


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ В.Ф. УТКИНА»


КАФЕДРА ОБЩЕЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

СОГЛАСОВАНО

Директор института
магистратуры и аспирантуры

 О.А. Бодров
«26» 06 2020 г.


Заведующий кафедрой Общей и
экспериментальной физики

 М.В.Дубков
«26» 06 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по РОПиМД



 А.В. Корячко
«06» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

К.М.01.ДВ.01.01 «МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

**Направление подготовки – 03.06.01 Физика и астрономия
ОПОП – «Приборы и методы экспериментальной физики»**

**Квалификация выпускника – Исследователь. Преподаватель-
исследователь**

Формы обучения – очная, заочная

Рязань 2020

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (подготовка кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 867.

Разработчик
Заведующий кафедрой
Общей и экспериментальной физики,
д.т.н., доцент



М.В. Дубков

Программу обсуждена и одобрена на заседании кафедры Общей и экспериментальной физики,
протокол № 8 от «25» июня 2020 г.

Заведующий кафедрой
Общей и экспериментальной физики,
д.т.н., доцент



М.В. Дубков

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа по дисциплине «Моделирование физических процессов» является составной частью основной профессиональной образовательной программы «Приборы и методы экспериментальной физики» по направлению подготовки кадров высшей квалификации 03.06.01 Физика и астрономия, разработанной в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 03.06.01 Физика и астрономия (подготовка кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 г. № 867.

Целями освоения дисциплины «Моделирование физических процессов» являются изучение принципов численного моделирования физических процессов в электронных системах; численных методов интерполяции, интегрирования и дифференцирования; приближенных и численных методов решения нелинейных уравнений и обыкновенных дифференциальных уравнений; численный гармонический анализ; метод Монте-Карло; методы оптимизации расчета электронных устройств; обратные и некорректные задачи и методы их решения.

В задачи дисциплины входит:

- изучение математических моделей физических процессов, основанных на фундаментальных основах физики и методов их практического использования;
- расширение научного кругозора и эрудиции аспирантов, овладение методами теоретического описания и основными математическими моделями физических процессов в электронных устройствах;
- совершенствование навыков постановки численного эксперимента по изучению свойств электронных приборов, применения современных экспериментальных методик и информационно-коммуникационных технологий;
- совершенствование навыков моделирования физических процессов в электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий;
- совершенствование навыков профессионального изложения научного, экспериментального и теоретического материала в виде докладов, презентаций, научных публикаций; умения теоретически обосновать явления, обусловленные физическими процессами в электронных приборах;
- совершенствование навыков организации научно-исследовательской и научно-методической работы;
- применение приобретенных теоретических и практических знаний для решения конкретных задач при подготовке выпускных работ, в научно-исследовательской, а также дальнейшей профессиональной деятельности.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** принципы построения математических моделей электронных приборов и устройств;
- **уметь** на основе известных физических законов составлять рабочие уравнения, описывающие физические поля в электронных приборах и процессы взаимодействия с ними движущихся заряженных частиц;
- **владеть** практическими навыками составления алгоритмов решения на ЭВМ уравнений математической модели.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Коды компетенций	Результаты освоения ОПОП Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	<p><u>Знать</u>: инновационные и вариативные концепции, модели, технологии и приемы организации и проведения экспериментальных исследований в области физики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p> <p><u>Уметь</u>: применять на практике основные приемы организации и проведения экспериментальных исследований в области физики, современные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии, анализировать экспериментальные результаты и обосновывать полученные выводы.</p> <p><u>Владеть</u>: методами организации и проведения экспериментальных исследований в области физики с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</p>
ПК-1	Способность модернизировать известные и разрабатывать новые методики и методы физических измерений	<p><u>Знать</u>: основные принципы и методы измерений физических величин, основанных на современных достижениях в различных областях физики.</p> <p><u>Уметь</u>: модернизировать известные и разрабатывать новые методики измерений физических величин.</p> <p><u>Владеть</u>: методологией модернизации и разработки новых методик измерений физических величин.</p>
ПК-2	Способность разрабатывать программное обеспечение для новых методик исследования физических явлений и процессов	<p><u>Знать</u>: методы разработки программного обеспечения, алгоритмы и программные средства обработки данных исследования физических явлений и процессов для новых методик исследования.</p> <p><u>Уметь</u>: разрабатывать программное обеспечение для новых методик исследования физических явлений и процессов.</p> <p><u>Владеть</u>: приемами и методами разработки программного обеспечения для новых методик исследования физических явлений и процессов.</p>

