

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Физический факультет
Кафедра математики

Рабочая программа специального курса
Решение физических задач на персональных ЭВМ

1. Решение физических задач на персональных ЭВМ<>

2. Лекторы<>

Д.Ф.-М.Н. Быков Алексей Александрович, кафедра математики физического факультета МГУ, e-mail abkov@yandex.ru, телефон 8-495-939-10-33

3. Аннотация дисциплины<>

Специальный курс "Решение физических задач на персональных ЭВМ" предполагает активное изучение заявленной темы слушателями, включающее 1) Лекционную часть, в которой даются основные понятия, формулировки, постановка задачи, теоретические сведения, методика компьютерного моделирования, 2) Самостоятельная теоретическая работа, в ходе которой студент более глубоко и подробно изучает тему по книгам и журнальным публикациям, 3) Самостоятельная практическая работа, в ходе которой студент решает поставленную задачу с помощью ПЭВМ. Самостоятельная работа завершается написанием отчета.

Курс содержит разделы, посвященные всем основным математическим и физическим моделям, представленным в современной компьютерной физике. Особое внимание уделяется моделям, которые наиболее активно разрабатываются на кафедре математики физического факультета МГУ.

4. Цели освоения дисциплины<>

Владение современными профессиональными знаниями в области компьютерного моделирования физических задач на ПЭВМ и умение их применять для решения практических задач.

5. Задачи дисциплины<>

Задача специального курса "Решение физических задач на персональных ЭВМ" состоит в том, чтобы обеспечить слушателей набором знаний, умений и навыков, достаточных для постановки задачи, исследования существования, единственности, устойчивости решения, разработки компьютерного алгоритма решения задачи, исследования существования, единственности, устойчивости решения компьютерного алгоритма, создания компьютерного кода, отладка, проверка, верификация, получение результатов, написание отчета.

6. Компетенции дисциплины<>

6.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины<>

ОНК-5, ИК-1, ИК-2, ИК-3, ИК-4, ПК-1

6.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины<>

ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-6, ПК-8.

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины<>

В результате освоения дисциплины студент должен

7.1. Знать методику применения математического инструмента для моделирования физических задач на персональных ЭВМ<>

7.2. Уметь составить физическую модель, математическую модель, численный и/или символьный алгоритм, код для решения задачи. Уметь получить результаты, подтвердить их корректность, написать отчет.<>

7.3. Владеть основными математическими моделями, применяемыми в современной физике.<>

8. Содержание и структура дисциплины<>

8.1. Распределение учебной нагрузки по семестрам<>

1	2	3	4	5	6
Вид работы	Семестр				Всего
	-	7	8	-	
	акад. час	акад. час	акад. час	акад. час	
Аудиторная работа:	-	32	32	-	64
Лекции, акад. часов:	-	32	32	-	64
Семинары, акад. часов:	-	-	-	-	-
Лабораторные работы, акад. часов:	-	-	-	-	-
Самостоятельная работа, акад. часов:	-	32	32	-	64
Зачет, акад. часов:	-	8	8	-	16
Общая трудоемкость, акад. часов	-	72	72	-	144
Вид итогового контроля (зачет, с оценкой, эк-замен):	-	Зачет	Зачет	-	

8.2. Календарный план курса<>

1	2	3	4	5	6	7
Но- мер раз- дела	Наименование раздела	Трудоемкость (академи- ческих часов) и содержание занятий				Формы контро- ля
		Аудиторная работа		Само- стоя- тель- ная рабо- та		
		Лек- ции	Семи- нары	Лабо- ратор- ные рабо- ты		
		час	час	час	час	
1	Математические инструменты.	2	2	—	2	ДЗ
2	Численный процессор математического инстру- мента.	2	2	—	2	ДЗ
3	Символьный процессор математического ин- струмента.	2	2	—	2	ДЗ
4	Символьное и численное решение нелинейного уравнения.	2	2	—	2	ДЗ
5	Метод инвариантного погружения для нелиней- ного уравнения.	2	2	—	2	ДЗ
6	Метод Галеркина, линейные краевые задачи	2	2	—	2	ДЗ
7	Метод Галеркина, линейные краевые задачи на собственные значения	2	2	—	2	ДЗ

8	Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений	2	2	—	2	ДЗ
9	Краевые задачи для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений.	2	2	—	2	ДЗ
10	Метод инвариантного погружения	2	2	—	2	ДЗ
11	Нестационарные контрастные структуры	2	2	—	2	ДЗ
12	Статические контрастные структуры	2	2	—	2	ДЗ
13	Контрастные структуры. Асимптотический анализ.	2	2	—	2	ДЗ
14	Квазилинейное уравнение параболического типа, численное моделирование.	2	2	—	2	ДЗ
15	Линейные, квазилинейные и нелинейные уравнения гиперболического типа.	2	2	—	2	ДЗ
16	Линейное уравнение эллиптического типа.	2	2	—	2	ДЗ
17	Квазилинейное и нелинейное уравнение эллиптического типа.	2	2	—	2	ДЗ
18	Неполный метод Галеркина (метод моментов, метод частичной дискретизации) для параболических и гиперболических уравнений.	2	2	—	2	ДЗ
19	Метод Галеркина в электродинамике, двумерные модели.	2	2	—	2	ДЗ
20	Неполный метод Галеркина в электродинамике.	2	2	—	2	ДЗ
21	Обобщенный метод разделения переменных в электродинамике.	2	2	—	2	ДЗ
22	Метод интегральных уравнений в электродинамике.	2	2	—	2	ДЗ
23	Периодические структуры в электродинамике.	2	2	—	2	ДЗ
24	Двумерные периодические структуры в электродинамике.	2	2	—	2	ДЗ
25	Стационарное магнитное и электростатическое поле.	2	2	—	2	ДЗ
26	Метод крупных частиц в физике плазмы.	2	2	—	2	ДЗ
27	Самосогласованный метод крупных частиц.	2	2	—	2	ДЗ
28	Гидродинамика несжимаемой жидкости.	2	2	—	2	ДЗ
29	Вычислительная магнитная гидродинамика.	2	2	—	2	ДЗ
30	Турбулентное динамо.	2	2	—	2	ДЗ
31	Метод ВКБ без точек поворота.	2	2	—	2	ДЗ
32	Метод ВКБ с точками поворота.	2	2	—	2	ДЗ

8.3. Понедельный план курса<>

8.3.1. Глава 1. Математические инструменты.<>

Тема: Понятие математического инструмента, инсталляция, форматы файлов и данных. Основные математические инструменты. Визуализация функций одной и нескольких переменных.

Раздел математики: Математический анализ.

Математическая модель: Плоские и пространственные кривые. Соприкасающаяся плоскость, нормаль, бинормаль, эволюта, эвольвента. Символьные и численные методы расчета и визуализации основных элементов плоских и пространственных кривых.

Физическая модель: Анализ движения материальной точки по заданной траектории. Скорость, ускорение.

Метод решения: Применение символьного и численного процессора математического инструмента.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 1.1. Тема: Найдите в символьной и численной форме и визуализируйте траекторию материальной точки, движущейся по заданной плоской или пространственной кривой с заданной скоростью. Постройте эволюту. Найдите и визуализируйте векторы скорости, ускорения. Найдите точки с нулевой скоростью,

нулевым ускорением.

8.3.2. Глава 2. Численный процессор математического инструмента.<>

Тема: Численный процессор математического инструмента. Представление и обработка данных, точность, быстродействие.

Раздел математики: Линейная алгебра.

Математическая модель: Операции с матрицами в численной форме, собственные векторы и собственные значения квадратной матрицы в численной форме.

Физическая модель: Решение обратной задачи восстановления изображения, полученного физическим прибором, при заданной аппаратной функции.

Метод решения: Метод регуляризации.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 2.1. Тема: Решите задачу восстановления одномерного изображения с заданной аппаратной функцией методом регуляризации Тихонова.

Задание 2.2. Тема: Решите задачу восстановления одномерного изображения с заданной аппаратной функцией методом дискретного преобразования Фурье с использованием регуляризации Тихонова.

8.3.3. Глава 3. Символьный процессор математического инструмента.<>

Тема: Понятие о символьных методах. Символьный процессор математического инструмента. Применение символьных методов для исследования собственных значений и собственных векторов квадратной матрицы.

Раздел математики: Линейная алгебра. Алгебраическая проблема собственных значений.

Математическая модель: Операции с матрицами, собственные векторы и собственные значения.

Физическая модель: Исследование собственных колебаний системы с несколькими степенями свободы в критическом случае кратного собственного значения со сложной структурой инвариантного подпространства.

Метод решения: Разложение собственных значений и собственных векторов квадратной сингулярно возмущенной матрицы в ряд по дробным степеням малого параметра в символьной форме.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 3.1. Тема: Постройте разложение в ряд по дробным степеням малого параметра для собственных значений и собственных векторов сингулярно возмущенной квадратной матрицы.

