

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Физико-технологический институт  
Кафедра экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
В.В. Кружаев

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> Приборы и методы экспериментальной физики	<b>Код ОП</b> 03.06.01
<b>Направление подготовки</b> Физика и астрономия	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 03.06.01
<b>Уровень подготовки</b> подготовка кадров высшей квалификации	
<b>ФГОС ВО</b> 03.06.01 Физика и астрономия	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> 30.07.2014 № 867 с изменениями и дополнениями от 30.04.2015 г. № 464

**СОГЛАСОВАНО**  
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ  
КАДРОВ ВЫСШЕЙ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург 2015

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	Кружалов Александр Васильевич	д-р физ.-мат. наук, профессор	профессор-исследователь	Экспериментальной физики	
2	Иванов Владимир Юрьевич	к. физ.-мат. наук, доц.	зав. кафедрой	Экспериментальной физики	

**Рекомендовано учебно-методическим советом физико-технологического института**

Председатель учебно-методического совета

В.В. Зверев

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК

О.А. Неволина

# **1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ**

## **1.1 Аннотация содержания дисциплины**

Изучение дисциплины «Приборы и методы экспериментальной физики» направлено на получение знаний в области экспериментальных и теоретических исследований, направленных на разработку новых принципов и методов физических измерений, а также на создание новых приборов и устройств для изучения физических процессов. Курс предполагает наличие у аспирантов знаний специальных разделов теоретической физики (квантовая механика, статическая физика, термодинамика), теоретических основ устройства физических установок, прикладной ядерной физики, планирования эксперимента и метрологии в объеме специалитета или магистерских программ высшего образования. Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке и написании научно-квалификационной работы по направленности Приборы и методы экспериментальной физики.

## **1.2. Язык реализации дисциплины**

Реализуется на русском языке.

## **1.3 Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у аспиранта следующих компетенций:

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- способность разрабатывать новые принципы и методы измерений физических величин, основанных на современных достижениях в различных областях физики и позволяющих существенно увеличить точность, чувствительность и быстродействие измерений (ПК-2);
- способность исследовать фундаментальные ограничения на точность измерений (ПК-4);
- способность применять квантовую теорию измерений в исследовательской деятельности (ПК-5);
- способность разрабатывать методы математической обработки экспериментальных результатов, моделировать физические явления и процессы (ПК-6);
- способность совершенствовать технологии ядерно-физического эксперимента и экспериментов с использованием полей ионизирующих излучений и потоков ускоренных частиц (ПК-7);
- способность научно обоснованно оценивать новые решения в области современного физического эксперимента, формировать и аргументировано представлять научные гипотезы (ПК-9);
- способность планировать и проводить экспериментальные исследования с последующим адекватным оцениванием получаемых результатов, профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций (ПК-10);
- способность создавать и редактировать тексты научно-технического содержания, владеть иностранным языком при работе с научной литературой (ПК-11).

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

### Знать:

- основы физических явлений и процессов, которые могут быть использованы для создания принципиально новых приборов и методов экспериментальной физики; принципы развития квантовой теории измерений; фундаментальные ограничения на точность измерений, принципы создания экспериментальных установок в областях

фундаментальной и прикладной ядерной физики, приборов и комплексов для измерения потоков заряженных частиц и полей ионизирующих излучений.

Уметь:

- разрабатывать новые принципы и методы измерений физических величин, основанных на современных достижениях в различных областях физики и позволяющих существенно увеличить точность, чувствительность и быстродействие измерений; разрабатывать и создавать научную аппаратуры и приборы для экспериментальных исследований в различных областях физики.

Иметь навыки:

- применения методов автоматизации физического эксперимента, математической обработки экспериментальных результатов, моделирования физических явлений и процессов.

