Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования   
«Национальный исследовательский университет

«Московский институт электронной техники»

#### Кафедра Высшей математики 1

#### 

|  |
| --- |
| УтверждЕН  на заседании кафедры ВМ-1  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_202\_\_ г., протокол № \_\_  Заведующий кафедрой  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Прокофьев А.А. |
|  |
|  |

**ФОНД**

**ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ПО ПОДКОМПЕТЕНЦИИ ПК-2. ЧМРУрМФ.** Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы для численного решения уравнений математической физики при моделировании физических процессов.

**КОМПЕТЕНЦИИ ПК-2.** Способен применять вычислительные методы к решению естественнонаучных и прикладных задач.

**Дисциплина** «**Численные методы решения уравнений математической физики»**

Направление подготовки 02.03.01 «Математика и компьютерные науки»

Направленность (профиль) - «Компьютерная математика и анализ данных»

|  |  |
| --- | --- |
|  | СОГЛАСОВАНО  Начальник АНОК  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И.М. Никулина  "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_\_\_\_ 20 \_\_\_ г. |

Москва 2024

1. **ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ/ПОДКОМПЕТЕНЦИИ**

**Тип задач профессиональной деятельности:** научно-исследовательский

**Задача профессиональной деятельности**: использование вычислительных методов, разработка, отладка, модификация программного обеспечения в сфере разработки математических методов, математического моделирования объектов, процессов.

**Компетенция ПК-2.** Способен применять вычислительные методы к решению естественнонаучных и прикладных задач.

**Подкомпетенция ПК-2.ЧМРУрМФ** Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы для численного решения уравнений математической физики при моделировании физических процессов.

**Индикаторы достижения компетенций/подкомпетенций:**

***Знает*** теоретические основы современных численных методов решения уравнений математической физики.

***Умеет*** реализовывать современные численные методы решения уравнений математической физики с помощью аналитических и научных пакетов прикладных программ.

***Имеет опыт*** моделирования физических процессов, разработки алгоритмов и компьютерных программ для исследования моделей.

1. **ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ**

| **Индикаторы достижения сформированности компетенции** | **Показатели**  **оценки** | **Название оценочного средства** |
| --- | --- | --- |
| ***Знает*** теоретические основы современных численных методов решения уравнений математической физики. | Воспроизводит базовые факты теории в пределах содержания, определенного рабочей программой (РП): определения, термины, формулировки теоретических положений. | Теоретические вопросы |
| Приводит обоснования (доказательства) изученных в соответствии с РП теоретических положений и демонстрирует их понимание в беседе с экзаменатором. |
| ***Умеет*** реализовывать современные численные методы решения уравнений математической физики с помощью аналитических и научных пакетов прикладных программ. | Написана программа, реализующая численный метод решения типового уравнения математической физики с использованием пакета прикладных программ | Задачи |
| ***Имеет опыт*** моделирования физических процессов, разработки алгоритмов и компьютерных программ для исследования моделей. | Строит математическую модель физического процесса, составляет алгоритм расчета по этой модели, реализует этот алгоритм в виде программы (в пределах содержания, определенного РП). | Практико-ориентированное задание |

**3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ УСВОЕНИЯ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ**

**3.1. Теоретические вопросы**

**3.1.1. Описание типового задания:**

Сформулировать основные теоретические положения (утверждения, определения), относящиеся к содержанию теоретического вопроса*.* Привести требуемые обоснования (доказательства) утверждений и необходимые примеры.

Экзаменуемому задаются два вопроса из списка.

