свойства излучений. Детекторы частиц</b> Виды излучений (элементарные частицы, ядерные частицы и др.) Основные характеристики излучений (энергия, масса, пространственно-временные характеристики др. Основные источники излучений. Взаимодействие излучения с веществом. Взаимодействие тяжелых и легких заряженных частиц с веществом. Ионизационные потери. Черенковское излучение. Переходное излучение. Тормозное излучение. Взаимодействие $\gamma$ -квантов с веществом. Рождение электрон-позитронных пар $\gamma$ -квантом в поле ядра. Электромагнитный ливень. Взаимодействие адронов с веществом. Ядерный каскад. Основные характеристики детекторов излучений и их виды. Образование сигналов в детекторах. Функция отклика, эффективность регистрации, разрешения – энергетическое, временное, пространственное и пр. Детекторы частиц. Газовые детекторы. Ионизационная камера, пропорциональный счетчик. Координатные и трековые детекторы. Многопроволочные пропорциональные камеры, дрейфовые камеры, GEM-детекторы, времяпроекционные камеры. Твердотельные детекторы. Полупроводниковые детекторы.	Всего аудиторных часов		
		16	0	0
		Онлайн		
		0	0	0

	Вершинные координатные детекторы – кремниевые пиксельные, стриповые и дрейфовые детекторы. Сцинтилляционные детекторы. Фотоприемники. Свойства фотоэлектронных умножителей. Твердотельные фотоприемники – PIN фотодиоды, лавинные фотодиоды, кремниевые фотоумножители и пр. Черенковские счетчики. Детекторы переходного излучения.			
<b>9-15</b>	<b>Часть 2</b>	14	0	0
9 - 15	<b>Принципы идентификации частиц</b> Общая схема эксперимента в физике высоких энергий. Определение энергии частиц . Методы определения импульса частиц. Магнитные спектрометры. Измерение времени пролета. Измерение ионизационных потерь. Детекторы переходного излучения и черенковские счетчики в идентификации частиц. Сравнение методов идентификации и границы их применимости. Калориметрия в физике высоких энергий и космологии. Электромагнитные и адронные калориметры. Однородные и сэмплинг-калориметры. Газовые и жидкостные калориметры. Свойства калориметров – энергетическое, временное пространственное разрешения. Линейность. Радиационная стойкость. Идентификация частиц в калориметрии. Черенковские и сцинтилляционные однородные калориметры на примере экспериментов ALICE и PHENIX. Сэмплинг калориметры на примере экспериментов ALICE, ATLAS, PHENIX. Криогенные калориметры и их использование в космологии. Современные методы детектирования излучений на примере экспериментов на ускорителях. Эксперименты с фиксированной мишенью на ускорителях ЦЕРН и БНЛ. Коллайдерные эксперименты STAR, PHENIX на RHIC и ALICE, ATLAS на LHC.	Всего аудиторных часов		
		14	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
	4 Семестр

1 - 8	<p><b>Свойства излучений. Детекторы частиц</b></p> <p>Виды излучений (элементарные частицы, ядерные частицы и др.) Основные характеристики излучений (энергия, масса, пространственно-временные характеристики др. Основные источники излучений. Взаимодействие излучения с веществом. Взаимодействие тяжелых и легких заряженных частиц с веществом. Ионизационные потери. Черенковское излучение. Переходное излучение. Тормозное излучение. Взаимодействие <math>\gamma</math>-квантов с веществом. Рождение электрон-позитронных пар <math>\gamma</math>-квантом в поле ядра. Электромагнитный ливень. Взаимодействие адронов с веществом. Ядерный каскад. Основные характеристики детекторов излучений и их виды. Образование сигналов в детекторах. Функция отклика, эффективность регистрации, разрешения – энергетическое, временное, пространственное и пр. Детекторы частиц. Газовые детекторы. Ионизационная камера, пропорциональный счетчик. Координатные и трековые детекторы. Многопроволочные пропорциональные камеры, дрейфовые камеры, GEM-детекторы, времяпроекционные камеры. Твердотельные детекторы. Полупроводниковые детекторы. Вершинные координатные детекторы – кремниевые пиксельные, стриповые и дрейфовые детекторы. Сцинтилляционные детекторы. Фотоприемники. Свойства фотоэлектронных умножителей. Твердотельные фотоприемники – PIN фотодиоды, лавинные фотодиоды, кремниевые фотоумножители и пр. Черенковские счетчики. Детекторы переходного излучения.</p>
9 - 12	<p><b>Принципы идентификации частиц</b></p> <p>Общая схема эксперимента в физике высоких энергий. Определение энергии частиц. Методы определения импульса частиц. Магнитные спектрометры. Измерение времени пролета. Измерение ионизационных потерь. Детекторы переходного излучения и черенковские счетчики в идентификации частиц. Сравнение методов идентификации и границы их применимости. Калориметрия в физике высоких энергий и космологии. Электромагнитные и адронные калориметры. Однородные и сэмплинг-калориметры. Газовые и жидкостные калориметры. Свойства калориметров – энергетическое, временное пространственное разрешения. Линейность. Радиационная стойкость. Идентификация частиц в калориметрии. Черенковские и сцинтилляционные однородные калориметры на примере экспериментов ALICE и PHENIX. Сэмплинг калориметры на примере экспериментов ALICE, ATLAS, PHENIX. Криогенные</p>

калориметры и их использование в космологии.  
 Современные методы детектирования излучений на примере экспериментов на ускорителях.  
 Эксперименты с фиксированной мишенью на ускорителях ЦЕРН и БНЛ. Коллайдерные эксперименты STAR, PHENIX на RHIC и ALICE, ATLAS на LHC.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Занятия проводятся в интерактивной форме. Во время лекции лектор постоянно обращается к аудитории с вопросами на знание пройденного материала.