**1.4 Объем дисциплины**

Очная форма обучения

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	5
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	0	0	0
4.	Лабораторные работы	0	0	0
5.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	86	0,6	86
6.	Промежуточная аттестация	Экзамен	2,33	Экзамен, 18 ч.
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	6,93	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
1	Раздел 1. Основные методы экспериментальной физики.	<p>Экспериментальная ядерная физика. Методы экспериментальной физики конденсированного состояния, радиационной физики, биофизики. Экспериментальная физика плазмы и элементарных частиц.</p> <p>Планирование эксперимента. Выбор метода и технических средств, поиск оптимальных условий и значений параметров объекта исследования. Параметры оптимизации. Принципы репликации и рандомизации.</p> <p>Методы оценки ожидаемых результатов и их погрешностей.</p>
2	Раздел 2. Методы измерения основных физических величин.	<p>Методы измерения времени, погрешности измерений, эталоны. Учет эффектов общей теории относительности (зависимость хода часов от ускорения и гравитации).</p> <p>Измерение частот в радиодиапазоне. Стандарты частоты.</p> <p>Методы и погрешности измерений координат, углов, длин. Мировые стандарты и эталоны.</p> <p>Методы измерения термодинамических величин.</p> <p>Радиоспектроскопия (эффект Зеемана, электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, томография).</p> <p>Электромагнитные измерения (способы регистрации радиоизлучения, методы регистрации в оптическом диапазоне).</p> <p>Регистрация частиц и радиоактивных излучений (ионизационные камеры, газоразрядные счетчики, полупроводниковые детекторы, сцинтилляционные счетчики, пузырьковые камеры, черенковские счетчики, трековые детекторы).</p> <p>Шумы и помехи при измерении электрических и неэлектрических величин.</p> <p>Дозиметрические измерения и дозиметрические единицы; коэффициенты, учитывающие влияние радиации на живые организмы. Концепция эффективной дозы.</p>
3	Раздел 3. Измерения.	<p>Системы единиц. Единая международная система единиц (СИ). Универсальные постоянные и естественные системы единиц. Производные единицы и стандарты.</p> <p>Средства измерений, их виды и основные метрологические характеристики. Единство измерений. Нормативная и правовая основа.</p> <p>Прямые, косвенные, статистические и динамические измерения. Оценки погрешностей косвенных измерений. Условные измерения. Проблема корреляций и уравнивание условных измерений. Принципиальные ограничения на точность измерений (физические пределы). Понятие неопределенности.</p> <p>Методы измерений физических величин в исследуемой области физики.</p> <p>Особенности измерения быстропротекающих процессов.</p> <p>Основные принципы построения приборов для измерений физических величин в заданной области физики.</p> <p>Фундаментальные шумы в измерительных устройствах.</p> <p>Тепловой шум. Формула Найквиста. Теорема Каллена—Вельтона.</p> <p>Дробовой шум в электронных и оптических приборах. Шумы 1/f.</p> <p>Квантовые эффекты в физических измерениях. Условия, когда классический подход становится неприменим.</p>

		Соотношения неопределенности. Роль обратного флуктуационного влияния прибора. Стандартные квантовые пределы. Квантовые невозмущающие измерения. Квантовые эталоны единиц физических величин (примеры).
4	Раздел 4. Достоверность и критерии точности измерений.	Случайные события. Понятие вероятности. Условные вероятности. Распределение вероятности. Плотность вероятности. Моменты. Специальные распределения вероятностей и их использование в физике. Биномиальное распределение, распределение Пуассона (дробовой шум), экспоненциальное распределение. Нормальное распределение и центральная предельная теорема. Многомерные распределения вероятностей. Корреляции случайных величин. Случайные процессы. Эргодичность. Корреляционная функция случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Спектральная плотность. Теорема Винера-Хинчина. Оценка параметров случайных величин. Выборочные средние и дисперсии. Выборочные распределения. t-распределение Стьюдента, $\chi^2$ -распределение. Определение средних значений измеряемых параметров и их погрешностей в прямых и косвенных измерениях. Техника оценки параметров при разных распределениях погрешностей измерений. Средние и вероятные значения переменных. Техника оценки параметров при асимметричных распределениях погрешностей. Суммирование результатов различных измерений. Робастные оценки. Параметрические и непараметрические оценки.
5	Раздел 5. Методы анализа результатов физических измерений.	Аналитическая аппроксимация результатов и измерений. Интерполяция (линейная, квадратичная, кубическая и т.п.) Фурье-анализ. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Вэйвлетный анализ. Статистическая проверка гипотез. Критерии согласия и методы их использования. Критерий $\chi^2$ , Смирнова-Колмогорова, Колмогорова. Прямые и обратные задачи. Некорректные задачи. Обратные задачи при анализе результатов измерений и методы их решения. Метод максимального правдоподобия и его применение. Метод наименьших квадратов.
6	Раздел 6. Моделирование физических процессов.	Аналитическое описание физических процессов. Использование моделей физических процессов. Метод статистических испытаний, методика его применения. Учет влияния прибора на результаты измерений. Моделирование с учетом особенностей используемых детекторов.
7	Раздел 7. Автоматизация научных исследований.	Создание комплексных установок. Общие требования. Обработка информации «в линию» (on-line). Способы преобразования измерений для передачи на значительные расстояния. Контроль процессов измерений в реальном времени. Способы вывода информации в реальном времени. Накопление экспериментальных данных, создание банков данных.