**Список теоретических вопросов.**

1. Аппроксимация, устойчивость, сходимость. Связь между ними.
2. Сгущение сетки и апостериорная оценка погрешности по Ричардсону. Уточнение по Ричардсону при сгущении сетки. Рекуррентное сгущение сетки.
3. Квазиравномерные сетки, их сгущение, сетки в неограниченной области.
4. Уточнение по Эйткену.
5. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Задача Коши для системы ОДУ. Автономность систем ОДУ, автономизация и переход к длине дуги.
6. Схемы Рунге-Кутты для ОДУ. Семейство двухстадийных схем Рунге-Кутты. Четырехстадийная схема Рунге-Кутты.
7. Жесткие системы ОДУ. Виды устойчивости, t-монотонность. Трудности явных схем.
8. Семейство схем Розенброка (в том числе CROS); точность, устойчивость, монотонность.
9. Дифференциально-алгебраические системы.
10. Краевые задачи для ОДУ. Виды граничных условий. Написание разностных схем для линейного ОДУ 2-го порядка (краевые задачи). Задачи в неограниченной области.
11. Краевые задачи для ОДУ. Бикомпактные схемы для слоистой среды.
12. Решение нелинейной краевой задачи для ОДУ. Сгущение сеток; многосеточный метод и оценка точности (краевые задачи ОДУ).
13. Задачи на собственные значения ОДУ: постановки и разностные схемы.
14. Метод обратных итераций с переменным сдвигом для линейных уравнений (собственные значения ОДУ).
15. Метод дополненного вектора для нелинейных задач (собственные значения ОДУ).
16. Линейное уравнение переноса; схемы бегущего счета для уравнения переноса: устойчивость, монотонность, диссипативность.
17. Многомерный перенос: постановка задачи, разностные схемы.
18. Уравнение теплопроводности: постановки задач, краевые условия. Метод прямых и семейство схем. Асимптотическая устойчивость.
19. Уравнение теплопроводности: постановки задач, краевые условия. Бикомпактные схемы.
20. Эволюционно-факторизованная схема для многомерного уравнения теплопроводности. Разностные краевые условия.
21. Квазилинейное уравнение переноса. Обобщенное решение. Ложная сходимость для неконсервативных схем. Консервативные схемы для обобщенных решений.
22. Эллиптическое уравнение; логарифмический набор шагов счета на установление.
23. Эллиптические уравнения: постановки задач, итерационные методы.
24. Гиперболическое уравнение, постановка задачи. Схема "крест": написание, точность, устойчивость, первый слой. Неявные схемы: точность и устойчивость.
25. Переход к системе дифференциальных уравнений акустики 1-го порядка. Двухслойная бикомпактная схема для акустической системы.
26. Многомерная акустика: явная схема "крест", факторизованная схема.
27. Интегральные уравнения: виды уравнений, сеточный метод. Понятие о некорректных задачах.
28. Задачи со многими процессами: метод расщепления, жесткий метод прямых.

**3.1.2. Условия выполнения задания:**

**Место выполнения** – учебная аудитория

**Время на выполнение задания** –40 минут

**Материально-техническое обеспечение:** бумага, ручка

**Программное обеспечение:** не требуется

**Список литературы и информационных источников, доступных во время экзамена:** личный конспект сдающего экзамен.

**3.1.3. Условия начисления баллов по критериям оценивания:**

| **Показатель оценки** | **Критерий оценивания достижения показателя** | **Условия начисления баллов по критерию** | **Количество баллов** |
| --- | --- | --- | --- |
| Воспроизводит базовые факты теории в пределах содержания, определенного рабочей программой (РП): определения, термины, формулировки теоретических положений. | Корректность определений, теоретических утверждений. | Необходимые базовые определения и формулировки даны верно. | 1 |
| Необходимые базовые определения и формулировки даны неверно | 0 |
| Приводит обоснования (доказательства) изученных в соответствии с РП теоретических положений и демонстрирует их понимание в беседе с экзаменатором. | Понимание смыслового содержания приводимых теоретических обоснований (доказательств) и примеров. | Дан полный верный ответ на вопрос | 3 |
| В ответе присутствуют неточности, но экзаменуемый демонстрирует понимание излагаемого материала | 2 |
| В ответе присутствуют ошибки, но экзаменуемый демонстрирует понимание большей части излагаемого материала | 1 |
| Экзаменуемый не может привести и пояснить обоснования теоретических положений. | 0 |
| Суммарный балл по показателю по двум теоретическим вопросам: | | | **0-8** |

**3.2. Задача**

**3.2.1.Описание типового задания:**

Привести решение задачи из типового набора к экзамену.

**Пример типового задания.**

Задача. Реализовать на компьютере квадратурную формулу Симпсона на основе формулы трапеций с помощью сгущения сетки и формулы уточнения по Ричардсону. На тестовом примере с помощью техники определения эффективного порядка подтвердить 4 порядок аппроксимации.