ПК-3	Способность моделировать физические явления и процессы в электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий	<p><u>Знать:</u> методы и приемы моделирования физических явлений и процессов в электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий.</p> <p><u>Уметь:</u> моделировать физические явления и процессы в электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий.</p> <p><u>Владеть:</u> методами и приемами моделирования физических явлений и процессов в электронных приборах с использованием современных информационно-коммуникационных технологий</p>
ПК-4	Способность обрабатывать и интерпретировать экспериментальные результаты исследования физических процессов с использованием современных информационно-коммуникационных технологий	<p><u>Знать:</u> 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.</p> <p><u>Уметь:</u> обрабатывать и интерпретировать экспериментальные результаты исследования физических процессов с использованием современных информационно-коммуникационных технологий.</p> <p><u>Владеть:</u> 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</p>

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП И СРОКИ ПРОВЕДЕНИЯ

Дисциплина «Моделирование физических процессов» (К.М.01.ДВ.01.01) относится к вариативной части комплексного модуля дисциплин (модулей) по выбору учебного плана направления подготовки – 03.06.01 «Физика и астрономия»; ОПОП «Приборы и методы экспериментальной физики».

Дисциплина изучается аспирантами по очной форме обучения на 2-м курсе, в 4-м семестре, по заочной - на 3-м курсе.

Объем составляет 108 часов (3 зачетных единицы) по очной и заочной формам обучения.

До начала изучения дисциплины обучающиеся должны:

знать:

- фундаментальные физические законы и процессы;
- основные тенденции развития и проблемы в области экспериментальной физики;

уметь:

- осуществлять поиск источников литературы с привлечением современных информационных технологий;

- составлять математические уравнения известных физических законов;

владеть:

- базовой терминологией;

- методологическими основами математического моделирования.

Дисциплина «Моделирование физических процессов» является основой для подготовки научно-квалификационной работы аспиранта.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часов).

Вид учебной работы	Всего часов	
	Очная форма	Заочная форма
Общая трудоёмкость дисциплины, в том числе:	108	108
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего), в том числе:	60,25	12,25
Лекции	30	6
Практические занятия	30	6
Консультации	-	
ИКР	0,25	0,25
Самостоятельная работа	39	92
Контроль	8,75	3,75

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

4.1 Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)

Раздел	Содержание
1. Введение.	Предмет и задачи курса. Требования, предъявляемые к математическим моделям: адекватность, экономичность, точность, универсальность. Классификация математических моделей. Ограничения ММ.

2. Методы моделирования электростатических полей.	Метод конечных разностей, типы краевых задач, задание граничных условий при расчете ЭВП. Конечно-разностный аналог уравнения Лапласа и Пуассона. Итерационные методы решения системы конечно-разностных уравнений. Метод одномерной прогонки. Метод продольно-поперечных прогонок Пирсмана-Ракфорда. Метод функции Грина. Метод интегральных уравнений.
3. Методы моделирования магнитных полей.	Расчет магнитных полей на ЭВМ. Расчет собственных полей потоков заряженных частиц, уравнения Максвелла. Расчет внешних магнитных полей, использование метода конечных разностей для расчета магнитных полей в системе полюсных наконечников и экранов. Расчет магнитного поля по его осевому распределению, параксиальное приближение; трехмерный случай, использование в качестве исходных экспериментальных данных, получаемых на установках с датчиками Холла.
4. Моделирование процессов движения заряженных частиц.	Уравнения движения в форме Ньютона. Сведение системы дифференциальных уравнений второго порядка к системе уравнений первого порядка. Методы численного интегрирования уравнений движения: метод Эйлера, модифицированный метод Эйлера, метод Эйлера-Коши с итерациями, их недостатки; методы Рунге-Кутты, методы Адамса, оценка погрешностей. Рекомендации по выбору методов при расчете ЭП.
5. Модели потоков заряженных частиц.	Классификация моделей. Модели электронных потоков для расчета статических процессов: двумерные модели в виде нитей, модель трубок тока, объемные модели, трехмерные модели. Модели электронного потока для расчета динамических процессов: метод макрочастиц, одномерная дисковая модель, двумерная дисковая модель, дисково-кольцевая модель, метод "опорных частиц", понятие о "контрольных электронах", двумерная и трехмерная модели потока из деформирующихся элементов.
6. Методы расчета полей пространственного заряда.	Метод функции Грина для одномерной и многомерной моделей макрочастиц, метод отраженных зарядов, сеточные методы. Расчет распределения пространственного заряда в дискретной модели электронного потока в стационарном и нестационарном процессах.