### 3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

#### 3.1 Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины для очной формы

Раздел дисциплины	Аудиторные занятия (час.)		Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																								
	Наименование раздела, темы	Всего по разделу (час.)	Всего аудиторной работы (час.)			Всего самостоятельной работы аспирантов (час.)	Подготовка к аудиторным занятиям (час.)					Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)								Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.)			Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (час.)	Подготовка в рамках дисциплины к промежуточной аттестации (час.)			
Лекции			Практические занятия	Лабораторные работы	Всего (час.)		Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Проектная работа*	Расчетная работа, разработка расчетов*	Расчетно-графическая работа*	Домашняя работа на иностр. языке*	Перевод иностр. литературы*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего (час.)			Контрольная работа*	Коллоквиум*	
Раздел 1	24	4	4		20	20	10																				
Раздел 2	16				16	16	16																				
Раздел 3	10				10	10	10																				
Раздел 4	10				10	10	10																				
Раздел 5	10				10	10	10																				
Раздел 6	10				10	10	10																				
Раздел 7	10				10	10	10																				
<b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b>	<b>90</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>86</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
<b>Всего по дисциплине (час.):</b>	<b>108</b>	<b>4</b>			<b>104</b>	В т.ч. промежуточная аттестация																		<b>0</b>	<b>18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

\*Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке «Всего (час.) без учета промежуточной аттестации»

**обучения мероприятия**

## **4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **4.1 Лабораторные работы**

Не предусмотрено

### **4.2 Практические занятия**

Не предусмотрено

### **4.3 Примерная тематика самостоятельной работы**

#### **4.3.1 Примерный перечень тем домашних работ**

Не предусмотрено.

#### **4.3.2 Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)**

Не предусмотрено

#### **4.3.3 Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов**

Не предусмотрено

#### **4.3.4. Примерная тематика контрольных работ**

Не предусмотрено

#### **4.3.5 Примерная тематика коллоквиумов**

Не предусмотрено



## 5 СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Дискуссия и публичные выступления	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и паезаполка кантента	Самостоятельное изучение ресурсов ЭБС
Раздел 1				*		*						
Раздел 2				*		*						
Раздел 3				*		*						
Раздел 4				*		*						
Раздел 5				*		*						
Раздел 6				*		*						
Раздел 7				*		*						

## 6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение)

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

1. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/277>. — Загл. с экрана.
2. Пашков, П.Т. Физика пучка в кольцевых ускорителях [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2006. — 264 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59440>. — Загл. с экрана.
3. Солонин, В.И. Ядерные реакторные установки / В.И. Солонин ; Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана. - Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 88 с. : схем., ил., табл. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=340457>
4. Барсуков, О.А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии / О.А. Барсуков. - Москва : Физматлит, 2011. - 560 с. : ил., схем., табл. - (Фундаментальная и прикладная физика). - ISBN 978-5-9221-1306-9 То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457408>
5. Красников П.В. Расчеты физических характеристик ядерных реакторов : учеб. пособие по курсам «Физика ядерных реакторов», «Конструирование установок ядерного топливного цикла», «Перспективы развития установок ядерного топливного

- цикла» [Электронный ресурс] : учеб. пособие / П.В. Красников, С.В. Столотнюк, Я.Д. Столотнюк. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 95 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58558>. — Загл. с экрана.
6. Любимов, А. Введение в экспериментальную физику частиц [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Любимов, Д. Киш. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59294>. — Загл. с экрана.