**3.2.2. Условия выполнения задания:**

**Место выполнения** – компьютерный класс

**Время на выполнение задания** –20 минут

**Материально-техническое обеспечение:** бумага, ручка

**Программное обеспечение:** Операционная система Microsoft Windows от 7 версии и выше, Microsoft Office Professional Plus или Open Office, браузер (Firefox, Google Chrome); MATLAB, Octave, Python

**Список литературы и информационных источников, доступных во время экзамена:** личный конспектсдающего экзамен.

**3.2.3. Условия начисления баллов по критериям оценивания:**

| **Показатель оценки** | **Критерий оценивания достижения показателя** | **Условия начисления баллов по критерию** | **Количество баллов** |
| --- | --- | --- | --- |
| Написана программа, реализующая численный метод решения типового уравнения математической физики с использованием пакета прикладных программ | Программа запускается без ошибок, выдает результат по прошествии допустимого времени, результат ее работы соответствует ожидаемому (эталонному) студент может объяснить, как она работает и ответить на вопросы по тексту программы. | Получен верный результат, решение обосновано. | 3 |
| Получен в целом верный результат, но при его обосновании экзаменуемый допустил незначительные технические ошибки. | 2 |
| Решение основано на верных посылах, но итоговый полученный результат неверен из-за допущенных ошибок. | 1 |
| В остальных случаях | 0 |
| Итоговый балл: | | | **0-3** |

**4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ПРИОБРЕТЕНИЯ**

**ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**4.1. Практико-ориентированное задание**

**4.1.1. Описание типового задания:** Кейс, включающий исследование практической проблемы на основе опыта, полученного при выполнении лабораторных работ, предусмотренных РП.

**Пример типового задания:**

Решить задачу встречи пули крупнокалиберного пулемета Никитина-Соколова-Волкова калибром 12.7 мм и вертолета условного противника, летящего в направлении стреляющего со скоростью 50 м/c с курсовым параметром 200м на высоте 200м. Дальность обнаружения (наклонная) — 3 км.

**4.1.2. Условия выполнения задания:**

**Место выполнения** – компьютерный класс

**Время на выполнение задания** –40 минут

**Материально-техническое обеспечение:** персональный компьютер, специальное программное обеспечение MATLAB, Python.

**Список литературы и информационных источников, доступных во время экзамена:** личный конспектсдающего экзамен, методический материал к лабораторной работе №13.

**4.1.3. Условия начисления баллов по критериям оценивания:**

| **Показатель оценки** | **Критерий оценивания достижения показателя** | **Условия начисления баллов по критерию** | **Количество баллов** |
| --- | --- | --- | --- |
| Строит математическую модель физического процесса, составляет алгоритм расчета по этой модели, реализует этот алгоритм в виде программы (в пределах содержания, определенного РП). | Математическая модель построена верно | Построена адекватная математическая модель | 4 |
| При построении математической модели потребовалась небольшая помощь преподавателя | 3 |
| В остальных случаях | 0 |
| Верно составлен алгоритм расчета по математической модели | Алгоритм составлен верно | 4 |
| При составлении алгоритма понадобилась небольшая помощь преподавателя | 3 |
| В остальных случаях | 0 |
| Написана программа, верно реализующая алгоритм | Программа написана верно | 4 |
| В программе имели место технические ошибки, которые были самостоятельно исправлены студентом после того, как преподаватель указал на них | 3 |
| В остальных случаях | 0 |
| **Суммарный балл по показателю:** | | | **0-12** |

**5. Методические указания по процедуре оценивания:**

1. Оценивание сформированности компетенции осуществляется преподавателями из числа научно-педагогических кадров института, имеющих базовое образование и/или ученую степень, соответствующие профилю направления подготовки.

2. Оценивание осуществляется по описанным выше критериям.

3.Суммарный балл, выставляемый студенту, определяется простым суммированием баллов, полученных по показателям.

**6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СФОРМИРОВАННОСТИ ПОДКОМПЕТЕНЦИИ**

Подкомпетенция считается сформированной, если учащийся набрал не менее половины от максимального числа баллов.

Полный фонд оценочных средств сформированности подкомпетенции хранится в электронном виде на кафедре ВМ-1.

**РАЗРАБОТЧИК ФОС:**

Доцент кафедры ВМ-1 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /Козлитин И.А./