Задание 3.2. Тема: Постройте разложение в ряд по дробным степеням малого параметра для собственных частот линейного осциллятора с трением для случая критического значения коэффициента поглощения.

8.3.4. Глава 4. Символьное и численное решение нелинейного уравнения.<>

Тема: Символьные и численные методы решения нелинейного уравнения и системы нелинейных уравнений.

Раздел математики: Математический анализ. Теория решения нелинейных уравнений. Итерационные методы решения нелинейных уравнений. Решение нелинейных уравнений методом разложения решения в степенной ряд.

Математическая модель: Задача Штурма-Лиувилля для дифференциального уравнения второго порядка с параметром с кусочно-постоянными коэффициентами. Решение методом сшивания парциальных решений на границах областей, в которых возможно получение аналитического решения дифференциального уравнения. Характеристическое уравнение.

Физическая модель: Расчет собственных волн слоистого волновода с металлическими стенками. Расчет собственных волн слоистого оптического планарного волновода. Расчет собственных волн слоистого оптического цилиндрического волновода.

Метод решения: Численное решение нелинейного уравнения. Символьное решение нелинейного уравнения. Решение нелинейных уравнений методом разложения решения в степенной ряд.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 4.1. Тема: Найдите фазовую скорость и профиль распределения поля для собственной волны слоистого волновода с металлическими стенками с кусочно-постоянным заполнением.

Задание 4.2. Тема: Найдите фазовую скорость и профиль распределения поля для собственной волны слоистого оптического световода с кусочно-постоянным заполнением.

Задание 4.3. Тема: Найдите фазовую скорость и профиль распределения поля для собственной волны слоистого цилиндрического оптического световода.

8.3.5. Глава 5. Метод инвариантного погружения для нелинейного уравнения.<>

Тема: Метод инвариантного погружения для решения нелинейного уравнения и системы нелинейных уравнений.

Раздел математики: Математический анализ. Численный анализ. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Краевые задачи.

Математическая модель: Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений с параметром. Теория зависимости решения нелинейного операторного уравнения от параметра. Регулярная зависимость. Сингулярная зависимость. Точки ветвления. Нелинейные уравнения.

Физическая модель: Расчет собственных волн слоистого волновода методом численного и символьного решения характеристического уравнения.

Метод решения: Метод инвариантного погружения.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 5.1. Тема: Найдите фазовую скорость и профиль распределения поля для собственной волны слоистого волновода с кусочно-постоянным заполнением методом инвариантного погружения (т.е. погружения заданной задачи в семейство задач, зависящих от параметра).

8.3.6. Глава 6. Метод Галеркина, линейные краевые задачи<>

Тема: Метод Галеркина для решения краевой задачи для линейного неоднородного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке.

Раздел математики: Методы математической физики. Численный анализ.

Математическая модель: Метод Галеркина для решения линейных и нелинейных краевых и начально-краевых задач. Применение метода Галеркина для решения краевой задачи для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке.

Физическая модель: Расчет вынужденных гармонических колебаний неоднородной струны под действием внешней периодической силы. Расчет стационарного распределения температуры в неоднородном стержне.

Метод решения: Метод Галеркина, приведение краевой задачи к семейству линейных алгебраических систем.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 6.1. Тема: Численное решение краевой задачи методом Галеркина, 1. Расчет распределения температуры в теплопроводящем стержне с заданной плотностью источников тепла методом Галеркина. Найдите профиль распределения температуры в стержне с заданной плотностью источников тепла, концы которого поддерживаются при заданной температуре. Сформулируйте краевую задачу для линейного неоднородного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке. Для решения используйте метод Галеркина. Исследуйте скорость сходимости метода Галеркина при увеличении числа базисных функций. Используйте численное интегрирование для расчета матричных элементов. Постройте решение, проверьте совпадение с результатом, полученным аналитически.

Задание 6.2. Тема: Численное решение краевой задачи методом Галеркина, 2. Расчет распределения температуры в теплопроводящем стержне с заданной плотностью источников тепла методом Галеркина. Найдите профиль распределения температуры в стержне с заданной плотностью источников тепла, концы которого поддерживаются при заданной температуре. Сформулируйте краевую задачу для линейного неоднородного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке. Для решения используйте метод Галеркина. Исследуйте скорость сходимости метода Галеркина при увеличении числа базисных функций. Используйте символьное интегрирование для расчета матричных элементов. Постройте решение, проверьте совпадение с результатом, полученным аналитически.

8.3.7. Глава 7. Метод Галеркина, линейные краевые задачи на собственные значения<>

Тема: Метод Галеркина для решения краевой задачи на собственные значения (задачи Штурма-Лиувилля) для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке.

Раздел математики: Методы математической физики. Численный анализ.

Математическая модель: Задача на собственные значения для системы линейных однородных дифференциальных уравнений на отрезке с однородными граничными условиями. Краевая задача для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке с однородными граничными условиями. (задачи Штурма-Лиувилля).

Физическая модель: Расчет собственных осцилляций неоднородной струны. Расчет собственных волн волновода с поперечно неоднородным заполнением.

Метод решения: Метод Галеркина.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 7.1. Тема: Численное решение задачи Штурма-Лиувилля методом Галеркина, 1. Численное решение линейной однородной краевой задачи на собственные значения (задачи Штурма-Лиувилля) методом Галеркина. Краевая задача на собственные значения для линейного однородного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке с однородными граничными условиями. Применение метода Галеркина для решения задачи на собственные значения. Эта задача решается в два этапа: (1) Использование численного интегрирования для расчета матричных элементов. Построение решения, проверка совпадения с результатом, полученным аналитически. (2) Использование символьного интегрирования для расчета матричных элементов. Исследование скорости сходимости метода Галеркина.

Задание 7.2. Тема: Расчет направляемых мод слоистого металлического или диэлектрического волновода методом Галеркина. Найдите фазовую скорость и профиль направляемой моды планарного волновода с металлическими идеально проводящими стенками со слоистым диэлектрическим заполнением. Разработайте и закодируйте алгоритм селекции направляемых мод. Исследуйте скорость сходимости метода Галеркина, зависимость точности от числа базисных функций.

8.3.8. Глава 8. Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений<>

Тема: Численное и асимптотическое решение задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

Раздел математики: Обыкновенные дифференциальные уравнения.

Математическая модель: Задача Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Система дифференциальных уравнений, описывающая экстремальную задачу для функционала.

Физическая модель: Моделирование геодезической линии.

Метод решения: Численный метод Рунге-Кутты, асимптотический метод.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 8.1. Тема: Численное решение задачи Коши для системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши, описывающая геодезическую линию в пространстве с заданной метрикой. Численное решение задачи Коши методом Рунге Кутта. Метод Рунге Кутта с автоматическим выбором шага и с контролем точности. Исследование собирающих и рассеивающих свойств двумерной модели гравитационной линзы. Постройте семейство траекторий светового луча, распространяющегося в пространстве с заданной метрикой. Постройте семейство траекторий точки, движущейся без трения по гладкой поверхности в трехмерном пространстве. Найдите точку фокуса двумерной модели гравитационной линзы.

Задание 8.2. Тема: Асимптотические методы решения задачи Коши, 1. Асимптотические методы решения задачи Коши для системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений с малым параметром. Случай регулярного возмущения. Задача Коши для экстремали функционала, описывающей геодезическую линию в пространстве с заданной метрикой. Рассматривается случай слабоискривленного пространства, в котором тензор кривизны содержит малый параметр. Разложение решения задачи Коши с малым параметром в ряд по степеням малого параметра. Рассматривается случай регулярного возмущения. Решение задачи Коши представляется в виде равномерно сходящегося ряда по степеням малого параметра, причем каждый член ряда вычисляется в квадратурах. Исследование собирающих и рассеивающих свойств двумерной модели гравитационной линзы. Найдите уравнения нулевого и первого порядков для семейства траекторий светового луча, распространяющегося в двумерном пространстве с заданной неевклидовой метрикой. Постройте семейство траекторий точки, движущейся без трения по гладкой поверхности в трехмерном пространстве. Найдите точку фокуса двумерной модели гравитационной линзы.

Задание 8.3. Тема: Асимптотические методы решения задачи Коши, 2. Асимптотические методы решения задачи Коши для системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши, описывающая траекторию светового луча в среде с гладким профилем показателя преломления. Асимптотическое решение задачи Коши, описывающей траекторию светового луча методом разложения решения в ряд по малому параметру. Рассматривается распространение светового луча в среде, в которой показатель преломления есть сумма заданной константы и гладкой возмущающей функции с малой амплитудой. Решение получается в виде ряда по степеням малого параметра. Исследование собирающих и рассеивающих

свойств оптической линзы. Найдите уравнения нулевого и первого порядков для семейства траекторий светового луча в среде с гладким профилем показателя преломления. Найдите точку фокуса.

