МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Высшая школа общей и прикладной физики
(факультет)

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ВШОПФ _____ Е.Д. Господчиков

«____» _____ 2018 г.

Рабочая программа дисциплины

Численные методы и математическое моделирование

Уровень высшего образования
бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 Физика

Направленность образовательной программы
профиль: Фундаментальная физика

Квалификация (степень)
бакалавр

Форма обучения
очная

Нижний Новгород

2018

1. Место и цели дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Численные методы и математическое моделирование» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины, модули» ОПОП. Дисциплина является обязательной для освоения в четвертом семестрах второго года обучения в бакалавриате.

Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов представления об основных методах численного решения математических задач и задач численного моделирования физических процессов;
- формирование у студентов навыков практического применения методов численного анализа для разработки простейших программ моделирования физических процессов на примере одномерного волнового уравнения и одномерного теплопроводности;
- формирование у студентов общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 «Физика».

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции	**Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций**
ОПК-2 способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей (этап освоения – **завершающий**)	*З1 (ОПК-2) Знать* основные прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений; наиболее употребительные методы решения одномерных нелинейных уравнений; простейшие методы оптимизации; основы теории аппроксимации пространств и операторов, начала теории разностных схем; простейшие методы численного интегрирования; основные методы численного решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений; методы одномерной интерполяции и восстановления зависимостей. *У1 (ОПК-2) Уметь* применять указанные выше методы для численного исследования математических моделей физических процессов и систем. *В1 (ОПК-2) Владеть* навыками решения физических задач с применением методов численного анализа.
ОПК-6 способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (этап освоения – **завершающий**)	*У2(ОПК-6) Уметь* решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности *В2(ОПК-6) Владеть* навыками разработки простейших компьютерных программ моделирования физических процессов и систем с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ПК-4 способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	*У3 (ПК-4) Уметь* применять полученные знания при проведении научных исследований в избранной области. *В3 (ПК-4) Владеть* численными методами решения профессиональных задач и использовать их при необходимости при проведении теоретических и/или экспериментальных физических исследований.

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 66 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (32 часа занятия лекционного типа, 32 часа занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия), 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов подготовка и сдача экзамена, 42 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Содержание дисциплины (модуля)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины, **форма промежуточной аттестации по дисциплине**	**Всего (часы)**	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				**Самостоятельная работа обучающегося, часы**
		Занятия лекционного типа	**Занятия семинарского типа**	**Занятия лабораторного типа**	**Всего**	
Тема 1. Введение. Цель и содержание курса.	10	3	3		6	4
Тема 2. Численные методы линейной алгебры.	10	3	3		6	4
Тема 3. Методы решения спектральных задач.	10	3	3		6	4
Тема 4. Дискретное преобразование Фурье.	10	3	3		6	4
Тема 5. Методы решения нелинейных уравнений и оптимизация.	10	3	3		6	4
Тема 6. Методы аппроксимации: Общая теория.	10	3	3		6	4
Тема 7. Табличные аппроксимации: элементы теории разностных схем.	10	3	3		6	4
Тема 8. Чебышевские аппроксимации. Численное интегрирование.	10	3	3		6	4
Тема 9. Аппроксимация функций: метод наименьших квадратов и сплайны.	10	3	3		6	4
Тема 10. Численные методы решения задачи Коши для систем обыкновенных дифференциальных уравнений.	16	5	5		10	6
в т.ч.текущий контроль			4			
Промежуточная аттестация – **Экзамен**					2	36

Текущий контроль успеваемости осуществляется в виде решений и последующей проверки домашних контрольных работ, а также в рамках занятий практического и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций. Итоговый контроль осуществляется на экзамене.

4. Образовательные технологии

При изучении дисциплины используются современные образовательные технологии. Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, тренинги по решению практических задач) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) по дисциплине проходит в форме лекций и практических занятий, а также в виде коллективных и индивидуальных консультаций. На занятиях лекционного типа используются мультимедийные средства поддержки образовательного процесса, часть занятий проводятся в виде лекций с проблемным изложением материала. На занятиях практического типа разбираются решения задач различной степени сложности, проводятся обсуждения рассматриваемых проблем в свете последних научных достижений в данной области. Студенты работают как индивидуально, так и коллективно.

Самостоятельная работа включает в себя выполнение домашних контрольных работ и теоретическую подготовку к занятиям по материалам лекций и рекомендованной литературе, приведенной в конце данной программы. Кроме того, студенты имеют возможность принимать участие в семинарах с представителями российских и зарубежных научных организаций, проводимых в Федеральном исследовательском центре Институт прикладной физики Российской академии наук.

