

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
В.Ф. УТКИНА"

СОГЛАСОВАНО
Зав. выпускающей кафедры

УТВЕРЖДАЮ

Кандидатский экзамен по специальности
"Специальная дисциплина "Приборы и методы
экспериментальной физики""
рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Общей и экспериментальной физики**
Учебный план 1.3.2. _06_26_00.plx
1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **2 ЗЕТ**

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	6 (3.2)		Итого	
Неделя	16			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Иная контактная работа	1	1	1	1
Консультирование перед экзаменом и практикой	2	2	2	2
Итого ауд.	3	3	3	3
Контактная работа	3	3	3	3
Сам. работа	16	16	16	16
Часы на контроль	53	53	53	53
Итого	72	72	72	72

г. Рязань

Программу составил(и):

д.техн.н., зав. каф., Дубков Михаил Викторович

Рабочая программа дисциплины

Кандидатский экзамен по специальности "Специальная дисциплина "Приборы и методы экспериментальной физики""

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

ФГОС ВО - по научной специальности 1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики (приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951)

составлена на основании учебного плана:

1.3.2. Приборы и методы экспериментальной физики

утвержденного учёным советом вуза от 13.03.2026 протокол № 8.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Общей и экспериментальной физики

Протокол от 26.05.2026 г. № 6

Срок действия программы: 2026-2030 уч.г.

Зав. кафедрой Дубков Михаил Викторович

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры
Общей и экспериментальной физики

Протокол от _____ 2027 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры
Общей и экспериментальной физики

Протокол от _____ 2028 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры
Общей и экспериментальной физики

Протокол от _____ 2029 г. № ____

Зав. кафедрой _____

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для
исполнения в 2030-2031 учебном году на заседании кафедры

Общей и экспериментальной физики

Протокол от _____ 2030 г. № ____

Зав. кафедрой _____

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1.1	Цель кандидатского экзамена – установить глубину профессиональных знаний аспирантов.
1.2	Задачи кандидатского экзамена: определить уровень сформированности у аспиранта профессиональных знаний, умений и практических навыков; установить подготовленность специалиста к самостоятельной научно- исследовательской и практической деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	2.3
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
2.1.1	К освоению программ аспирантуры допускаются лица, имеющие образование не ниже высшего образования (специалитет или магистратура, в том числе лица, имеющие образование, полученное в иностранном государстве, признанное в Российской Федерации. (Постановление от 30 ноября 2021г №2122 "ОБ УТВЕРЖДЕНИИ ПОЛОЖЕНИЯ О ПОДГОТОВКЕ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ (АДЪЮНКТУРЕ) п.4 раздела I.
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
--

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	Основные принципы и методы измерений физических величин, основанных на современных достижениях в различных областях физики; методы и приемы моделирования физических явлений и процессов в электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий; концепции, модели, технологии и приемы организации и проведения экспериментальных исследований с применением современных средств и методов обработки и представления экспериментальных данных на основе информационно- коммуникационных технологий.
3.2	Уметь:
3.2.1	Модернизировать известные и разрабатывать новые методики измерений физических величин; моделировать физические явления и процессы в электронных приборах с использованием современных информационно- коммуникационных технологий; обрабатывать и интерпретировать экспериментальные результаты исследования физических процессов с использованием современных информационно-коммуникационных технологий.
3.3	Владеть:
3.3.1	Методологией модернизации и разработки новых методик измерений физических величин; методами и приемами моделирования физических явлений и процессов в электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий; методами и приемами обработки и интерпретации экспериментальных результатов исследования физических процессов с использованием современных информационно-коммуникационных технологий на основе информационно-измерительных комплексов как средства повышения точности и снижения затрат на его проведение.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Компетен-ции	Литература	Форма контроля
	Раздел 1. Измерение физических величин					
1.1	Методы измерения основных физических величин /Тема/	6	0			

1.2	1. Методы измерения времени, погрешности измерений, эталоны. Учет эффектов общей теории относительности (зависимость хода часов от ускорения и гравитации). 2. Измерение частот в радиодиапазоне. Стандарты частоты. 3. Методы и погрешности измерений координат, углов, длин. Мировые стандарты. и эталоны. 4. Методы измерения термодинамических величин. 5. Радиоспектроскопия (эффект Зеемана, ядерный магнитный резонанс, томография). 6. Электромагнитные измерения (способы регистрации радиоизлучения, методы регистрации в оптическом диапазоне: фотодиоды, фотоумножители, черенковские детекторы). 7. Регистрация частиц и радиоактивных излучений (ионизационные камеры, газоразрядные счетчики, пропорциональные счетчики, стримерные и искровые камеры, полупроводниковые детекторы, сцинтилляционные счетчики, пузырьковые камеры, черенковские счетчики, ядерные фотоэмульсии). 8. Шумы и помехи при измерении электрических, акустических и оптических величин. 9. Дифференциальные, интерферометрические и др. методы измерений. 10. Нанотехнологии в измерительной технике. 11. Дозиметрические измерения и дозиметрические единицы; коэффициенты, учитывающие влияние радиации на живые организмы, эквивалентная доза. /Экзамен/	6	10		Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
1.3	/Ср/	6	4		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
1.4	Измерения /Тема/	6	0			