8.3.9. Глава 9. Краевые задачи для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений.<>

Тема: Линейные краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Раздел математики: Обыкновенные дифференциальные уравнения

Математическая модель: Краевые задачи для системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Краевая задача для системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с кусочно-константными коэффициентами.

Физическая модель: Расчет направляемых мод планарного слоистого волновода.

Метод решения: Метод фундаментальной матрицы, характеристическое уравнение.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 9.1. Тема: Расчет направляемых мод планарного слоистого волновода. Расчет собственных волн слоистого волновода методом фундаментальной матрицы. Краевая задача на собственные значения с граничными условиями третьего рода, в которых присутствует спектральный параметр. Предполагается, что коэффициенты уравнения являются кусочно-константными функциями, зависящими также от спектрального параметра. Рассматривается обобщенное решение краевой задачи. На границах разрыва (первого рода) коэффициентов ставятся условия гладкого сопряжения. Метод фундаментальной матрицы. Рассматривается только кусочно-константный профиль показателя преломления. Планарный водновод со слоистым диэлектрическим заполнением в открытом пространстве, планарный водновод со слоистым диэлектрическим заполнением с идеально проводящими металлическими стенками. Найдите фазовую скорость и профиль направляемой моды планарного волновода со слоистым заполнением диэлектриком с кусочно-константным профилем показателя преломления.

8.3.10. Глава 10. Метод инвариантного погружения<>

Тема: Метод инвариантного погружения для нелинейных краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Раздел математики: Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений.

Математическая модель: Системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Краевые задачи для системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений, зависящей от параметра. Дифференцирование решения по параметру.

Физическая модель: Расчет собственных волн волноведущих структур сложной структуры.

Метод решения: Метод инвариантного погружения.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 10.1. Тема: Найдите фазовую скорость и профиль направляемой моды планарного волновода со слоистым заполнением методом инвариантного погружения.

8.3.11. Глава 11. Нестационарные контрастные структуры<>

Тема: Нестационарные контрастные структуры, метод частичной дискретизации.

Раздел математики: Уравнения с частными производными параболического типа. Численное моделирование.

Математическая модель: Квазилинейное уравнение реакции адвекции с малым параметром при старших производных. Численное моделирование нестационарной контрастной структуры методом частичной дискретизации. Решение начально-краевой задачи для квазилинейного уравнения реакции-адвекции в неоднородной среде с нелинейной плотностью источников.

Физическая модель: Моделирование диффузии в среде с нелинейной функцией плотности источников.

Метод решения: Метод частичной дискретизации.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 11.1. Тема: Проведите численное моделирование концентрации примесей в среде с диффузией, в которой плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое состояние. Предполагается, что плотность источников задается сбалансированной функцией. Используйте метод частичной дискретизации для решения эволюционного уравнения.

Задание 11.2. Тема: Проведите численное моделирование концентрации примесей в среде с диффузией, в которой плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое состояние. Предполагается, что плотность источников задается несбалансированной функцией. Используйте метод частичной дискретизации для решения эволюционного уравнения.

Задание 11.3. Тема: Проведите численное моделирование концентрации примесей в среде с адвекцией и диффузией, в которой плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое состояние. Используйте метод частичной дискретизации для решения эволюционного уравнения.

Задание 11.4. Тема: Проведите численное моделирование концентрации примесей в среде с диффузией, в которой плотность источников имеет четыре устойчивых состояния, между которыми расположены три неустойчивых состояния. Используйте метод частичной дискретизации для решения эволюционного уравнения.

8.3.12. Глава 12. Статические контрастные структуры.<>

Тема: Статические и квазистационарные контрастные структуры. Численное решение нелинейной краевой задачи методом стрельбы.

Раздел математики: Обыкновенные дифференциальные уравнения. Численное моделирование.

Математическая модель: Краевая задача для нелинейного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке. Численное моделирование решения типа стационарной контрастной структуры.

Физическая модель: Диффузия в неоднородной среде с нелинейной плотностью источников с размножением и насыщением.

Метод решения: Метод стрельбы для решения нелинейной краевой задачи на отрезке.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 12.1. Тема: Проведите численное моделирование решения типа стационарной контрастной структуры в среде, в которой сбалансированная плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое состояние.

Задание 12.2. Тема: Проведите численное моделирование решения типа стационарной контрастной структуры в среде с адвекцией, в которой несбалансированная плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое состояние.

8.3.13. Глава 13. Контрастные структуры. Асимптотический анализ.<>

Тема: Асимптотические методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений с малым параметром при старших производных.

Раздел математики: Обыкновенные дифференциальные уравнения. Асимптотические методы.

Математическая модель: Краевая задача для нелинейного дифференциального уравнения на отрезке. Дифференциальные уравнения с малым параметром при старшей производной.

Физическая модель: Диффузия в неоднородной среде с нелинейной плотностью источников с размножением и насыщением.

Метод решения: Асимптотическое разложение решения в ряд по степеням малого параметра.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 13.1. Тема: Проведите аналитическое моделирование решения типа бегущей волны концентрации в среде, в которой плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое состояние. Найдите решение типа бегущей волны методом разложения решения в ряд по степеням малого параметра. Произведите расчет функции переходного слоя нулевого порядка в символьной и в численной форме.

8.3.14. Глава 14. Квазилинейное уравнение параболического типа, численное моделирование.<>

Тема: Численное моделирование задачи Коши для квазилинейного уравнения параболического типа методом разностных схем.

Раздел математики: Уравнения параболического типа. Численный анализ.

Математическая модель: Разностные схемы для линейного, квазилинейного и нелинейного эволюционного уравнения. Задача Коши (начально–краевая задача) для квазилинейного или нелинейного уравнения параболического типа. Моделирование методом разностных схем. Численное решение разностной схемы итерационным методом.

Физическая модель: Нестационарная модель нескольких реагирующих компонент в среде с диффузией, горение и взрыв, химические реакции.

Метод решения: Метод разностных схем.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 14.1. Тема: Проведите численное моделирование плотности носителей в среде с диффузией, в

которой плотность источников имеет несколько устойчивых состояний, между которыми расположены неустойчивые состояния. Используйте метод полной дискретизации (разностных схем).

8.3.15. Глава 15. Линейные, квазилинейные и нелинейные уравнения гиперболического типа.<>

Тема: Численное моделирование линейных, квазилинейных и нелинейных уравнений гиперболического типа.

Раздел математики: Уравнения гиперболического типа. Численный анализ.

Математическая модель: Разностные схемы для квазилинейного и нелинейного волнового уравнения. Задача Коши (начально–краевая задача) для квазилинейного или нелинейного уравнения гиперболического типа. Численное решение итерационным методом.

Физическая модель: Распространение волн в нелинейных средах.

Метод решения: Метод разностных схем.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 15.1. Тема: Проведите численное моделирование волны, распространяющейся в нелинейной среде, параметры которой зависят от состояния. Используйте метод полной дискретизации (разностных схем). Численное моделирование задачи Коши для квазилинейного и нелинейного уравнения гиперболического типа методом разностных схем.

8.3.16. Глава 16. Линейное уравнение эллиптического типа.<>

Тема: Численное моделирование краевой задачи для линейного уравнения эллиптического типа методом разностных схем.

Раздел математики: Численный анализ.

Математическая модель: Разностные схемы для линейного уравнения эллиптического типа.

Физическая модель: Течение тока в неоднородной среде.

Метод решения: Краевая задача для линейного уравнения эллиптического типа. Моделирование методом разностных схем. Численное решение блочным методом Гаусса.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 16.1. Тема: Проведите численное моделирование течения тока и распределения потенциала в неоднородной среде. Используйте метод полной дискретизации (разностных схем).

8.3.17. Глава 17. Квазилинейное и нелинейное уравнение эллиптического типа.<>

Тема: Численное моделирование краевой задачи для квазилинейного и нелинейного уравнения эллиптического типа методом разностных схем.

Раздел математики: Численный анализ.

Математическая модель: Разностные схемы для квазилинейного и нелинейного уравнения эллиптического типа.

Физическая модель: Краевая задача для квазилинейного или нелинейного уравнения эллиптического типа. Моделирование методом разностных схем. Численное решение итерационным методом переменных направлений.

Метод решения: Течение тока в среде с эффектом Холла.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 17.1. Тема: Проведите численное моделирование течения тока и распределения потенциала в среде с эффектом Холла. Используйте метод полной дискретизации (разностных схем), итерационное решение нелинейной системы.

8.3.18. Глава 18. Неполный метод Галеркина (метод моментов, метод частичной дискретизации) для параболических и гиперболических уравнений.<>

Тема: Численное и аналитическое моделирование распространения тепла в неоднородной среде. Метод частичной дискретизации.

Раздел математики: Вычислительная физика.

Математическая модель: Начально–краевая задача для уравнения параболического и гиперболического типа.

Физическая модель: Краевая задача для уравнения параболического типа с переменными коэффициентами. Краевая задача для уравнения гиперболического типа с переменными коэффициентами.