Формой итогового контроля знаний студентов по дисциплине является экзамен, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – неотъемлемая часть подготовки высококвалифицированного специалиста в соответствующей области. Ее цель – формирование у студентов способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного и дополнительного материала, решение домашних контрольных работ с последующей проверкой навыков решения задач.

Проработка лекционного материала осуществляется еженедельно после проведения аудиторных занятий в рамках часов, отведенных студентам на самостоятельную работу. Кроме того, работа с лекционным и дополнительным материалом (рекомендованной литературой, приведенной в конце данной программы) проводится в период сессии при подготовке к экзамену по дисциплине.

Выполнение домашних контрольных работ осуществляется еженедельно или раз в две недели в соответствии с графиком изучения соответствующего лекционного материала и проведения практических занятий по соответствующей тематике.

Задачи для выполнения самостоятельных контрольных работ по каждому разделу дисциплины составляются преподавателем самостоятельно при ежегодном обновлении банка тестовых заданий. Количество вариантов зависит от числа обучающихся.

Типовые задачи, предлагаемые студентам в качестве домашних контрольных работ:

Задача 1.

Оценить сложность (число арифметических операций) решения системы линейных алгебраических уравнений методом Гаусса-Зайделя с заданной точностью.

Задача 2.

Вычислить дискретное преобразование Фурье вектора с единственной отличной от нуля компонентой.

Задача 3.

Описать комплексный аналог ортогонально-треугольного разложения матрицы и оценить его сложность.

Задача 4.

Определить погрешность численного решения простейшего обыкновенного дифференциального уравнения явным методом Эйлера в зависимости от величины шага.

6. **Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине**, включающий:

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

ОПК-2: способность использовать специализированные знания для освоения профильных дисциплин

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)						
	«незачет»		«зачет»				
	«плохо»	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«очень хорошо»	«отлично»	«превосходно»
Знания *Знать* основные прямые и итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений; наиболее употребительные методы решения одномерных нелинейных уравнений; простейшие методы оптимизации; основы теории аппроксимации про-	отсутствие знаний материала	наличие грубых ошибок в основном материале	знание основного материала с рядом негрубых ошибок	знание основного материалом с рядом заметных погрешностей	знание основного материала с незначительными погрешностями	знание основного материала без ошибок и погрешностей	знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей

странств и операторов, начала теории разностных схем; простейшие методы численного интегрирования; основные методы численного решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений; методы одномерной интерполяции и восстановления зависимостей.							
Умения *Уметь* применять указанные выше методы для численного исследования математических моделей физических процессов и систем.	Полное отсутствие умения использовать основные численные методы решения математических задач	Неумение использовать основные численные методы решения математических задач (демонстрация грубых ошибок, противоречащих основным теоремам)	Умение использовать основные методы численного анализа для решения стандартных задач с негрубыми ошибками	Умение использовать все изученные методы численного анализа для решения стандартных задач с негрубыми ошибками	Умение использовать все изученные методы численного анализа для решения стандартных задач с незначительными погрешностями	Умение использовать все изученные методы численного анализа для решения стандартных задач и задач повышенной сложности с незначительными погрешностями	Умение использовать все изученные методы численного анализа для решения стандартных задач и задач повышенной сложности
Навыки *Владеть* навыками решения задач, основанных на полученных в ходе освоения дисциплины знаниях.	Полное отсутствие навыка решения стандартных задач	Не владение навыками решения стандартных задач (демонстрация грубых ошибок, показывающих незнание основных методов численного анализа)	Владение навыками решения стандартных задач по основным разделам курса с негрубыми ошибками	Владение навыками решения стандартных задач по всем разделам курса с негрубыми ошибками	Владение навыками решения стандартных задач по всем разделам курса с незначительными погрешностями	Владение навыками решения стандартных задач и задач повышенной сложности с незначительными погрешностями	Владение навыками решения стандартных задач и задач повышенной сложности
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 20 %	20 – 50 %	50 – 70 %	70-80 %	80 – 90 %	90 – 99 %	100%

ОПК-6: способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информаци-

онно-коммуникационных технологий и с учетом требований информационной безопасности

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	«незачет»	«зачет»
Умения *Уметь* решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Отсутствие умения решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Умение решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
Навыки *Владеть* навыками разработки простейших компьютерных программ моделирования физических процессов и систем с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Отсутствие ряда важнейших навыков, предусмотренных данной компетенцией	Наличие навыков разработки простейших компьютерных программ моделирования физических процессов и систем с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 50 %	50 – 100%