1.5	1. Системы единиц. Единая система единиц (СИ). Универсальные постоянные и естественные системы единиц. Производные единицы и стандарты. 2. 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). 3. Методы измерений физических величин в исследуемой области физики. 4. Основные принципы построения приборов для измерений физических величин в заданной области физики*. 5. Фундаментальные шумы в измерительных устройствах Тепловой шум. Формула Найквиста. Теорема Каллена-Вельтона. Дробовой шум в электронных и оптических приборах. Шумы $1/f$. 6. Квантовые эффекты в физических измерениях. Условия, когда классический подход становится неприменим. Соотношения неопределенности. Роль обратного флуктуационного влияния прибора. Стандартные квантовые пределы. Квантовые невозмущающие измерения. Квантовые эталоны единиц физических величин (примеры). Эффект Джозефсона и сверхпроводящие квантовые интерферометры. /Экзамен/	6	10		Л1.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
1.6	/Ср/	6	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
1.7	Критерии точности измерений /Тема/	6	0			

1.8	1. Случайные события. Понятие вероятности. Условные вероятности. Распределение вероятности. Плотность вероятности. Моменты. 2. Специальные распределения вероятностей и их использование в физике. Биномиальное распределение, распределение Пуассона (дробовой шум), экспоненциальное распределение. Нормальное распределение и центральная предельная теорема. 3. Многомерные распределения вероятностей. Корреляции случайных величин. 4. Случайные процессы. Эргодичность. Корреляционная функция случайного процесса. Стационарные случайные процессы. Спектральная плотность. Теорема Винера- Хинчина. 5. Оценка параметров случайных величин. Выборочные средние и дисперсии. Выборочные распределения. t - распределение Стьюдента, - распределение 6. Определение средних значений измеряемых параметров и их погрешностей в прямых и косвенных измерениях. 7. 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. /Экзамен/	6	9		Л1.4Л2.2 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
1.9	/Ср/	6	4		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
1.10	Методы анализа физических измерений /Тема/	6	0			
1.11	1. Аналитическая аппроксимация результатов и измерений. Интерполяция (линейная, квадратичная, кубическая и т.д.) 2. Фурье- анализ. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Вэйвлетный анализ. 3. Статистическая проверка гипотез. Критерии согласия и методы их использования. Критерий , Смирнова- Колмогорова, Колмогорова. 4. Прямые и обратные задачи. Некорректные задачи. Обратные задачи при анализе результатов измерений и методы их решения. 5. Метод максимального правдоподобия и его применение. 6. Метод наименьших квадратов. /Экзамен/	6	8		Л1.2Л2.1 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
1.12	/Ср/	6	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
	Раздел 2. Моделирование и автоматизация эксперимента					
2.1	Моделирование физических процессов /Тема/	6	0			

2.2	1. Аналитическое описание физических процессов. 2. Планирование эксперимента, выбор метода и технических средств, методы оценки ожидаемых результатов и их погрешностей. 3. Метод статистических испытаний методика его применения. 4. Использование моделей физических процессов.* 5. Учет влияния прибора на результаты измерений. Моделирование с учетом особенностей используемых детекторов. /Экзамен/	6	8		Л1.3 Л1.5Л2.3 Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
2.3	/Ср/	6	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
2.4	Автоматизация эксперимента /Тема/	6	0			
2.5	1. Создание комплексных установок. Общие требования. Обработка информации «в линию» (on-line) 2. Способы преобразования измерений для передачи на значительные расстояния. 3. Контроль процессов измерений в реальном времени 4. Способы вывода информации в реальном времени. Накопление экспериментальных данных, создание банков данных. /Экзамен/	6	8		Л1.1Л2.4 Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
2.6	/Ср/	6	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
	Раздел 3. Контактная работа					
3.1	Контактная работа /Тема/	6	0			
3.2	/ИКР/	6	1		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	
3.3	/Кнс/	6	2		Э1 Э2 Э3 Э4 Э5 Э6 Э7 Э8	