Метод решения: Распространение тепла в нелинейной среде с неоднородным заполнением. Распространение волн в нелинейной среде с неоднородным заполнением.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 18.1. Тема: Найдите распределение температуры в прямоугольной (круговой) области с неоднородным заполнением, при условии что коэффициент теплопроводности зависит от температуры. Используйте метод Галеркина с частичной дискретизацией.

8.3.19. Глава 19. Метод Галеркина в электродинамике, двумерные модели.<>

Тема: Численное и аналитическое моделирование двумерной задачи распространения электромагнитных волн в неоднородной среде методом Галеркина.

Раздел математики: Вычислительная электродинамика.

Математическая модель: Краевая задача для уравнения эллиптического типа с переменными коэффициентами.

Физическая модель: Краевая задача для неоднородного уравнения Гельмгольца. Краевая задача на собственные значения для однородного уравнения Гельмгольца.

Метод решения: Распространение электромагнитных волн в волноводе с поперечным сечением в виде ограниченной области с неоднородным заполнением. Собственные электромагнитные колебания ограниченной области с неоднородным диэлектрическим заполнением. Вынужденные внешними токами электромагнитные колебания ограниченной области с неоднородным диэлектрическим заполнением.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 19.1. Тема: Найдите собственные колебания электромагнитного поля в прямоугольной (круговой) области с неоднородным заполнением методом Галеркина.

Задание 19.2. Тема: Найдите фазовую скорость электромагнитной волны в прямоугольном волноводе с неоднородным заполнением методом Галеркина.

8.3.20. Глава 20. Неполный метод Галеркина в электродинамике.<>

Тема: Неполный метод Галеркина (метод частичной дискретизации). Численное и аналитическое моделирование распространения акустических и электромагнитных волн в неоднородной среде.

Раздел математики: Численный анализ. Вычислительная электродинамика.

Математическая модель: Краевая задача для уравнения эллиптического типа с переменными коэффициентами в ограниченной и в неограниченной области. Краевая задача для неоднородного уравнения Гельмгольца. Краевая задача на собственные значения для однородного уравнения Гельмгольца в ограниченной области.

Физическая модель: Распространение электромагнитных волн в волноводе с поперечным сечением в виде ограниченной области с неоднородным заполнением. Собственные электромагнитные колебания ограниченной области с неоднородным диэлектрическим заполнением. Вынужденные внешними токами электромагнитные колебания ограниченной области с неоднородным диэлектрическим заполнением.

Метод решения: Неполный метод Галеркина (метод частичной дискретизации).

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 20.1. Тема: Найдите собственные колебания электромагнитного поля в прямоугольной (круговой) области с неоднородным заполнением методом Галеркина с частичной дискретизацией.

Задание 20.2. Тема: Найдите фазовую скорость электромагнитной волны в прямоугольном волноводе с неоднородным заполнением методом Галеркина с частичной дискретизацией.

Задание 20.3. Тема: Решите задачу о рассеянии направляемой моды планарного волновода на неоднородном теле.

8.3.21. Глава 21. Обобщенный метод разделения переменных в электродинамике.<>

Тема: Численное и аналитическое моделирование распространения электромагнитных волн в неоднородной среде с проводящими поверхностями сложной формы с помощью обобщенного метода разделения переменных.

Раздел математики: Вычислительная электродинамика.

Математическая модель: Краевая задача для неоднородного уравнения Гельмгольца в области сложной формы. Краевая задача на собственные значения для однородного уравнения Гельмгольца в области сложной формы. Краевая задача на собственные значения для уравнения Гельмгольца в нескольких областях сложной формы с условиями сопряжения на границах.

Физическая модель: Рассеяние электромагнитных волн на сопряжении с границами сложной формы в волноводе. Рассеяние электромагнитных волн на периодической диэлектрической структуре сложной формы в пространстве. Рассеяние электромагнитных волн на периодической проводящей поверхности сложной

формы в пространстве.

Метод решения: Обобщенный метод разделения переменных.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 21.1. Тема: Найдите амплитуды рассеянных волн электромагнитного поля в прямоугольном волноводе с идеально проводящим препятствием сложной формы. Используйте Обобщенный метод разделения переменных.

Задание 21.2. Тема: Найдите амплитуды рассеянных волн электромагнитного поля в прямоугольном волноводе с диэлектрическим телом сложной формы. Используйте Обобщенный метод разделения переменных.

8.3.22. Глава 22. Метод интегральных уравнений в электродинамике.<>

Тема: Расчет рассеяния плоской волны на проводящем или прозрачном объекте сложной формы методом интегральных уравнений.

Раздел математики: Методы математической физики. Численный анализ.

Математическая модель: Уравнение Лапласа или Гельмгольца в ограниченной или в неограниченной области. Уравнение Лапласа или Гельмгольца в нескольких областях сложной формы с условиями сшивания на границах.

Физическая модель: Рассеяние электромагнитной волны на проводящем или прозрачном теле с границей сложной формы.

Метод решения: Метод интегральных уравнений для решения краевых задач для уравнения Гельмгольца и его векторных обобщений в ограниченной или неограниченной области сложной формы.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 22.1. Тема: Решите двумерную внутреннюю краевую задачу для уравнения Лапласа внутри эллипса с граничными условиями первого рода. Используйте метод интегральных уравнений.

Задание 22.2. Тема: Решите двумерную внутреннюю краевую задачу для уравнения Лапласа внутри эллипса с граничными условиями второго рода. Используйте метод интегральных уравнений.

Задание 22.3. Тема: Решите двумерную задачу рассеяния плоской электромагнитной волны на идеально проводящем теле в форме эллипса. Используйте метод интегральных уравнений.

Задание 22.4. Тема: Решите двумерную задачу рассеяния плоской электромагнитной волны на идеально проводящем теле, граница которого задана в параметрической форме. Используйте метод интегральных уравнений.

8.3.23. Глава 23. Периодические структуры в электродинамике.<>

Тема: Рассеяние плоской волны на периодической решетке. Собственные волны периодической структуры.

Раздел математики: Вычислительная электродинамика. Численный анализ.

Математическая модель: Краевая задача для уравнений Максвелла. Уравнение Гельмгольца в пространственно периодической среде.

Физическая модель: Рассеяния плоской электромагнитной волны на периодической структуре проводящих или прозрачных тел. Собственные волны периодической диэлектрической структуры в пространстве.

Метод решения: Метод интегральных уравнений. Метод Галеркина. Неполный метод Галеркина.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 23.1. Тема: Найдите рассеянное поле в задаче падения плоской волны на периодическую границу раздела двух сред с различными показателями преломления. Найдите собственные волны периодической диэлектрической структуры в пространстве.

8.3.24. Глава 24. Двумерные периодические структуры в электродинамике.<>

Тема: Собственные волны в дважды-периодической структуре.

Раздел математики: Вычислительная электродинамика. Численный анализ.

Математическая модель: Уравнение Гельмгольца в двумерно-периодической среде. Краевая задача для уравнений Максвелла в среде с двумерно периодическими параметрами.

Физическая модель: Исследование рассеяния плоской электромагнитной волны на двумерной периодической структуре проводящих или прозрачных тел. Исследование собственных волн двумерно периодической структуры проводящих или прозрачных тел.

Метод решения: Метод интегральных уравнений. Метод Галеркина. Неполный метод Галеркина.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 24.1. Тема: Найдите рассеянное поле в задаче падения плоской волны на дважды периодическую границу раздела двух сред с различными показателями преломления. Найдите собственные волны дважды периодической структуры с различными показателями преломления.

8.3.25. Глава 25. Стационарное магнитное и электростатическое поле.<>

Тема: Расчет потенциальных и соленоидальных полей в области с заданной плотностью источников.

Раздел математики: Методы математической физики.

Математическая модель: Уравнения эллиптического типа с области сложной формы. Уравнение Пуассона в координатной области с заданными граничными условиями.

Физическая модель: Расчет магнитного и электростатического полей, создаваемых заданными зарядами и токами.

Метод решения: Метод функции источника. Метод разделения переменных.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 25.1. Тема: Найдите электростатическое поле в области сложной формы с заданной плотностью зарядов и с заданным потенциалом на границе. Найдите магнитостатическое поле в прямоугольной области с заданной плотностью токов и с заданным тангенциальным полем на границе для (а) аксиальной, (б) полоидальной геометрии.

8.3.26. Глава 26. Метод крупных частиц в физике плазмы.<>

Тема: Метод крупных частиц в физике плазмы.

Раздел математики: Вычислительная физика плазмы.

Математическая модель: Решение задачи Коши для уравнения Больцмана. Задача Коши для стационарного уравнения Больцмана.

Физическая модель: Расчет плотности частиц в магнитосфере Земли с заданным внешним магнитным полем.

Метод решения: Метод крупных частиц.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 26.1. Тема: Найдите плотность ионов в заданном внешнем магнитном поле с заданной плотностью источников на границе области.