4.2. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Очная форма обучения

Темы	Общая трудоемкость	Контактная работа аспирантов с преподавателем					Контроль	Самостоятельная работа
		Всего	Лекции	Практические занятия	Консультации	ИКР		
Введение.	6	2	2					4
Методы моделирования электростатических полей.	19	12	6	6				7
Методы моделирования магнитных полей.	17	10	4	6				7
Моделирование процессов движения заряженных частиц.	19	12	6	6				7
Модели потоков заряженных частиц.	19	12	6	6				7
Методы расчета полей пространственного заряда.	19	12	6	6				7
	9	0,25				0,25	8,75	
Всего	108	50,25	30	30	-	0,25	8,75	39

Заочная форма обучения

Темы	Общая трудоемкость	Контактная работа аспирантов с преподавателем					Контроль	Самостоятельная работа
		Всего	Лекции	Практические занятия	Консультации	ИКР		
Введение.	10	2	1	1				8

Методы моделирования электростатических полей.	18	2	1	1				16
Методы моделирования магнитных полей.	18	2	1	1				16
Моделирование процессов движения заряженных частиц.	22	2	1	1				20
Модели потоков заряженных частиц.	18	2	1	1				16
Методы расчета полей пространственного заряда.	18	2	1	1				16
	4	0,25				0,25	3,75	
Всего	108	12,25	6	6	-	0,25	8,75	92

5 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методическое обеспечение дисциплины включает в себя пособия, рекомендованные для самостоятельной работы аспиранта, инструкции по эксплуатации исследовательского оборудования.

Во время изучения дисциплины аспирант осуществляет сбор, обработку и систематизацию фактического и литературного материала к научно-квалификационной работе, подготовку к сдаче экзамена (зачета).

6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в виде оценочных материалов и приведен в Приложении.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная:

1. Вержбицкий В.М. Основы численных методов: Учебник. – М.: Высш. шк., 2002. – 840 с.

2. Денбновецкий С.В. Основы автоматизированного проектирования электронных приборов / Денбновецкий С.В., Писаренко Л.Д., Резниченко В.К. – К.: Высшая школа, 1987. – 336 с.
3. Молоковский С.И. Интенсивные электронные и ионные пучки / Молоковский С.И., Сушков А.Д. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.

б) дополнительная:

1. Моделирование в задачах исследования и оптимизации сложных процессов: учебное пособие. – Львович Е.Я., Ступаченко А.А., Фомин К.Б. и др. – Воронеж: ВПИ, 1974. – 176 с.
2. Бененсон З.М. Моделирование и оптимизация на ЭВМ радиоэлектронных устройств / Бененсон З.М., Елистратов М.Р., Ильин Л.К. – М.: Радио и связь, 1981. – 272 с.
3. Моделирование и проектирование радиоэлектронных средств: сб. науч. трудов. – Л.: Известия ЛЭТИ им. В.И.Ульянова (Ленина), 1990. – 96 с.

8. РЕСУРСЫ ИНФОРМАЦИОННО–ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТ, БАЗЫ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫЕ И ПОИСКОВЫЕ СИСТЕМЫ

Обучающимся предоставлена возможность индивидуального доступа к следующим электронно-библиотечным системам:

– Электронно-библиотечная система «Лань», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля. – URL: <https://e.lanbook.com/>

– Электронно-библиотечная система «IPRbooks», режим доступа – с любого компьютера РГРТУ без пароля, из сети интернет по паролю. – URL: <https://iprbookshop.ru/>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Работа обучающегося на лекции

Только слушать лекцию и записывать за лектором все, что он говорит, недостаточно. В процессе лекционного занятия обучающийся должен выделять важные моменты, выводы, анализировать основные положения. Прослушанный материал лекции аспирант должен проработать. От того, насколько эффективно он это сделает, зависит и прочность усвоения знаний, и, соответственно, качество восприятия предстоящей лекции, так как он более целенаправленно будет её слушать. Необходим систематический труд в течение всего семестра.

При написании конспекта лекций следует придерживаться следующих правил и рекомендаций.

1. Конспект нужно записывать «своими словами» лишь после того, как излагаемый лектором тезис будет вами дослушан до конца и понят.

2. При конспектировании следует отмечать непонятные, на данном этапе, места; записывать те пояснения лектора, которые показались особенно важными.

3. При ведении конспекта рекомендуется вести нумерацию разделов, глав, формул (в случае, если лектор не заостряет на этом внимание); это позволит при подготовке к сдаче экзамена не запутаться в структуре лекционного материала.