### 7.1.2. Дополнительная литература

1. Болоздыня А.И., Ободовский И.М. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения. г. Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект», 2012, 204 с (10 экз.).
2. Периодические научные журналы «Атомная энергия», «Атомная техника за рубежом», «Приборы и техника эксперимента», «Бюллетень по атомной энергии».
3. Кульчин, Ю.Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем [Электронный ресурс] / Ю.Н. Кульчин. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2016. — 440 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91158>. — Загл. с экрана.
4. Андреев, С.Г. Экспериментальные методы физики взрыва и удара [Электронный ресурс] : учебник / С.Г. Андреев, М.М. Бойко, В.В. Селиванов ; под ред. Селиванова В.В.. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2013. — 752 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59748>. — Загл. с экрана.
5. Мамонова, М.В. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы [Электронный ресурс] : монография / М.В. Мамонова, В.В. Прудников, И.А. Прудникова. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2011. — 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59605>. — Загл. с экрана.
6. Сидняев, Н.И. Статистический анализ и теория планирования эксперимента [Электронный ресурс] : методические указания / Н.И. Сидняев. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 200 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103275>. — Загл. с экрана.

### 7.2 Методические разработки

1. Метод резерфордовского обратного рассеяния (обработка и моделирование спектров)/ Багаев В. Н., Нешов Ф.Г., Путилов Л.П., Черепанов А.Н.- Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 92 с.
2. Радченко В.И., Рябухин О.В. Ядерная физика: учебное пособие. В 2 ч. Ч. I. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 106 с.
3. Рябухин О.В. Ядерная физика: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 2. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. 72 с.

### 7.3 Программное обеспечение

1. Комплекс программ для лабораторных работ по теме «Структура и свойства атомных ядер».
2. Программа SRIM для моделирования потерь заряженных частиц при движении в различных средах.
3. Программа SIMNRA для моделирования спектров обратного рассеяния, ядер отдачи и ядерных реакций и определения концентраций атомов исследуемого материала.
4. Программа расчета кинематических параметров ядерных реакций.
5. Пакет офисных приложений (Word, Excel, Outlook, PowerPoint).

## 7.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Зональная научная библиотека <http://library.urfu.ru/>
2. Каталоги библиотеки <http://library.urfu.ru/about/department/catalog/rescatalog/>
3. Электронный каталог <http://library.urfu.ru/resources/ec/>
4. Ресурсы <http://library.urfu.ru/resources>
5. Поиск <http://library.urfu.ru/search/>
6. Электронные ресурсы по подписке УрФУ, например, база данных «Техэксперт».
7. Российская электронная научная библиотека. – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>
8. Поисковые системы публикаций отечественных и зарубежных научных изданий: <http://www.sciencedirect.com>, <http://www.ingentaconnect.com>
9. Пакет офисных приложений (Word, Excel, Outlook, PowerPoint).

## 7.5 Электронные образовательные ресурсы

Все студенты имеют полный доступ к перечисленным ресурсам, в т.ч. через авторизованный доступ из сети интернет:

1. Elsevier V.V. БД Reaxys. Договор № 1-3839832505 от 20.02.2013;
2. ООО «Первое Независимое Рейтинговое Агентство» ИПС FIRAPRO. Договор № 43-12/370-2013 от 23.05.2013;
3. EBSCO Industries, IncБД Business Source Complete. Договор № 624 от 02.07.2013;
4. EBSCO Industries, IncБД EBSCO Discovery Service. Договор № 625 от 02.07.2013;
5. Elsevier V.V. БД Freedom Collection. Договор № 1-4412061361 от 26.04.2013;
6. НП «НЭИКОН», БД компании Thomson Reuters, Web of Science в составе: БД Citation Index Expanded, БД Social Sciences Index, БД Art&Humanities Citation Index, Journal Citation Reports, Conference Proceedings Citation Index. Договор № 43-12/456-2013 от 12.07.2013;
7. ЗАО «КОНЭК», БД компании ProQuest, БД диссертаций ProQuest Didital Dissertations and Theses;
8. 9. БД ebrary компании ProQuest, БД Emerald Journals 95, Emerald eBooks Series, Emerald Engineering. Договор № 43-12/761-2013 от 12.09.2013;
9. EBSCO Industries, Inc, БД Inspec, БД Applied Science & Tech Source (upgrade CASC). Договор № 43-12/762-2013 от 30.08.2013;
10. ООО «Научная электронная библиотека» Система SCIENCEINDEX. Договор № 43-12/615-2013 от 01.08.2013;
11. ООО «Издательство Лань» ЭБС Лань. Договор № 43-12/808-2013 от 13.09.2013;
12. ООО «Директ-Медиа», ЭБС «Университетская библиотека онлайн». Договор № 167-07/13 от 13.09.2013;
13. НП «НЭИКОН» ЭР EBSCO Publishing. Договор № 43-12/1176-2013 от 02.12.2013;
14. НО БФ «Фонд содействия развитию УГТУ-УПИ» ООО Компания «Кодекс-Люкс» Договор № 68/1354 от 25.11.2013;
15. НП «НЭИКОН» БД Questel ORBIT. Договор № 43-12/1099-2013 от 06.11.2013;
16. НП «НЭИКОН» AIP Nature Journals. Договор № 43-12/1354-2013 от 16.12.2013;
17. НП «НЭИКОН», ACS, Cambridge University Press. Договор № 43-12/1474-2013 от 15.11.2013
18. Elsevier V.V. БД Scopus. Договор № 1-5608083155 от 11.11.2013;
19. НП «НЭИКОН», БД JSTOR, БД ACM. Договор № 43-12/1585-2013 от 25.12.2013;
20. НП «НЭИКОН», БД OXFORD REFERENCE ONLINE. Договор № 43-12/1586-2013 от 26.12.2013;
21. ООО «НЭИКОН», ООО «Ивис», ООО «Твинком», ООО «Интегрум Медиа». Договор № 43-12/1226-2013 от 01.11.2013.

## 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Аспиранты физико-технологического института обеспечены специальными помещениями для проведения занятий лекционного и семинарского типа, а также проведения лабораторных и научно-исследовательских работ

№	Аудитория, место нахождения	Характеристика кабинета / аудитории и программного обеспечения
1.	ул.Мира, 21, Ф-136/137	Современная эргономичная мебель для студентов (на 10 человек) Компьютеры -2 Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus Дифрактометр рентгеновский X'Pert PRO MRD Дифрактометр рентгеновский Shimadzu XRD-7000S
2.	ул.Мира, 21, Ф-128	Современная эргономичная мебель для студентов (на 5 человек); Компьютер; Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus; Импульсный спектрометр электронного парамагнитного резонанса ELEXSYS E580 (BRUKER BIOSPIN)
3.	ул.Мира, 21, Ф-214	Центр параллельных вычислений Современная мебель для студентов (на 5 человек); Высокопроизводительный вычислительный кластер. - Управляющий узел: Двухпроцессорный двуядерный сервер Sun Fire X4200 M2 2x2216 в комплектации: 2 процессора Opteron 2216, 8 Гб оперативной памяти, 4 диска 146 Гб SAS; - Расчетные узлы: 9 двухпроцессорных двуядерных серверов Sun Fire X4100 M2 2x2216 в комплектации: 2 процессора Opteron 2216, 4 Гб оперативной памяти, 2 диска 73 Гб SAS; 12 двухпроцессорных узлов HP ProLiant DL 145 G2 (Opteron 2 ГГц). Каждый узел содержит 1 Гб оперативной памяти и жесткий диск 80 Гб; - Тип расчетной сети: Gigabit Ethernet; - Операционная система: Rocks Cluster Distribution 4.2.1; - Коммуникационная библиотека: Интерфейс Передачи Сообщений MPICH2; - Система управления очередью заданий: Sun Grid Engine; - Компиляторы: GNU C/C++, Fortran 77, 90; - Библиотеки: ACML, BLACS и ScaLapack.
4.	ул.Мира, 21, Ф-264	Учебно-научная лаборатория физики твердого тела Автоматизированные лабораторные стенды с источниками возбуждающего излучения: стенд для измерения рентгенолюминесценции материалов, стенд для измерения фотолюминесценции материалов, стенд для исследования оптического поглощения материалов, стенд для исследования термостимулированной люминесценции материалов