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Оценочные материалы")

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.1	Аникин В.С., Малютин А.Е.	ЭВМ в технике и научных исследованиях : Учебное пособие	Рязань: РИЦ РГРТУ, 2005,	, https://elib.rsre.ru/ebs/download/310
Л1.2	Новицкий П.В.	Оценка погрешностей результатов измерений	Л.:Энергоатомиздат.Ленингр.отд-ние, 1991, 304с.	5-283-04513-7, 1

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л1.3	Грановский В.А., Сирая Т.Н.	Методы обработки экспериментальных данных при измерениях	Л.:Энергоатоми здат.Ленингр.от д-ние, 1990, 288с.	5-283-04480- 7, 1
Л1.4	Под ред.Зарубина В.С.,Крищенко А.П.	Математическая статистика : Учебник для вузов	М.:Изд-во МГТУ, 2002, 424с.	5-7038-1270- 4,5-7038-1730 -7, 1
Л1.5	Вержбицкий В.М.	Основы численных методов : Учеб.	М.:Высш.шк., 2002, 840с.	5-06-004020- 8, 1

6.1.2. Дополнительная литература

№	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год	Количество/название ЭБС
Л2.1	Дворяшин Б.В.	Основы метрологии и радиоизмерения : Учеб.пособие для студ.вузов	М.:Радио и связь, 1993, 319с.	5-256-01020- 4, 1
Л2.2	Науч.ред.Русин Ф.С.;Всесоюз.науч.- исслед.ин-т физ.- техн.и радиотехн.измер.	Исследования в области измерений времени и частоты : Сб.науч.трудов	М., 1990, 113с.	, 1
Л2.3	Шуп Т.Е.	Прикладные численные методы в физике и технике	М.:Высш.шк., 1990, 254с.	5-06-001014- 7, 1
Л2.4	Бордовский Г.А., Кондратьев А.С., Чоудери А.Д.	Физические основы математического моделирования : Учеб.пособие	М.:Академия, 2005, 320с.	5-7695-1838- 3, 1

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	Официальный интернет портал РГРТУ [электронный ресурс] http://www.rsreu.ru
Э2	Образовательный портал РГРТУ [электронный ресурс]. - Режим доступа: по паролю https://edu.rsreu.ru
Э3	Электронная библиотека РГРТУ [электронный ресурс]. - Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ - по паролю http://elib.rsreu.ru/
Э4	Электронно-библиотечная система IRPbooks [электронный ресурс]. - Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ - свободный, доступ из сети интернет- по паролю https://www.iprbookshop.ru
Э5	Электронно-библиотечная система «Лань» [электронный ресурс]. - Режим доступа: доступ из корпоративной сети РГРТУ - свободный, доступ из сети интернет- по паролю https://e.lanbook.com
Э6	Официальный сайт Министерства образования и науки Российской Федерации [Электронный ресурс]. http://минобрнауки.рф
Э7	Официальный сайт Всероссийской аттестационной комиссии Российской Федерации [Электронный ресурс]. http://vak.ed.gov.ru
Э8	Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования [Электронный ресурс]. http://fgosvo.ru

6.3 Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

6.3.1 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование	Описание
Операционная система Windows	Коммерческая лицензия

Adobe Acrobat Reader	Свободное ПО
LibreOffice	Свободное ПО
6.3.2 Перечень информационных справочных систем	
6.3.2.1	Система КонсультантПлюс http://www.consultant.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
1	345 учебно-административный корпус. Учебная аудитория для проведения учебных занятий Специализированная мебель (30 мест без учета места преподавателя); Аудиторная доска

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)	
Методическое обеспечение дисциплины приведено в приложении к рабочей программе дисциплины (см. документ "Методические указания").	

Оператор ЭДО ООО "Компания "Тензор"

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ КАФЕДРЫ	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ , Дубков Михаил Викторович, Заведующий кафедрой ОиЭФ	22.06.26 08:39 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО ЗАВЕДУЮЩИМ ВЫПУСКАЮЩЕЙ КАФЕДРЫ	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ , Дубков Михаил Викторович, Заведующий кафедрой ОиЭФ	22.06.26 08:40 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО НАЧАЛЬНИКОМ ОА	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ , Бодров Олег Анатолевич, Начальник отдела аспирантуры	22.06.26 15:21 (MSK)	Простая подпись
ПОДПИСАНО ПРОРЕКТОРОМ ПО НР И И	ФГБОУ ВО "РГРТУ", РГРТУ , Гусев Сергей Игоревич, Проректор по научной работе и инновациям	23.06.26 10:58 (MSK)	Простая подпись