8.3.27. Глава 27. Самосогласованный метод крупных частиц.<>

Тема: Метод крупных частиц в физике плазмы, самосогласованная модель.

Раздел математики: Вычислительная физика плазмы.

Математическая модель: Задача Коши для стационарного уравнения Больцмана. Решение задачи Коши для уравнения Больцмана с учетом самосогласованного магнитного поля.

Физическая модель: Расчет плотности частиц в магнитосфере Земли с самосогласованным магнитным полем.

Расчет плотности частиц в плазменном эксперименте с самосогласованным магнитным полем.

Метод решения: Самосогласованный метод крупных частиц.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 27.1. Тема: Найдите плотность ионов в самосогласованном магнитном поле с заданной плотностью источников на границе области.

8.3.28. Глава 28. Гидродинамика несжимаемой жидкости.<>

Тема: Стационарное течение несжимаемой жидкости.

Раздел математики: Механика жидкости и газа.

Математическая модель: Уравнения Эйлера и Навье-Стокса.

Физическая модель: Стационарное течение несжимаемой жидкости. Движение идеальной жидкости. Стационарное течение газа. Обтекание препятствия потоком газа.

Метод решения: Метод потенциалов. Метод конформных отображений.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 28.1. Тема: Проведите расчет течения несжимаемой жидкости в заданной области простой формы. Проведите расчет течения потока газа в полуплоскости с несколькими препятствиями в виде отрезков с условиями непротекания на границе.

8.3.29. Глава 29. Вычислительная магнитная гидродинамика.<>

Тема: Расчет МГД течения.

Раздел математики: Механика жидкости и газа. Магнитная гидродинамика.

Математическая модель: Полная система уравнений нерелятивистской магнитной гидродинамики проводящей жидкости в области простейшей формы.

Физическая модель: МГД течение в МГД генераторе простейшей формы.

Метод решения: Решение полной системы уравнений нерелятивистской магнитной гидродинамики проводящей жидкости в области простейшей формы методом конечных разностей.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 29.1. Тема: Проведите расчет МГД течения в простейшей области для случая слабого магнитного поля.

8.3.30. Глава 30. Турбулентное динамо.<>

Тема: Динамо в турбулентной среде. Солнечное динамо.

Раздел математики: Механика жидкости и газа. Магнитная гидродинамика.

Математическая модель: Турбулентное динамо. Генерация магнитного поля в турбулентной проводящей среде.

Физическая модель: Генерация магнитного поля в конвективной зоне Солнца. Крупномасштабное магнитное поле Солнца. Модель Паркера.

Метод решения: Численное решение задачи Коши для усредненных уравнений динамо методом частичной дискретизации. Численное решение задачи Коши для усредненных уравнений динамо методом полной дискретизации. Решение уравнений солнечного динамо методом моментов. Решение уравнений солнечного динамо методом Галеркина с частичной дискретизацией. Решение уравнений солнечного динамо в так называемом маломодовом приближении.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 30.1. Тема: Проведите расчет солнечного динамо в рамках модели Паркера методом частичной дискретизации. Проведите расчет солнечного динамо методом маломодового приближения.

8.3.31. Глава 31. Метод ВКБ без точек поворота.<>

Тема: Расчет собственных колебаний невырожденной волноведущей системы с гладкими коэффициентами методом ВКБ.

Раздел математики: Теория обыкновенных дифференциальных уравнений. Асимптотические методы.

Математическая модель: Краевая задача для системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с малым параметром при старших производных с гладкими коэффициентами без точек поворота.

Физическая модель: Собственные колебания плавнослоистой структуры без сингулярных точек. Собственные волны в ионосфере земли. Собственные колебания Солнца (g-моды) без сингулярных точек.

Метод решения: Метод ВКБ.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 31.1. Тема: Найдите собственные колебания системы, описываемой системой линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с малым параметром при старших производных без сингулярных точек.

Задание 31.2. Тема: Найдите собственные колебания резонатора с плавнослоистой средой с жесткими стенками.

8.3.32. Глава 32. Метод ВКБ с точками поворота.<>

Тема: Расчет собственных колебаний в среде с гладкими коэффициентами методом ВКБ в случае наличия точек поворота.

Раздел математики: Теория обыкновенных дифференциальных уравнений. Асимптотические методы.

Математическая модель: Краевая задача для системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с малым параметром при старших производных с гладкими коэффициентами с точками поворота.

Физическая модель: Собственные колебания плавнослоистой структуры с точкой поворота. Собственные волны в ионосфере земли с отражением от сингулярных областей. Собственные электромагнитные колебания в ионосфере при наличии сингулярных точек (точек поворота). Собственные колебания Солнца (g-моды) с сингулярными точками.

Метод решения: Метод ВКБ.

Примерное задание для самостоятельной работы:

Задание 32.1. Тема: Найдите собственные колебания системы, описываемой системой линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с малым параметром при старших производных с сингулярной точкой.

Задание 32.2. Тема: Найдите собственные колебания резонатора с плавнослоистой средой с одной или двумя зонами инверсии волнового вектора. (с одной или с двумя сингулярными точками).

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО<>

9.1. Дисциплина является Дисциплиной профиля (обязательная).<>

9.2. Вариативная часть, профессиональный блок, дисциплина профиля (обязательная).<>

9.3. Курс является теоретическим базисом к специальному физическому практикуму и неразрывно связан с дисциплинами "Физика конденсированного состояния вещества" "Электронная сканирующая и просвечивающая микроскопия" "Методы элементного анализа твердых тел".<>

9.3.1. Дисциплины и практики, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины. "Математический анализ" "Молекулярная физика" "Электромагнетизм" "Оптика" "Введение в квантовую физику" "Электродинамика" "Общий физический практикум".<>

9.3.2. Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее. Данная дисциплина предусмотрена в 8-ом семестре, ее освоение необходимо для научно-исследовательской работы, курсовой работы, дипломной работы.<>

10. Образовательные технологии<>

Курс имеет электронную версию для презентации. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей и проекционного оборудования. Студентам предлагаются темы для докладов и презентаций с последующей дискуссией и обсуждением сделанного доклада.

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации<>

11.1. Текущая аттестация<>

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки - посещаемость занятий, активность студентов на лекциях, уровень подготовки к лекциям, выполнение докладов, выполнение самостоятельной практической работы.

11.2. Примеры тем предлагаемых докладов:<>

1. Анализ движения материальной точки по заданной траектории. Скорость, ускорение.
2. Решение обратной задачи восстановления изображения, полученного физическим прибором, при заданной аппаратной функции.
3. Исследование собственных колебаний системы с несколькими степенями свободы в критическом случае кратного собственного значения со сложной структурой инвариантного подпространства.
4. Расчет собственных волн слоистого волновода с металлическими стенками. Расчет собственных волн слоистого оптического планарного волновода. Расчет собственных волн слоистого оптического цилиндрического волновода.
5. Расчет собственных волн слоистого волновода методом численного и символьного решения характеристического уравнения.
6. Расчет вынужденных гармонических колебаний неоднородной струны под действием внешней периодической силы. Расчет стационарного распределения температуры в неоднородном стержне.
7. Расчет собственных осцилляций неоднородной струны. Расчет собственных волн волновода с поперечно неоднородным заполнением.
8. Моделирование геодезической линии.
9. Расчет направляемых мод планарного слоистого волновода.
10. Расчет собственных волн волноведущих структур сложной структуры.

11. Моделирование диффузии в среде с нелинейной функцией плотности источников.
12. Диффузия в неоднородной среде с нелинейной плотностью источников с размножением и насыщением.
13. Диффузия в неоднородной среде с нелинейной плотностью источников с размножением и насыщением.
14. Нестационарная модель нескольких реагирующих компонент в среде с диффузией, горение и взрыв, химические реакции.
15. Распространение волн в нелинейных средах.
16. Течение тока в неоднородной среде.
17. Краевая задача для квазилинейного или нелинейного уравнения эллиптического типа. Моделирование методом разностных схем. Численное решение итерационным методом переменных направлений.
18. Краевая задача для уравнения параболического типа с переменными коэффициентами. Краевая задача для уравнения гиперболического типа с переменными коэффициентами.
19. Краевая задача для неоднородного уравнения Гельмгольца. Краевая задача на собственные значения для однородного уравнения Гельмгольца.
20. Распространение электромагнитных волн в волноводе с поперечным сечением в виде ограниченной области с неоднородным заполнением. Собственные электромагнитные колебания ограниченной области с неоднородным диэлектрическим заполнением. Вынужденные внешними токами электромагнитные колебания ограниченной области с неоднородным диэлектрическим заполнением.
21. Рассеяние электромагнитных волн на сопряжении с границами сложной формы в волноводе. Рассеяние электромагнитных волн на периодической диэлектрической структуре сложной формы в пространстве. Рассеяние электромагнитных волн на периодической проводящей поверхности сложной формы в пространстве.
22. Рассеяние электромагнитной волны на проводящем или прозрачном теле с границей сложной формы.
23. Рассеяния плоской электромагнитной волны на периодической структуре проводящих или прозрачных тел. Собственные волны периодической диэлектрической структуры в пространстве.
24. Исследование рассеяния плоской электромагнитной волны на двумерной периодической структуре проводящих или прозрачных тел. Исследование собственных волн двумерно периодической структуры проводящих или прозрачных тел.
25. Расчет магнитного и электростатического полей, создаваемых заданными зарядами и токами.
26. Расчет плотности частиц в магнитосфере Земли с заданным внешним магнитным полем.
27. Расчет плотности частиц в магнитосфере Земли с самосогласованным магнитным полем. Расчет плотности частиц в плазменном эксперименте с самосогласованным магнитным полем.
28. Стационарное течение несжимаемой жидкости. Движение идеальной жидкости. Стационарное течение газа. Обтекание препятствия потоком газа.
29. МГД течение в МГД генераторе простейшей формы.
30. Генерация магнитного поля в конвективной зоне Солнца. Крупномасштабное магнитное поле Солнца. Модель Паркера.
31. Собственные колебания плавнослоистой структуры без сингулярных точек. Собственные волны в ионосфере земли. Собственные колебания Солнца (g-моды) без сингулярных точек.
32. Собственные колебания плавнослоистой структуры с точкой поворота. Собственные волны в ионосфере земли с отражением от сингулярных областей. Собственные электромагнитные колебания в

