

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

Высшая школа общей и прикладной физики

УТВЕРЖДЕНО решением Ученого совета ННГУ
протокол от «31» мая 2023 г. № 6

Рабочая программа дисциплины

Численные методы и математическое моделирование

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
03.03.02 – Физика

Направленность образовательной программы
Фундаментальная физика

Форма обучения
Очная

Нижний Новгород

2023 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.02 «Численные методы и математическое моделирование» относится к части ООП направления подготовки 03.03.02 Физика, формируемой участниками образовательных отношений.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-2. Способен применять в научно-исследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: Демонстрация способности применять в научноисследовательской деятельности профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных дисциплин	ПК-2.1: 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. Уметь применять указанные выше методы для численного исследования математических моделей физических процессов и систем.	Задачи	Задачи Собеседование

		Владеть навыками решения физических задач с применением методов численного анализа.		
ПК-4. Способен использовать полученные профессиональные знания при реализации научноисследовательских, научно-инновационных и практических проектов	ПК-4.1: Демонстрация способности использовать полученные профессиональные знания при реализации научноисследовательских, научно-инновационных и практических проектов	ПК-4.1: Обладать достаточными для реализации научно-исследовательских, научно-инновационных и практических проектов знаниями в области численных методов Уметь применять полученные знания при проведении научных исследований в избранной области. Владеть численными методами решения профессиональных задач и использовать их при необходимости при проведении теоретических и/или экспериментальных физических исследований.	Задачи	Задачи Собеседование

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	Очная
Общая трудоемкость	4
Часов по учебному плану	144
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	2
самостоятельная работа	42
Промежуточная аттестация	36
	Экзамен

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	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	
	очная	очная	очная	очная	Очная	очная
Тема 1. Введение. Цель и содержание курса.	2	1	0	0	1	1
Тема 2. Численные методы линейной алгебры.	9	3	2		5	4
Тема 3. Методы решения спектральных задач.	12	4	4		8	4
Тема 4. Дискретное преобразование Фурье.	8	2	2		4	4
Тема 5. Методы решения нелинейных уравнений и оптимизация.	12	4	4		8	4
Тема 6. Методы интерполяции. Сплайны. Аппроксимация функций. Метод наименьших квадратов.	15	4	6		10	5
Тема 7. Численное интегрирование и дифференцирование.	9	2	2		4	5
Тема 8. Численное интегрирование обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши и краевая задача.	13	4	4		8	5
Тема 9. Численное интегрирование уравнения в частных производных. Операторная экспонента. Элементы теории разностных схем.	13	4	4		8	5
Тема 10. Особенности разных типов уравнений в частных производных. Решение интегральных уравнений.	13	4	4		8	5
Аттестация	36					
КСР	2				2	
Итого	144	32	32	0	66	42

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Для самостоятельной работы обучающимся предлагается использовать основную и дополнительную литературу и/или электронные Интернет-ресурсы.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-2

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.

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?

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 конечном отрезке. Оценить необходимые для достижения заданной точности шаги по времени и координате.

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4

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.

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?

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 конечном отрезке. Оценить необходимые для достижения заданной точности шаги по времени и координате.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка		Критерии оценивания
Зачтено	Превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
	Отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
	Очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
	Хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
	Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
	Неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место

Оценка		Критерии оценивания
Не зачтено		грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
	Плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			Зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки . Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки . Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки и. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

						полном объеме	
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
Зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации

5.3.2 Типовые задания, выносимые на промежуточную аттестацию:

Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности

компетенции ПК-2

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.

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?

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 конечном отрезке. Оценить необходимые для достижения заданной точности шаги по времени и координате.

Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-4

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.

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?

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 конечном отрезке. Оценить необходимые для достижения заданной точности шаги по времени и координате.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
--------	---------------------

Оценка	Критерии оценивания
Превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
Очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
Хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами.
Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
Неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
Плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-2

1. Численные методы линейной алгебры.
2. Дискретное преобразование Фурье.
3. Нелинейные уравнения и оптимизация.
4. Интерполяция и восстановление зависимостей.
5. Теория аппроксимации.
6. Методы численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.
7. Методы численного интегрирования уравнений в частных производных.
8. Интегральные уравнения

Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-4

1. Численные методы линейной алгебры.
2. Дискретное преобразование Фурье.
3. Нелинейные уравнения и оптимизация.
4. Интерполяция и восстановление зависимостей.
5. Теория аппроксимации.
6. Методы численного интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.
7. Методы численного интегрирования уравнений в частных производных.
8. Интегральные уравнения

Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
Превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов. Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.
Очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.
Хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок. Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с

Оценка	Критерии оценивания
	некоторыми недочетами.
Удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки. Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами.
Неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки. При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.
Плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие минимальных умений . Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа. Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

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.
 - 4) Н.Н. Калиткин. Численные методы. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 592 с. – 3 экз.
- Электронный вариант: http://ffmgu.ru/index.php/Файл:Численные_методы_Калиткин_1978.pdf

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 (в соответствии с содержанием дисциплины)

- 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>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: 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. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 03.03.02 - Физика.

Автор(ы): А.А. Балакин

Заведующий кафедрой: Господчиков Егор Дмитриевич, кандидат физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 30.06.2022 г., протокол № 3.