ПК-4: применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин

Индикаторы компетенции	Критерии оценивания (дескрипторы)	
	«незачет»	«зачет»
Умения Уметь применять полученные знания при проведении научных исследований в избранной области	Отсутствие умения применять полученные знания при решении стандартных задач (демонстрация грубых ошибок, противоречащих основным законам)	Продемонстрированы все основные умения. Решены стандартные задачи.
Навыки *Владеть* численными методами решения профессиональных задач и использовать их при необходимости при проведении теоретических и/или экспериментальных физических исследований	Отсутствие навыков решения стандартных задач	Продемонстрированы базовые навыки при решении типовых задач
Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий	0 – 50 %	50 – 100%

6.2. Описание шкал оценивания

Итоговый контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала

- способности студентов использовать полученные знания для решения конкретных задач.

Экзамен проводится в устной форме. Устная часть экзамена заключается в ответе студентом на теоретические вопроса курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть экзамена предусматривает решение двух задач по различным разделам курса.

Оценка	**Уровень подготовки**
Превосходно	Высокий уровень подготовки, безупречное владение теоретическим материалом. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит исчерпывающие, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение уверенно применять на практике приобретенные навыки, владение в полной мере методиками решения задач. 100 %-ное выполнение контрольных экзаменационных заданий
Отлично	Высокий уровень подготовки с незначительными ошибками. Студент дает полный и развернутый ответ на все теоретические вопросы билета; точно отвечает на дополнительные вопросы; приводит почти полные, аргументированные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий на 90% и выше
Очень хорошо	Хорошая подготовка. Студент дает ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями; неполно отвечает на дополнительные вопросы; приводит достаточно аргументированные и почти полные решения всех сформулированных в билете задач с незначительными недочетами; или исчерпывающее решение приводится только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена с заметными недочетами. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, демонстрирующих знание общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 80 до 90%.
Хорошо	В целом хорошая подготовка с заметными ошибками или недочетами. Студент дает полный ответ на все теоретические вопросы билета с небольшими неточностями, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит почти полные решения всех сформулированных в билете задач с некоторыми недочетами; или исчерпывающее решение приведено только для одной из двух задач билета, а вторая задача решена со значительными погрешностями. Изложение решений и полученные ответы отличаются логической последовательностью, достаточной четкостью в выражении мыслей и не всегда полной обоснованностью выводов, демонстрирующих, в целом, зна-

	ние общефизических и профессиональных дисциплин, умение применять на практике приобретенные навыки, владение основными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 70 до 80%.
Удовлетворительно	Минимально достаточный уровень подготовки. Студент показывает минимальный уровень теоретических знаний, допускает ошибки при ответах на дополнительные вопросы; приводит неполные, слабо аргументированные решения всех сформулированных в билете задач. Изложение решений и полученные ответы не отличаются стройной логической последовательностью, четкостью в выражении мыслей и обоснованностью выводов, что говорит о не достаточно полном понимании общефизических и профессиональных дисциплин, умении применять на практике лишь некоторые приобретенные навыки, владении не всеми изученными методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий от 50 до 70%.
Неудовлетворительно	Подготовка недостаточная и требует дополнительного изучения материала. Студент дает ошибочные ответы, как на теоретические вопросы билета, так и на наводящие и дополнительные вопросы экзаменатора; приводит решения сформулированных в билете задач с грубыми недочетами, что говорит о недостатке знаний по общефизическим и профессиональным дисциплинам, отсутствии умения применять на практике приобретенные навыки, не владение методиками решения задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий до 50%.
Плохо	Подготовка абсолютно недостаточная. Студент не отвечает на поставленные вопросы, демонстрирует полное непонимание сформулированных в билете задач. Выполнение контрольных экзаменационных заданий менее 20 %.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций.

Для оценивания результатов обучения в виде <u>знаний</u> используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- устные и/или письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде <u>умений</u> и <u>владений</u> используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающие одну или несколько задач.

По сложности ПКЗ разделяются на простые (стандартные) и комплексные задания. Простые ПКЗ предполагают решение в одно или два действия, применяются для оценки умений. Комплексные задания (задания повышенной сложности) требуют поэтапного решения и развернутого ответа с применением нестандартных подходов к решению. Комплексные практические задания применяются для оценки владений.