5.	ул.Мира, 21, Ф-275-277	Научно-исследовательская лаборатория спектроскопических измерений Поверочный стенд, экспериментальная установка для исследования радиационно-оптических свойств твердых тел
6.	ул.Мира, 21, Ф-164	Научно-исследовательская лаборатория высокотемпературных воздействий Стенд высокотемпературных воздействий на материалы «Плазмотрон»
7.	ул.Мира, 21, Ф-174	Учебно-научный инновационно-внедренческий центр радиационной модификации свойств материалов Линейный ускоритель электронов, конвейер для подачи материалов в зону облучения, аппаратура радиационного контроля
8.	ул.Мира, 21, Ф-052	Учебно-научная мессбауэровская лаборатория Мессбауровский спектрометр высокого скоростного разрешения, компьютер, контрольно-измерительная аппаратура
9.	ул.Мира, 21, Ф-437	Компьютерная и мультимедийная аудитория Интерактивная доска, Проектор и экран, 15 компьютеров Intel Core i3.
10.	ул.Мира, 21, Ф-405	Лабораторная аудитория Учебно-лабораторный стенд по аналоговой и цифровой электронике National Instruments, Осциллограф OWON, Генератор Tektronik
11.	ул.Мира, 21, Ф-366	Лаборатория отжига материалов Высокотемпературная вакуумная печь
12.	ул.Мира, 21, Ф-318	Специализированная аудитория ИКЛ спектрометр КЛАВИ, Установка термолюминесценции, ОСЛ спектрометр
13.	ул.Мира, 21, Ф-258	Лаборатория спектроскопии Спектрометр оптического поглощения LAMBDA-35, Оптический спектрометр LS-55, УФ спектрометр высокого разрешения.
14.	ул.Мира, 21 Ф-314	Лаборатория рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии Рентгеновской фотоэлектронный спектрометр PHI 5000 VersaProbe.
15.	ул.Мира, 21, Ф-349	Современная эргономичная мебель для студентов (на 40 чел.); Компьютер; Мультимедийный проектор; Выдвижной настенный экран; Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader,
16.	ул.Мира, 21, Ф-372	Современная эргономичная мебель для студентов (на 60 человек); Компьютер; Мультимедийный проектор; Выдвижной настенный экран; Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus
17.	ул.Мира, 21, Ф-350	Компьютерный класс Современная мебель для студентов (на 12 человек); Компьютер (14 ед.);

		Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus, Маркерная доска
18.	ул.Мира, 21, Ф-345 – Ф-347	Учебная лаборатория спектрометрии Стенды, оснащенные контрольно-измерительной аппаратурой, спектрометрами, компьютеры с лицензионным ПО (8 стендов)
19.	ул.Мира, 21, Ф-355	Учебная лаборатория физических полей Стенды, оснащенные контрольно-измерительной аппаратурой, источниками физических полей различной природы (6 стендов)
20.	ул.Мира, 21, Ф-362	Научно-исследовательская лаборатория электроники рентгеновских приборов Источники ионизирующих излучений, контрольно-измерительная аппаратура, спектрометры, компьютеры
21.	ул.Мира, 21, Ф-246	Учебная лаборатория прикладной ядерной физики Лабораторные ядерно-физические стенды, контрольно-измерительная аппаратура, компьютеры (8 стендов)
22.	ул.Мира, 21, Ф-248	Учебная лаборатория дозиметрии Источники ионизирующих излучений, детекторы ионизирующих излучений, дозиметры, радиометры (6 стендов)
23.	ул.Мира, 21, Ф-264	Учебно-научная лаборатория физики твердого тела Автоматизированные лабораторные стенды с источниками возбуждающего излучения, монохроматорами, регистрирующей аппаратурой, устройства получения вакуума и приборы его измерения (4 стенда)
24.	ул.Мира, 21, Ф-263	Вузовско-академическая радоновая лаборатория Стенд для поверки радонометров, радон-монитор «Alpha-Guard», компьютер
25.	ул.Мира, 21, Ф-275-277	Научно-исследовательская лаборатория спектроскопических измерений Поверочный стенд, экспериментальная установка для исследования радиационно-оптических свойств твердых тел
26.	ул.Мира, 21, Ф-149-151	Научно-исследовательская лаборатория электроники рентгеновских приборов Источники ионизирующих излучений, места монтажников радио-измерительной аппаратуры, контрольно-измерительная аппаратура, рентгенофлуоресцентные анализаторы состава вещества, компьютеры
27.	ул.Мира, 21, Ф-164	Научно-исследовательская лаборатория высокотемпературных воздействий Стенд высокотемпературных воздействий «Плазмотрон»
28.	ул.Мира, 21, Ф-165	Учебная лаборатория электронных ускорителей Импульсный ускоритель электронов, контрольно-измерительная аппаратура, вакуумная техника
29.	ул.Мира, 21, Ф-174	Учебно-научный инновационно-внедренческий центр радиационной модификации свойств материалов Линейный ускоритель электронов, конвейер для подачи материалов в зону облучения, аппаратура радиационного контроля
30.	ул.Мира, 21, Ф-052	Учебно-научная мессбауэровская лаборатория