4. Рекомендуется в каждом более или менее законченном пункте выразить свое мнение, комментарий, вывод.

При изучении лекционного материала у аспиранта могут возникнуть вопросы. С ними следует обратиться к преподавателю после лекции.

В заключение следует отметить, что конспект каждый аспирант записывает лично для себя. Поэтому конспект надо писать так, чтобы им было удобно пользоваться.

Подготовка к практическим занятиям

Практические занятия по изучению материала дисциплины существенно дополняют лекции. В процессе анализа материала аспиранты расширяют и углубляют знания, полученные из лекционного курса и учебников, учатся глубже понимать физические законы и процессы, разбираться в их особенностях, границах применения, приобретают умение применять общие закономерности к конкретным случаям. В процессе практических занятий вырабатываются навыки применения вычислительной техники, работы со справочной литературой, таблицами.

В часы самостоятельной работы аспиранты должны рассматривать вопросы, с которыми они не успели разобраться во время аудиторных занятий.. Отсутствие спешки на таких занятиях (которая нередко бывает на учебных занятиях из-за недостатка времени и напряженности рабочего плана) несомненно должно дать положительный эффект.

Подготовка к сдаче экзамена (зачета)

Экзамен (зачет) – форма промежуточной проверки знаний, умений, навыков, степени освоения дисциплины.

Главная задача экзамена (зачета) состоит в том, чтобы у аспиранта из отдельных сведений и деталей составилось представление об общем содержании соответствующей дисциплины, стала понятной методика предмета, его система. Готовясь к экзамену (зачету), аспирант приводит в систему знания, полученные на лекциях, на практических занятиях, разбирается в том, что осталось непонятным, и тогда изучаемая им дисциплина может быть воспринята в полном объеме с присущей ей строгостью и логичностью, ее практической направленностью.

На экзамене (зачете) оцениваются:

- 1) понимание и степень усвоения теории;
- 2) методическая подготовка;
- 3) знание фактического материала;
- 4) знакомство с основной и дополнительно литературой, а также с современными публикациями по данному курсу;
- 5) умение приложить теорию к практике;
- 6) знакомство с историей науки;

7) логика, структура и стиль ответа, умение защищать выдвигаемые положения.

Но значение экзаменов (зачетов) не ограничивается проверкой знаний. Являясь естественным завершением работы аспиранта, они способствуют обобщению и закреплению знаний и умений, приведению их в строгую систему, а также устранению возникших в процессе занятий пробелов.

Подготовка к экзамену (зачету) не должна ограничиваться беглым чтением лекционных записей, даже, если они выполнены подробно и аккуратно. Механического заучивания также следует избегать, поскольку его нельзя назвать учением уже потому, что оно создает внутреннее сопротивление какому бы то ни было запоминанию и, конечно уменьшает память. Более надежный и целесообразный путь – это тщательная систематизация материала при вдумчивом повторении, запоминании формулировок, установлении внутрипредметных связей, увязке различных тем и разделов, закреплении путем решения задач.

Подготовку к экзаменам (зачетам) следует начинать с общего планирования своей деятельности в период промежуточной аттестации, с определения объема материала, подлежащего проработке. Необходимо внимательно сверить свои конспекты с программой, чтобы убедиться, все ли разделы отражены в лекциях. Отсутствующие темы законспектировать по учебнику. Более подробное планирование на ближайшие дни будет первым этапом подготовки к очередному экзамену. Второй этап предусматривает системное изучение материала по данному предмету с обязательной записью всех выкладок, выводов, формул. На третьем этапе - этапе закрепления – полезно чередовать углубленное повторение особенно сложных вопросов с беглым повторением всего материала.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для выполнения практических задания аспирант может использовать любой свободно распространяемый программный продукт, как для создания собственных программ расчетов, так и для обработки полученных данных.

При проведении самостоятельной работы обучающихся используются следующие информационные технологии:

- доступ в сеть Интернет, обеспечивающий, поиск актуальной научно-методической и научно-технической информации;
- необходимое программное обеспечение для выполнения программы дисциплины, установленное в вузе, а также для выполнения самостоятельной работы:
 1. Операционная система Windows XP (Microsoft Imagine, 700102019)
 2. Kaspersky Endpoint Security
 3. Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для освоения дисциплины необходимы следующие материально-технические ресурсы:

1) аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;

2) компьютерный класс для проведения практических занятий и самостоятельной работы, оснащенный индивидуальной компьютерной техникой с подключением к локальной вычислительной сети и сети Интернет.