

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования  
Новосибирский государственный университет  
Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ

\_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рабочая программа дисциплины  
**Методы дискретного моделирования**

Направление подготовки

**010100 – Математика**

**010800 – Механика и математическое моделирование**

Квалификация (степень) выпускника

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Новосибирск 2014

## **Аннотация рабочей программы**

Дисциплина «Методы дискретного моделирования» входит в Базовую часть цикла ООП по направлению подготовки «010800 – Механика и математическое моделирование», все профили подготовки. Дисциплина реализуется на Механико-математическом факультете Новосибирского государственного университета кафедрой Математического моделирования ММФ НГУ.

Содержание дисциплины составляет группа вычислительных алгоритмов, известных под общим названием «методы частиц-в-ячейках», широко используемых в математическом моделировании задач гидродинамики, физики плазмы, динамики разреженных газов. Дисциплина нацелена на формирование общекультурных компетенций ОК-1 - ОК-6, ОК-8, ОК-10, ОК-11, профессиональных компетенций ПК-1 – ПК-5, ПК-7 – ПК-10, ПК-15, ПК-20 – ПК-23 выпускника.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, самостоятельная работа студента, зачет.

Программой дисциплины предусмотрен контроль в форме зачета. Формы рубежного контроля определяются решениями Ученого совета, действующими в течение текущего учебного года.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 академических часа (из них 36 аудиторных). Программой дисциплины предусмотрены 36 часов лекционных и 36 часов самостоятельной работы студентов.

## **1. Цели освоения дисциплины**

### **Курс «1. Цели освоения дисциплины»**

Курс «Методы дискретного моделирования» предназначен для магистрантов механико-математического факультета университета. Основной целью освоения дисциплины является изучение студентами специфических вычислительных методов математического моделирования - методов частиц-в-ячейках. Для достижения поставленной цели выделяются следующие задачи курса:

- Ознакомление с современными методами дискретного моделирования динамики сплошных и корпускулярных сред.
- Общий подход к построению алгоритмов частиц-в-ячейках.
- Общие универсальные подпрограммы методов частиц-в-ячейках.
- Анализ характерных погрешностей методов частиц-в-ячейках.
- Приложение методов частиц-в-ячейках к задачам газовой динамики.
- Приложение методов частиц-в-ячейках к моделированию течений завихренной жидкости.
- Приложение методов частиц-в-ячейках к задачам физики плазмы.
- Приложение методов частиц-в-ячейках к задачам динамики разреженных газов.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры**

Дисциплина «Методы дискретного моделирования» входит в Базовую часть цикла ООП по направлению подготовки «010800 – Механика и математическое моделирование», все профили подготовки.

Курс «Методы дискретного моделирования» опирается на следующие математические дисциплины данной ООП:

- Математический анализ (пределы, дифференцирование, интегрирование, экстремумы функций, ряды, векторный анализ, функционалы);
- Высшая алгебра (многочлены, определители, матрицы, алгебраические уравнения, системы уравнений, векторная алгебра, квадратичные формы);
- Аналитическая геометрия (линии, поверхности, объемы, плоские и пространственные кривые, конические сечения, поверхности второго порядка);
- Обыкновенные дифференциальные уравнения (уравнения первого и второго порядков, системы уравнений, существование решений начальной задачи, линейные и нелинейные, однородные и неоднородные уравнения).
- Уравнения математической физики.
- Функциональный анализ.
- Теория вероятностей и математическая статистика.

Результаты освоения дисциплины «Методы дискретного моделирования» используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Математическое моделирование;
- Механика сплошной среды;
- Физика.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Методы дискретного моделирования»:**

- общекультурные компетенции: ОК-6, ОК-8, ОК-10, ОК-11;
- профессиональные компетенции: ПК-2 – ПК-5, ПК-7 – ПК-10, ПК-15, ПК-20 – ПК-23.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **иметь представление** об общих подходах к построению алгоритмов частиц-в-ячейках, приемах реализации универсальных подпрограмм, характерных погрешностях и путях оптимизации данных методов;
- **знать** особенности конкретных приложений алгоритмов частиц-в-ячейках к моделированию задач газовой динамики, физики плазмы и т.п.;
- **уметь** строить, реализовывать и оптимизировать алгоритмы частиц-в-ячейках применительно к новым естественнонаучным и техническим задачам.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 0 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекция	Практич. работа	Самост. работа	Контр. работа	Экзамен	
1.	<b>Введение. Методы "частиц" в математическом моделировании</b>								
1.1	Общая характеристика методов частиц. Исторический экскурс. Некоторые приложения. Современное состояние предмета.	3	1	2	-	2			
2.	<b>Методы "частицы-в-ячейках"</b>								
2.1	Общая схема метода в абстрактной постановке. Схема расщепления. Эйлера и лагранжевы этапы. Дискретизация. ....	3	2	2	-	2			
2.2	Модельные частицы и их свойства. Распространенные модели частиц. Одномерный и двумерный случаи.	3	3	2	-	2			
2.3	Приемы интерполирования между эйлеровой и лагранжевой сетками. Приемы повышения гладкости интерполирования.	3	4	2	-	2			
2.4	Характерные погрешности методов частиц-в-ячейках. Эффект самовоздействия. Паразитные сеточные гармоники на равномерных периодических сетках. Реализация сеточного уравнения непрерывности.	3	5	2	-	2			
3.	<b>Метод частиц -в-ячейках на неструктурированных сетках.</b>								
3.1	Введение. Характеристика неструктурированных сеток. Базисы конечных элементов.	3	6	2	-	2			
3.2	Реализация лагранжева этапа на неструктурированных сетках. Алгоритмы локализации частиц. Процедуры интерполяции. Эйлеров этап на основе метода конечных объемов.	3	7	2		2			
4.	<b>Метод частиц в газовой динамике.</b>								
4.1	Уравнения газовой динамики в дивергентной форме. Схема расщепления. Реализация метода. Оригинальная схема Харлоу.	3	8	2	-	2			
4.2	Метод «крупных частиц» и FLIC-метод.	3	9	2	-	2			
4.3	Экономичный комбинированный метод. Примеры приложения.	3	10	2	-	2			