		Мессбауровский спектрометр высокого скоростного разрешения, компьютер, контрольно-измерительная аппаратура
31.	ул.Мира, 21, Ф-014	Библиотека кафедры экспериментальной физики Литература, современная эргономичная мебель для студентов

**Приложение 1**  
**к рабочей программе дисциплины**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**9.1 КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ  
МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ**

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## **9.2 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**9.1 Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине в рамках БРС**

Не используется.

**9.2 Критерии оценивания результатов промежуточной аттестации при использовании независимого тестового контроля**

Не используется.

**9.3 Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации**

**9.2.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий**

Не предусмотрено

**9.2.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

Не предусмотрено

**9.2.3. Примерные контрольные кейсы**

Не предусмотрено

**9.2.4. Перечень примерных вопросов для зачета**

Не предусмотрено

**9.2.5. Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Принципы и методы ускорения заряженных частиц. Высоковольтное ускорение. Резонансное ускорение. Принцип автофазировки.
2. Орбитальная устойчивость движения частиц в аксиально-симметричном магнитном поле. Принцип сильной фокусировки. Метод встречных пучков.
3. Электростатические ускорители.
4. Циклические ускорители протонов (ионов): циклотрон, изохронный циклотрон, синхроциклотрон, синхротрон.
5. Циклические ускорители электронов: микротрон, синхротрон. Линейные резонансные ускорители ионов.
6. Линейные резонансные ускорители электронов.
7. Накопители частиц и коллайдеры.
8. Ионизационное торможение тяжелых заряженных частиц, многократное рассеяние, пробег в веществе.
9. Ионизационные и радиационные потери энергии электронов.
10. Черенковское излучение заряженных частиц. Флуктуации ионизационных потерь энергии.
11. Особенности движения быстрых заряженных частиц в монокристаллах.
12. Прохождение гамма-квантов через вещество. Фотоэффект. Эффект Комптона. Рождение электронно-позитронных пар. Полное сечение взаимодействия гамма-квантов с веществом.
13. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Упругое рассеяние нейтронов на ядрах. Замедление быстрых нейтронов. Диффузия тепловых нейтронов и поглощение их ядрами.
14. Измерение ионизации среды. Ионизационные камеры. Пропорциональные счетчики. Полупроводниковые детекторы.



15. Измерение энергии. Сцинтилляционные спектрометры. Электромагнитные и адронные калориметры.
16. Измерение импульса. Магнитные спектрометры.
17. Измерение временных интервалов. Сцинтилляционные счетчики. Черенковские счетчики. Искровые счетчики.
18. Измерение координат траекторий частиц. Проволочные пропорциональные камеры. Дрейфовые камеры. Время-проекционные камеры. Стримерные камеры. Пузырьковые камеры. Позиционно-чувствительные полупроводниковые детекторы. Ядерные фотоэмульсии.
19. Идентификация частиц. Измерение ионизационных потерь. Измерение времени пролета. Черенковские счетчики. Детекторы переходного излучения. Нейтронные счетчики. Детекторы нейтрино.
20. Резерфордское обратное рассеяние. Метод ядер отдачи.
21. Мессбауэровская спектроскопия: основы метода и особенности практической реализации.
22. Метод электронного парамагнитного резонанса.
23. Методы измерения термодинамических величин.
24. Методы регистрации сигнала в оптическом диапазоне.
25. Концепция эффективной дозы.
26. Погрешность и неопределенность.
27. Оценка параметров случайных величин.
28. Фурье-анализ, дискретное преобразование Фурье.
29. Статистическая проверка гипотез. Критерий  $\chi^2$
30. Метод наименьших квадратов.
31. Прямые и обратные задачи. Некорректные задачи.
32. Контроль процессов измерений в реальном времени: аппаратные и программные решения.