ионосфере при наличии сингулярных точек (точек поворота). Собственные колебания Солнца (g-моды) с сингулярными точками.

11.3. Примеры заданий для самостоятельной работы:<>

1. Задание по теме 1: Найдите в символьной и численной форме и визуализируйте траекторию материальной точки, движущейся по заданной плоской или пространственной кривой с заданной скоростью. Постройте эволюту. Найдите и визуализируйте векторы скорости, ускорения. Найдите точки с нулевой скоростью, нулевым ускорением.

2. Задание по теме 2: Решите задачу восстановления одномерного изображения с заданной аппаратной функцией методом регуляризации Тихонова.

3. Задание по теме 2: Решите задачу восстановления одномерного изображения с заданной аппаратной функцией методом дискретного преобразования Фурье с использованием регуляризации Тихонова.

4. Задание по теме 3: Постройте разложение в ряд по дробным степеням малого параметра для собственных значений и собственных векторов сингулярно возмущенной квадратной матрицы.

5. Задание по теме 3: Постройте разложение в ряд по дробным степеням малого параметра для собственных частот линейного осциллятора с трением для случая критического значения коэффициента поглощения.

6. Задание по теме 4: Найдите фазовую скорость и профиль распределения поля для собственной волны слоистого волновода с металлическими стенками с кусочно-постоянным заполнением.

7. Задание по теме 4: Найдите фазовую скорость и профиль распределения поля для собственной волны слоистого оптического световода с кусочно-постоянным заполнением.

8. Задание по теме 4: Найдите фазовую скорость и профиль распределения поля для собственной волны слоистого цилиндрического оптического световода.

9. Задание по теме 5: Найдите фазовую скорость и профиль распределения поля для собственной волны слоистого волновода с кусочно-постоянным заполнением методом инвариантного погружения (т.е. погружения заданной задачи в семейство задач, зависящих от параметра).

10. Задание по теме 6: Численное решение краевой задачи методом Галеркина, 1. Расчет распределения температуры в теплопроводящем стержне с заданной плотностью источников тепла методом Галеркина. Найдите профиль распределения температуры в стержне с заданной плотностью источников тепла, концы которого поддерживаются при заданной температуре. Сформулируйте краевую задачу для линейного неоднородного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке. Для решения используйте метод Галеркина. Исследуйте скорость сходимости метода Галеркина при увеличении числа базисных функций. Используйте численное интегрирование для расчета матричных элементов. Постройте решение, проверьте совпадение с результатом, полученным аналитически.

11. Задание по теме 6: Численное решение краевой задачи методом Галеркина, 2. Расчет распределения температуры в теплопроводящем стержне с заданной плотностью источников тепла методом Галеркина. Найдите профиль распределения температуры в стержне с заданной плотностью источников тепла, концы которого поддерживаются при заданной температуре. Сформулируйте краевую задачу для линейного неоднородного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке. Для решения используйте метод Галеркина. Исследуйте скорость сходимости метода Галеркина при увеличении числа базисных функций. Используйте символьное интегрирование для расчета матричных элементов. Постройте решение, проверьте совпадение с результатом, полученным аналитически.

12. Задание по теме 7: Численное решение задачи Штурма-Лиувилля методом Галеркина, 1. Численное решение линейной однородной краевой задачи на собственные значения (задачи Штурма-Лиувилля) методом Галеркина. Краевая задача на собственные значения для линейного однородного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке с однородными граничными условиями. Применение метода Галеркина для решения задачи на собственные значения. Эта задача решается в два этапа: (1) Использование численного интегрирования для расчета матричных элементов. Построение решения, проверка совпадения с результатом, полученным аналитически. (2) Использование символьного интегрирования для расчета матричных элементов. Исследование скорости сходимости метода Галеркина.

13. Задание по теме 7: Расчет направляемых мод слоистого металлического или диэлектрического волновода методом Галеркина. Найдите фазовую скорость и профиль направляемой моды планарного волновода с металлическими идеально проводящими стенками со слоистым диэлектрическим заполнением. Разработайте и закодируйте алгоритм селекции направляемых мод. Исследуйте скорость сходимости метода Галеркина, зависимость точности от числа базисных функций.

14. Задание по теме 8: Численное решение задачи Коши для системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши, описывающая геодезическую линию в пространстве с заданной метрикой. Численное решение задачи Коши методом Рунге Кутты. Метод Рунге Кутты с автоматическим выбором шага и с контролем точности. Исследование собирающих и рассеивающих свойств двумерной модели гравитационной линзы. Постройте семейство траекторий светового луча, распространяющегося в пространстве с заданной метрикой. Постройте семейство траекторий точки, движущейся без трения по гладкой поверхности в трехмерном пространстве. Найдите точку фокуса двумерной модели гравитационной линзы.

15. Задание по теме 8: Асимптотические методы решения задачи Коши, 1. Асимптотические методы решения задачи Коши для системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений с малым параметром. Случай регулярного возмущения. Задача Коши для экстремали функционала, описывающего геодезическую линию в пространстве с заданной метрикой. Рассматривается случай слабоискривленного пространства, в котором тензор кривизны содержит малый параметр. Разложение решения задачи Коши с малым параметром в ряд по степеням малого параметра. Рассматривается случай регулярного возмущения. Решение задачи Коши представляется в виде равномерно сходящегося ряда по степеням малого параметра, причем каждый член ряда вычисляется в квадратурах. Исследование собирающих и рассеивающих свойств двумерной модели гравитационной линзы. Найдите уравнения нулевого и первого порядков для семейства траекторий светового луча, распространяющегося в двумерном пространстве с заданной неевклидовой метрикой. Постройте семейство траекторий точки, движущейся без трения по гладкой поверхности в трехмерном пространстве. Найдите точку фокуса двумерной модели гравитационной линзы.

16. Задание по теме 8: Асимптотические методы решения задачи Коши, 2. Асимптотические методы решения задачи Коши для системы нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача Коши, описывающая траекторию светового луча в среде с гладким профилем показателя преломления. Асимптотическое решение задачи Коши, описывающей траекторию светового луча методом разложения решения в ряд по малому параметру. Рассматривается распространение светового луча в среде, в которой показатель преломления есть сумма заданной константы и гладкой возмущающей функции с малой амплитудой. Решение получается в виде ряда по степеням малого параметра. Исследование собирающих и рассеивающих свойств оптической линзы. Найдите уравнения нулевого и первого порядков для семейства траекторий светового луча в среде с гладким профилем показателя преломления. Найдите точку фокуса.

17. Задание по теме 9: Расчет направляемых мод планарного слоистого волновода. Расчет собственных волн слоистого волновода методом фундаментальной матрицы. Краевая задача на собственные значения с граничными условиями третьего рода, в которых присутствует спектральный параметр. Предполагается, что коэффициенты уравнения являются кусочно-константными функциями, зависящими также от спектрального параметра. Рассматривается обобщенное решение краевой задачи. На границах разрыва (первого рода) коэффициентов ставятся условия гладкого сопряжения. Метод фундаментальной матрицы. Рассматривается только кусочно-константный профиль показателя преломления. Планарный водновод со слоистым диэлектрическим заполнением в открытом пространстве, планарный водновод со слоистым диэлектрическим заполнением с идеально проводящими металлическими стенками. Найдите фазовую скорость и профиль направляемой моды планарного волновода со слоистым заполнением диэлектриком с кусочно-константным профилем показателя преломления.

18. Задание по теме 10: Найдите фазовую скорость и профиль направляемой моды планарного волновода со слоистым заполнением методом инвариантного погружения.