Раз в несколько занятий проводятся тесты. На лабораторных работах выдаются домашние задания, которые студенты рассказывают потом перед аудиторией, отвечают на вопросы. Проверка знаний происходит также при выполнении и сдаче лабораторных работ.

## 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)
ОПК-2	З-ОПК-2	З, БДЗ-8, к.р-15
	У-ОПК-2	З, БДЗ-8, к.р-15
	В-ОПК-2	З, БДЗ-8, к.р-15
ПК-10	З-ПК-10	З, БДЗ-8, к.р-15
	У-ПК-10	З, БДЗ-8, к.р-15
	В-ПК-10	З, БДЗ-8, к.р-15
ПК-12	З-ПК-12	З, БДЗ-8, к.р-15
	У-ПК-12	З, БДЗ-8, к.р-15
	В-ПК-12	З, БДЗ-8, к.р-15
ПК-13	З-ПК-13	З, БДЗ-8, к.р-15
	У-ПК-13	З, БДЗ-8, к.р-15
	В-ПК-13	З, БДЗ-8, к.р-15
ПК-4	З-ПК-4	З, БДЗ-8, к.р-15
	У-ПК-4	З, БДЗ-8, к.р-15
	В-ПК-4	З, БДЗ-8, к.р-15
ПК-5	З-ПК-5	З, БДЗ-8, к.р-15
	У-ПК-5	З, БДЗ-8, к.р-15
	В-ПК-5	З, БДЗ-8, к.р-15
ПК-9	З-ПК-9	З, БДЗ-8, к.р-15
	У-ПК-9	З, БДЗ-8, к.р-15
	В-ПК-9	З, БДЗ-8, к.р-15

## Шкалы оценки образовательных достижений

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

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

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

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

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Н99 Ion Beam Modification of Solids : Ion-Solid Interaction and Radiation Damage, Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ G90 Radioactivity and Radiation : What They Are, What They Do, and How to Harness Them, Cham: Springer International Publishing, 2016

3. ЭИ Г95 Телескопические полупроводниковые детекторы для ускорительных экспериментов : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 1 Физика атомного ядра, , : Лань, 2008
5. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 2 Физика ядерных реакций, , : Лань, 2008
6. 539.1 М92 Экспериментальная ядерная физика Т. 3 Физика элементарных частиц, , : Лань, 2008
7. 539.1 Г95 Телескопические полупроводниковые детекторы для ускорительных экспериментов : учебное пособие для вузов, Ю.Б. Гуров, Б. А. Чернышев, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

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

1. Лекционная аудитория ()

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

В течение семестра каждому студенту выдается в качестве БДЗ одна из задач, приведенных в Заданиях для самостоятельной работы. Правильное решение задачи является необходимым условием для получения зачета по дисциплине.

Очень важно ходить на лекции, т.к. большинство излагаемого материала не содержится ни в одном учебнике. Лекции читаются с использованием проектора в виде презентаций. Важно повторение пройденного материала для его обсуждения на лекциях и лабораторных работах, ответа на вопросы преподавателя.

Программа лекций прилагается. В ней указан список рекомендуемой литературы, хотя, опять же, он не покрывает весь материал лекций.

При подготовке к зачету или опросу на лекции важно обратить внимание не столько на технические детали различных экспериментов и методов детектирования излучений, сколько на положенные в их основу физические принципы. На объяснении последних делается основной акцент на лекциях и лабораторных работах.

На занятиях и при выполнении лабораторных работ приводится весь необходимый материал для решения БДЗ, и даются комментарии по каждой из задач о степени ее сложности, подходе к ее решению. Это говорит об особой важности посещения всех занятий.

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

Общие рекомендации.

Для лучшего усвоения материала студентами каждую лекцию следует начинать с напоминания предыдущей лекции (можно в виде вопросов) и пояснения ее связи с предстоящей.

На протяжении лекции полезно поддерживать интерактивность между лектором и студентами в виде вопросов в аудиторию. Также важно постоянно задавать вопросы, озадачивающие студентов поднимаемой проблемой в рамках обсуждаемой темы.

В ходе выполнения лабораторных работ необходимо обучать студентов основным подходам и навыкам работы с современной физической аппаратурой и метрологическими приборами, разъяснять важность соблюдения правил техники безопасности при выполнении лабораторных работ.

Материал.

Основным учебником по курсу следует считать учебник К. Групена, Детекторы элементарных частиц, Новосибирск. Сибирский хронограф, 1999 г. В качестве вспомогательного материала по некоторым лекциям следует использовать материалы из интернета, статьи и книги на английском языке: The ALICE experiment at LHC. J. Instrum. 3, S08002 (2008); STAR detector overview, NIM A499(2003)624-632; Л.Н.Смирнова. Детектор ATLAS большого адронного коллайдера. М., Университетская книга, 2010; R.Wigmans. Calorimetry. Oxford Press, 2008;

<http://indico.cern.ch/categoryDisplay.py?categId=117> и др.

Основными пособиями по лабораторным работам следует считать описания методик измерений, и отчеты по НИР, разработанные в измерительном центре НИЦ «Курчатовский институт», и имеющиеся в измерительном центре.

Автор(ы):

Ипполитов Михаил Сергеевич, к.ф.-м.н.