5.	<b>Методы- "вихри-в-ячейках".</b>								
5.1	Динамика завихренности в плоских течениях несжимаемой жидкости и газа. Пространственные течения завихренной жидкости. Уравнения для импульса Лэмба.	3	11	2	-	2			
5.2	Методы "вихри-в-ячейках" в плоском случае несжимаемых и сжимаемых течений. Схема расщепления по физическим процессам. Реализация метода.	3	12	2	-	2			
5.3	Схема "вихри-в-ячейках» для пространственных течений несжимаемой жидкости	3	13	2	-	2			
6.	<b>Методы "частиц-в-ячейках" в динамике бесстолкновительной плазмы.</b>								
6.1	Постановка задачи. Кинетическое уравнение Власова с самосогласованным полем. Уравнения Максвелла-Лоренца. Особенности дискретизации.	3	14	2	-	2			
6.2	Общая схема и расчетный цикл. Задание начальных условий. Аппроксимация силовых полей. Численные схемы динамики модельных частиц и законы сохранения в модельной плазме.	3	15	2	-	2			
7.	<b>Статистические методы "частиц-в-ячейках".</b>								
7.1	Кинетические уравнения динамики разреженных газов. Уравнение Больцмана. основное (master) уравнение Каца.	3	16	2	-	2			
7.2	Некоторые приемы статистического моделирования (Монте-Карло). Методы обращения, совместных распределений, исключения, суперпозиции и др.	3	17	2	-	2			
7.3	Схемы расчетный цикл для уравнения Больцмана. Схемы для основного кинетического уравнения. Алгоритм Г. Берда. Схема мажорантной частоты.	3	18	2	-	2			
				<b>36</b>	-	<b>36</b>		<b>2</b>	Зачет

## 5. Образовательные технологии

Образовательная методика изучения курса «Методы дискретного моделирования **Методы дискретного моделирования**» опирается на лекционное изложение материала. На лекциях студенты получают знания по основам построения алгоритмов частиц-в-ячейках, знакомятся с их универсальными компонентами, специфическими погрешностями, а также приложением этих методов к актуальным задачам газовой динамики, физики плазмы, динамики разреженных газов.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для аттестации по итогам освоения дисциплины

Самостоятельная работа студентов предусматривает изучение теоретического материала, даваемого в лекционном курсе. Теоретический материал изучается в форме проработки прочитанных лекций, а также в изучении рекомендованной литературы, имеющейся в библиотеке и читальных залах. Аттестация по итогам освоения дисциплины согласно учебному плану осуществляется в форме письменного зачета семестра. Билет аттестации по итогам освоения дисциплины включает один из подразделов программы, составляющий по объему примерно половину лекции.

## 6.1. Пример экзаменационного билета (3 семестр):

### Билет 14

Метод частиц-в-ячейках для системы Власова-Максвелла-Лоренца. Случай электростатической задачи.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Григорьев Ю.Н., Вшивков В.А., Федорук М.П. Численное моделирование методами частиц-в-ячейках -Новосибирск: Изд-во РАН.-2004 г.
2. Григорьев Ю.Н., Вшивков В.А. Численные методы «частицы-в-ячейках» - Новосибирск: Наука.-2000 г.
3. Григорьев Ю.Н., Вшивков В.А. Численные методы «частицы-в-ячейках» - Новосибирск: Изд-во НГУ. –Учебное пособие.-.1996 г.
4. Хокни Р, Иствуд Дж. Численное моделирование методом частиц.- М.: Мир. -1987 г.

б) дополнительная литература:

Березин Ю.А., Вшивков В.А. Метод частиц в динамике разреженной плазмы. – Новосибирск: Наука. – 1980 г.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционная аудитория, компьютер, мультимедиа проектор, доска, мел.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению «010800 – Механика и математическое моделирование», все профили подготовки.

Автор: \_\_\_\_\_ Григорьев Юрий Николаевич  
д.ф.м-н., профессор ММФ НГУ

Рецензент (ы) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Программа одобрена на заседании \_\_\_\_\_  
(Наименование уполномоченного органа вуза (УМК, НМС, Ученый совет))  
от \_\_\_\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_