19. Задание по теме 11: Проведите численное моделирование концентрации примесей в среде с диффузией, в которой плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое состояние. Предполагается, что плотность источников задается сбалансированной функцией. Используйте метод частичной дискретизации для решения эволюционного уравнения.

20. Задание по теме 11: Проведите численное моделирование концентрации примесей в среде с диффузией, в которой плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое

состояние. Предполагается, что плотность источников задается несбалансированной функцией. Используйте метод частичной дискретизации для решения эволюционного уравнения.

21. Задание по теме 11: Проведите численное моделирование концентрации примесей в среде с адвекцией и диффузией, в которой плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое состояние. Используйте метод частичной дискретизации для решения эволюционного уравнения.

22. Задание по теме 11: Проведите численное моделирование концентрации примесей в среде с диффузией, в которой плотность источников имеет четыре устойчивых состояния, между которыми расположены три неустойчивых состояния. Используйте метод частичной дискретизации для решения эволюционного уравнения.

23. Задание по теме 12: Проведите численное моделирование решения типа стационарной контрастной структуры в среде, в которой сбалансированная плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое состояние.

24. Задание по теме 12: Проведите численное моделирование решения типа стационарной контрастной структуры в среде с адвекцией, в которой несбалансированная плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое состояние.

25. Задание по теме 13: Проведите аналитическое моделирование решения типа бегущей волны концентрации в среде, в которой плотность источников имеет два устойчивых состояния, между которыми расположено неустойчивое состояние. Найдите решение типа бегущей волны методом разложения решения в ряд по степеням малого параметра. Произведите расчет функции переходного слоя нулевого порядка в символьной и в численной форме.

26. Задание по теме 14: Проведите численное моделирование плотности носителей в среде с диффузией, в которой плотность источников имеет несколько устойчивых состояний, между которыми расположены неустойчивые состояния. Используйте метод полной дискретизации (разностных схем).

27. Задание по теме 15: Проведите численное моделирование волны, распространяющейся в нелинейной среде, параметры которой зависят от состояния. Используйте метод полной дискретизации (разностных схем). Численное моделирование задачи Коши для квазилинейного и нелинейного уравнения гиперболического типа методом разностных схем.

28. Задание по теме 16: Проведите численное моделирование течения тока и распределения потенциала в неоднородной среде. Используйте метод полной дискретизации (разностных схем).

29. Задание по теме 17: Проведите численное моделирование течения тока и распределения потенциала в среде с эффектом Холла. Используйте метод полной дискретизации (разностных схем), итерационное решение нелинейной системы.

30. Задание по теме 18: Найдите распределение температуры в прямоугольной (круговой) области с неоднородным заполнением, при условии что коэффициент теплопроводности зависит от температуры. Используйте метод Галеркина с частичной дискретизацией.

31. Задание по теме 19: Найдите собственные колебания электромагнитного поля в прямоугольной (круговой) области с неоднородным заполнением методом Галеркина.

32. Задание по теме 19: Найдите фазовую скорость электромагнитной волны в прямоугольном волноводе с неоднородным заполнением методом Галеркина.

33. Задание по теме 20: Найдите собственные колебания электромагнитного поля в прямоугольной (круговой) области с неоднородным заполнением методом Галеркина с частичной дискретизацией.

34. Задание по теме 20: Найдите фазовую скорость электромагнитной волны в прямоугольном волноводе с неоднородным заполнением методом Галеркина с частичной дискретизацией.

35. Задание по теме 20: Решите задачу о рассеянии направляемой моды планарного волновода на неоднородном теле.

36. Задание по теме 21: Найдите амплитуды рассеянных волн электромагнитного поля в прямоугольном волноводе с идеально проводящим препятствием сложной формы. Используйте Обобщенный метод разделения переменных.

37. Задание по теме 21: Найдите амплитуды рассеянных волн электромагнитного поля в прямоугольном вол-

новом диэлектрическом теле сложной формы. Используйте Обобщенный метод разделения переменных.

38. Задание по теме 22: Решите двумерную внутреннюю краевую задачу для уравнения Лапласа внутри эллипса с граничными условиями первого рода. Используйте метод интегральных уравнений.

39. Задание по теме 22: Решите двумерную внутреннюю краевую задачу для уравнения Лапласа внутри эллипса с граничными условиями второго рода. Используйте метод интегральных уравнений.

40. Задание по теме 22: Решите двумерную задачу рассеяния плоской электромагнитной волны на идеально проводящем теле в форме эллипса. Используйте метод интегральных уравнений.

41. Задание по теме 22: Решите двумерную задачу рассеяния плоской электромагнитной волны на идеально проводящем теле, граница которого задана в параметрической форме. Используйте метод интегральных уравнений.

42. Задание по теме 23: Найдите рассеянное поле в задаче падения плоской волны на периодическую границу раздела двух сред с различными показателями преломления. Найдите собственные волны периодической диэлектрической структуры в пространстве.

43. Задание по теме 24: Найдите рассеянное поле в задаче падения плоской волны на дважды периодическую границу раздела двух сред с различными показателями преломления. Найдите собственные волны дважды периодической структуры с различными показателями преломления.

44. Задание по теме 25: Найдите электростатическое поле в области сложной формы с заданной плотностью зарядов и с заданным потенциалом на границе. Найдите магнитостатическое поле в прямоугольной области с заданной плотностью токов и с заданным тангенциальным полем на границе для (а) аксиальной, (б) полоидальной геометрии.

45. Задание по теме 26: Найдите плотность ионов в заданном внешнем магнитном поле с заданной плотностью источников на границе области.

46. Задание по теме 27: Найдите плотность ионов в самосогласованном магнитном поле с заданной плотностью источников на границе области.

47. Задание по теме 28: Проведите расчет течения несжимаемой жидкости в заданной области простой формы. Проведите расчет течения потока газа в полуплоскости с несколькими препятствиями в виде отрезков с условиями непротекания на границе.

48. Задание по теме 29: Проведите расчет МГД течения в простейшей области для случая слабого магнитного поля.

49. Задание по теме 30: Проведите расчет солнечного динамо в рамках модели Паркера методом частичной дискретизации. Проведите расчет солнечного динамо методом маломодового приближения.

50. Задание по теме 31: Найдите собственные колебания системы, описываемой системой линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с малым параметром при старших производных без сингулярных точек.

51. Задание по теме 31: Найдите собственные колебания резонатора с плавнослоистой средой с жесткими стенками.

52. Задание по теме 32: Найдите собственные колебания системы, описываемой системой линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с малым параметром при старших производных с сингулярной точкой.

53. Задание по теме 32: Найдите собственные колебания резонатора с плавнослоистой средой с одной или двумя зонами инверсии волнового вектора. (с одной или с двумя сингулярными точками).

11.4. Промежуточная аттестация<>

11.4.1. Промежуточная аттестация проводится на 9 неделе в форме контрольной работы с оценкой. Критерии формирования оценки - уровень знаний пройденной части курса.<>

11.4.2. Список контрольных вопросов:<>

1. Математические инструменты.
2. Численный процессор математического инструмента.

3. Символьный процессор математического инструмента.
4. Символьное и численное решение нелинейного уравнения.
5. Метод инвариантного погружения для нелинейного уравнения.
6. Метод Галеркина, линейные краевые задачи
7. Метод Галеркина, линейные краевые задачи на собственные значения
8. Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений
9. Краевые задачи для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений.
10. Метод инвариантного погружения
11. Нестационарные контрастные структуры
12. Статические контрастные структуры
13. Контрастные структуры. Асимптотический анализ.
14. Квазилинейное уравнение параболического типа, численное моделирование.
15. Линейные, квазилинейные и нелинейные уравнения гиперболического типа.
16. Линейное уравнение эллиптического типа.
17. Квазилинейное и нелинейное уравнение эллиптического типа.
18. Неполный метод Галеркина (метод моментов, метод частичной дискретизации) для параболических и гиперболических уравнений.
19. Метод Галеркина в электродинамике, двумерные модели.
20. Неполный метод Галеркина в электродинамике.
21. Обобщенный метод разделения переменных в электродинамике.
22. Метод интегральных уравнений в электродинамике.
23. Периодические структуры в электродинамике.
24. Двумерные периодические структуры в электродинамике.
25. Стационарное магнитное и электростатическое поле.
26. Метод крупных частиц в физике плазмы.
27. Самосогласованный метод крупных частиц.
28. Гидродинамика несжимаемой жидкости.
29. Вычислительная магнитная гидродинамика.
30. Турбулентное динамо.
31. Метод ВКБ без точек поворота.
32. Метод ВКБ с точками поворота.

11.5. Итоговая аттестация зачет.<>

11.5.1. Перечень вопросов к зачету:<>

1. Примерное задание к зачету по теме "Математические инструменты."

Понятие математического инструмента, инсталляция, форматы файлов и данных. Основные математические инструменты. Визуализация функций одной и нескольких переменных.