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

Теоретические вопросы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

1. Численные методы линейной алгебры.
    a. LU -разложение и метод Гаусса.
    b. Сложность вычислений и оценки для метода Гаусса.
    c. Обусловленность и погрешности решения линейных систем.
    d. Отражения и ортогонально-треугольный метод (вещественный и комплексный случаи).
    e. Метод простой итерации.
    f. Метод Гаусса-Зайделя и сходимость для матриц с диагональным преобладанием.
    g. Задачи на собственные значения. Метод Якоби, сходимость.
    h. QR -алгоритмы.
    i. Дискретное преобразование Фурье и алгоритм БПФ.
2. Нелинейные уравнения и оптимизация.
    a. Постановка задач и связь методов минимизации и поиска корней.
    b. Метод деления пополам и метод золотого сечения. Порядок сходимости.
    c. Метод Ньютона в одно- и многомерном случаях. Условия сходимости.
    d. Неподвижные точки и принцип сжатых отображений.
    e. Градиентные методы минимизации: наискорейший спуск.
    f. Проблема оврагов. Метод переменной метрики.
    g. Непрерывный спуск.
3. Теория аппроксимации.
    a. Аппроксимация пространств и операторов. Определения и примеры.
    b. Аппроксимация функционалов: численное интегрирование.
    c. Оценка сходимости квадратурных формул Простые и составные формулы.
    d. Гауссовы квадратуры.
    e. Аппроксимация операторов: устойчивость и сходимость.
    f. Табличные аппроксимации дифференциальных операторов
    g. Линейные дифференциальные уравнения и аппроксимация решений.
4. Интерполяция и восстановление зависимостей.
    a. Чебышевские системы. Определение и примеры.
    b. Интерполяционная формула Лагранжа.
    c. Оценка погрешности многочленной интерполяции.
    d. Проблемы многочленной интерполяции: пример Рунге.
    e. Кусочно-многочленная интерполяция. Сплайны. Размерность пространств сплайнов.
    f. Построение кубического сплайна методом Форсайта-Моулера.
5. Методы численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.
    a. Метод Эйлера. Устойчивость и критерий Куранта.
    b. Обратный (неявный) метод Эйлера. Абсолютная устойчивость.
    c. Метод Кранка-Николсона и аппроксимация экспонент.
    d. Методы Рунге-Кутта: общий подход.
    e. Стандартный метод Рунге-Кутта.
    f. Оценка погрешности: метод Рунге и вложенные методы.

Типовые задачи для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины:

Для оценки сформированности компетенции ОПК-2*:* способность использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей:

Задача 1.1

Верно ли, что если определитель матрицы мал, то число обусловленности этой матрицы велико?

Задача 1.2

Вывести формулу оптимальной численной оценки производной функции по ее значениям в трех точках.

Для оценки сформированности компетенции ОПК-6*:* способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и учетом требований информационной безопасности:

Задача 2.1

Как зависит ошибка численного решения обыкновенного дифференциального уравнения явным методом Эйлера от времени?

Задача 2.2

Верно ли, что если две матрицы близки, то близки и решения соответствующих линейных систем с одинаковой правой частью?

Задача 2.3

Какие существуют методы вычисления интегралов от быстро осциллирующих функций?

Для оценки сформированности компетенции ПК-4*:* способность применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин:

Задача 3.1

Как определить период периодической функции по таблице ее значений с постоянным шагом?

Задача 3.2

Написать программу решения системы телеграфных уравнений на кончном отрезке. Оценить необходимые для достижения заданной точности шаги по времени и координате.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Численные методы и математическое моделирование»

а) основная литература:

1) *Н.С.Бахвалов, Н.П.Жидков, Г.М.Кобельков*. Численные методы. М.: Наука, 1987.-598 с.-34 экз.
2) *А.А.Самарский, А.В.Гулин*. Численные методы. М.: Наука, 1989. -429 с. -44 экз.
3) *Г.И.Марчук*. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1980.-535 с. -49 экз.

б) дополнительная литература:

1) *Н.С.Бахвалов, А.В.Лапин, Е.В.Чижонков, Численные методы в задачах и и упражнениях,* М.: Бином, 2003. -632 с. -49 экз.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1) Учебно-образовательная физико-математическая библиотека EqWorld http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/books/Marchuk1977ru.djvu

2)Портал" Наша учеба" Косарев В.И. 12 лекций по вычислительной математике http://nashaucheba.ru/v42306/?download=file

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лекций и практических занятий требуется типовое оборудование лекционной аудитории.

Для подготовки самостоятельных контрольных работ и для их графического представления (если это необходимо), а также для расширения коммуникационных возможностей студенты имеют возможность работать в компьютерных классах с соответствующим лицензионным программным обеспечением и выходом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВПО по направлению 03.03.02 «Физика», профиль «Фундаментальная физика».

Авторы _____ И.А.Шерешевский

Рецензент _____

Программа одобрена на заседании методической комиссии факультета «Высшая школа общей и прикладной физики»
от _____ года, протокол № _____.

Председатель методической комиссии _____ А.М. Фейгин