2. Примерное задание к зачету по теме "Численный процессор математического инструмента."

Численный процессор математического инструмента. Представление и обработка данных, точность, быст-

родействие.

3. Примерное задание к зачету по теме "Символьный процессор математического инструмента."

Понятие о символьных методах. Символьный процессор математического инструмента. Применение символьных методов для исследования собственных значений и собственных векторов квадратной матрицы.

4. Примерное задание к зачету по теме "Символьное и численное решение нелинейного уравнения."

Символьные и численные методы решения нелинейного уравнения и системы нелинейных уравнений.

5. Примерное задание к зачету по теме "Метод инвариантного погружения для нелинейного уравнения."

Метод инвариантного погружения для решения нелинейного уравнения и системы нелинейных уравнений.

6. Примерное задание к зачету по теме "Метод Галеркина, линейные краевые задачи"

Метод Галеркина для решения краевой задачи для линейного неоднородного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке.

7. Примерное задание к зачету по теме "Метод Галеркина, линейные краевые задачи на собственные значения"

Метод Галеркина для решения краевой задачи на собственные значения (задачи Штурма-Лиувилля) для линейного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка на отрезке.

8. Примерное задание к зачету по теме "Задача Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений"

Численное и асимптотическое решение задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений.

9. Примерное задание к зачету по теме "Краевые задачи для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений."

Линейные краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений.

10. Примерное задание к зачету по теме "Метод инвариантного погружения"

Метод инвариантного погружения для нелинейных краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений.

11. Примерное задание к зачету по теме "Нестационарные контрастные структуры"

Нестационарные контрастные структуры, метод частичной дискретизации.

12. Примерное задание к зачету по теме "Статические контрастные структуры"

Статические и квазистационарные контрастные структуры. Численное решение нелинейной краевой задачи методом стрельбы.

13. Примерное задание к зачету по теме "Контрастные структуры. Асимптотический анализ."

Асимптотические методы решения краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений с малым параметром при старших производных.

14. Примерное задание к зачету по теме "Квазилинейное уравнение параболического типа, численное моделирование."

Численное моделирование задачи Коши для квазилинейного уравнения параболического типа методом разностных схем.

15. Примерное задание к зачету по теме "Линейные, квазилинейные и нелинейные уравнения гиперболического типа."

Численное моделирование линейных, квазилинейных и нелинейных уравнений гиперболического типа.

16. Примерное задание к зачету по теме "Линейное уравнение эллиптического типа."

Численное моделирование краевой задачи для линейного уравнения эллиптического типа методом разностных схем.

17. Примерное задание к зачету по теме "Квазилинейное и нелинейное уравнение эллиптического типа."

Численное моделирование краевой задачи для квазилинейного и нелинейного уравнения эллиптического типа методом разностных схем.

18. Примерное задание к зачету по теме "Неполный метод Галеркина (метод моментов, метод частичной дискретизации) для параболических и гиперболических уравнений."

Численное и аналитическое моделирование распространения тепла в неоднородной среде. Метод частичной дискретизации.

19. Примерное задание к зачету по теме "Метод Галеркина в электродинамике, двумерные модели."

Численное и аналитическое моделирование двумерной задачи распространения электромагнитных волн в неоднородной среде методом Галеркина.

20. Примерное задание к зачету по теме "Неполный метод Галеркина в электродинамике."

Неполный метод Галеркина (метод частичной дискретизации). Численное и аналитическое моделирование распространения акустических и электромагнитных волн в неоднородной среде.

21. Примерное задание к зачету по теме "Обобщенный метод разделения переменных в электродинамике."

Численное и аналитическое моделирование распространения электромагнитных волн в неоднородной среде с проводящими поверхностями сложной формы с помощью обобщенного метода разделения переменных.

22. Примерное задание к зачету по теме "Метод интегральных уравнений в электродинамике."

Расчет рассеяния плоской волны на проводящем или прозрачном объекте сложной формы методом интегральных уравнений.

23. Примерное задание к зачету по теме "Периодические структуры в электродинамике."

Рассеяние плоской волны на периодической решетке. Собственные волны периодической структуры.

24. Примерное задание к зачету по теме "Двумерные периодические структуры в электродинамике."

Собственные волны в дважды-периодической структуре.

25. Примерное задание к зачету по теме "Стационарное магнитное и электростатическое поле."

Расчет потенциальных и соленоидальных полей в области с заданной плотностью источников.

26. Примерное задание к зачету по теме "Метод крупных частиц в физике плазмы."

Метод крупных частиц в физике плазмы.

27. Примерное задание к зачету по теме "Самосогласованный метод крупных частиц."

Метод крупных частиц в физике плазмы, самосогласованная модель.

28. Примерное задание к зачету по теме "Гидродинамика несжимаемой жидкости."

Стационарное течение несжимаемой жидкости.

29. Примерное задание к зачету по теме "Вычислительная магнитная гидродинамика."

Расчет МГД течения.

30. Примерное задание к зачету по теме "Турбулентное динамо."

Динамо в турбулентной среде. Солнечное динамо.

31. Примерное задание к зачету по теме "Метод ВКБ без точек поворота."

Расчет собственных колебаний невырожденной волноведущей системы с гладкими коэффициентами методом ВКБ.

32. Примерное задание к зачету по теме "Метод ВКБ с точками поворота."

Расчет собственных колебаний в среде с гладкими коэффициентами методом ВКБ в случае наличия точек поворота.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины<>

12.1. Ресурсы интернет<>

abkov.ru

12.2. Основная литература<>

Список литературы

- [1] Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике Части 1, 2. М.: Мир, 1990. – 350 с.
- [2] Федоренко Р.П. Введение в вычислительную физику. 2изд., Интеллект, 2008. -504с.
- [3] Тихонов А.Н., Гончарский А.В., Степанов В.В., Ягола А.Г. Численные методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1990. - 232 с.
- [4] Федорюк М.В. Асимптотические методы для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Наука, 1983. - 352 с.
- [5] Васильева А.Б., Бутузов В.Ф. Асимптотические методы в теории сингулярных возмущений. М.: Высшая школа, 1990.

12.3. Дополнительная литература<>

Список литературы

- [1] Васильева А.Б., Бутузов В.Ф. Асимптотические разложения решений сингулярно возмущенных уравнений. М.: Наука, 1973.
- [2] Васильева А.Б., Бутузов В.Ф., Нефедов Н.Н. Контрастные структуры в сингулярно возмущенных задачах. // Фундаментальная и прикладная математика, 1998. Т.4. № 3. С.799-851.
- [3] Файф П., Гринли В. Внутренние переходные слои для эллиптических краевых задач с малым параметром // Успехи мат. наук. 1974. Т. 29. N 4. С. 103-131.
- [4] Angermann L. (ed.). Numerical Simulations - Applications, Examples and Theory. India, InTech, 2011. - 530 p.
- [5] Arfken G.B., Weber H.J. Mathematical Methods for Physicists. 6th ed. - Elsevier Publishing Company, 2005. - 1200 pages.
- [6] Arfken G.B., Weber H.J., Harris F.E. Mathematical Methods for Physicists. A Comprehensive Guide. 7-th edition, Elsevier, 2013. - p.1205
- [7] DeVries Paul L. A First Course in Computational Physics. John Wiley and Sons, 1994, 424 pp.
- [8] Enns R.H., McGuire G.C. Nonlinear Physics with Mathematica for Scientists and Engineers. Birkhauser, Boston, Berlin, 2001, 725 pp.
- [9] Ferrario M., Ciccotti G., Binder K. Computer Simulations in Condensed Matter: From Materials to Chemical Biology. Volume 1. Springer-Verlag Berlin, 2006, 711 pgs.
- [10] Ferrario M., Ciccotti G., Binder K. Computer Simulations in Condensed Matter: From Materials to Chemical Biology. Volume 2. Springer-Verlag Berlin, 2006, Pages: 599.
- [11] Feynman R.P. Feynman lectures on computation. Edited by A.J.G. Hey and R.W. Allen, Addison-Wesley Publishing, New York, 1996, 318 pp.
- [12] Finlayson B.A. Numerical Methods for Problems with Moving Fronts. Ravenna Park Publishing, Seattle, Washington, 1992, 612 pp.
- [13] Giordano N.J., Nakanishi H. Computational Physics. 2nd Edition. - Pearson Education, 2006. - 544 p.
- [14] Gould H., Tobochnik J., Christian W. An introduction to computer simulation methods (3rd edition). Addison-Wesley, 2006, 796 pages.

- [15] С.А.Ж. Fletcher, Computational Galerkin methods, Springer (1984).
- [16] G.I. Marchuk, Methods of numerical mathematics, Springer (1982)
- [17] Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А., Соколов Д.Д. Магнитные поля в астрофизике, Ин-т хаотич. динам., М.-Ижевск, 2006.

13. Материально-техническое обеспечение<>

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки "Физика". Курс может быть прочитан в любой аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.