Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА И НАНОСИСТЕМ

ОДОБРЕНО УМС ЛАПЛАЗ

Протокол № 01/08-577

от 28.08.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ (ЧАСТЬ 2)

Направление подготовки (специальность) [1] 03.03.01 Прикладные математика и физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
5	3	108	32	32	0		44	0	З
Итого	3	108	32	32	0	0	44	0	

АННОТАЦИЯ

Изучение дисциплины позволит студентам получить и развить продвинутые навыки вычислительной работы при решении задач численного моделирования и поможет при выполнении НИР и дипломной работы.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания данной дисциплины состоит в изложении начальных сведения о численных методах решения задач математической физики. Акцент курса сделан на кратком и, по возможности наглядном описании методов, характеристике их точности и круга физических задач, для решения которых эти методы применяются. Для некоторых из представленных в курсе методов дается исследование единственности и сходимости решений, которые получаются с их помощью, однако в большинстве случаев детальное математическое обоснование и изучение специальных свойств численных алгоритмов не является нашей задачей и может подробно изучаться в последующих курсах.

Основными задачами освоения дисциплины являются:

- получение базовых представлений о принципах построения численных методов решения задач математической физики и закрепление практических навыков решения физических задач на ЭВМ.
- ознакомление и приобретение студентами навыков программирования на персональном компьютере вычислительных задач необходимых для дальнейшего изучения предметов специализации на более старших курсах.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Содержание дисциплины представляет собой развитие полученных ранее знаний в области информатики и использования численных методов. Изучение дисциплины позволит студентам получить и развить навыки вычислительной работы при решении задач численного моделирования и поможет при выполнении НИР и дипломной работы.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	**Код и наименование индикатора достижения компетенции**

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	**Объект или область знания**	**Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный**	**Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции**

		стандарт-ПС, анализ опыта)	
научно-исследовательский			
разработка математических моделей, технологий для решения инженерных, технических и информационных задач	модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области суперкомпьютерного моделирования инженерно-физических процессов в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства	ПК-3 [1] - Способен применять численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач *Основание:* Профессиональный стандарт: 06.001, 40.011	З-ПК-3[1] - Знать численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач. ; У-ПК-3[1] - Уметь применять численные методы решения дифференциальных и интегральных уравнений для различных физико-технических задач.; В-ПК-3[1] - Владеть навыками решения дифференциальных и интегральных уравнений численными методами для физико-технических задач.
конструкторско-технологический			
участие в разработке новых алгоритмов и компьютерных программ для научно-исследовательских и прикладных целей	модели, методы и средства фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области суперкомпьютерного моделирования инженерно-физических процессов в науке, технике, технологиях, а также в сферах наукоемкого производства	ПК-7 [1] - Способен к разработке прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований *Основание:* Профессиональный стандарт: 06.001, 29.004	З-ПК-7[1] - Знать текущее положение современных научных достижений, современные методы и алгоритмы для разработки и адаптации прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований. ; У-ПК-7[1] - Уметь применять современные методы и алгоритмы для разработки наукоемкого программного обеспечения.; В-ПК-7[1] - Владеть

			навыками разработки и адаптации прикладного программного обеспечения для проведения научных исследований.

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	**Задачи воспитания (код)**
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (В20)

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	**Наименование раздела учебной дисциплины**	**Недели**	**Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.**	**Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)**	**Максимальный балл за раздел****	**Аттестация раздела (форма*, неделя)**	**Индикаторы освоения компетенции**
	5 Семестр						
1	Часть 1	1-8	16/16/0		25	КИ-8	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7
2	Часть 2	9-16	16/16/0		25	КИ-16	У-ПК-7, З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-7, В-ПК-7
	Итого за 5 Семестр		32/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 5				50	З	З-ПК-3, У-ПК-3,

	Семестр						В-ПК-3, З-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	**Полное наименование**
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	**Темы занятий / Содержание**	**Лек., час.**	**Пр./сем., час.**	**Лаб., час.**
	5 Семестр	32	32	0
1-8	**Часть 1**	16	16	0
1 - 2	**Тема 1** Интерполяционный многочлен Лагранжа	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	**Тема 2** Квадратурные формулы Ньютона-Котеса	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	**Тема 3** Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Разложение решения в ряды	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	**Тема 4** Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод Эйлера	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	**Часть 2**	16	16	0
9 - 10	**Тема 5** Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы Адамса	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 12	**Тема 6** Методы Рунге-Кутты	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 14	**Тема 7** Накопление ошибки при решении задачи Коши разностными методами. Метод Милна	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

15 - 16	**Тема 8** Стохастические методы. Определение объемов тел и вычисление интегралов методом Монте-Карло.	Всего аудиторных часов		
		4	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	**Полное наименование**
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

По направлению подготовки (специальности) предусматривается широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов. В рамках учебного курса предусмотрено использование лицензионных программных продуктов при проведении самостоятельных расчетов.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	**Индикаторы освоения**	**Аттестационное мероприятие (КП 1)**
ПК-3	З-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	З, КИ-8, КИ-16
ПК-7	З-ПК-7	З, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-7	З, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-7	З, КИ-8, КИ-16

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-

балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

<table>
<tr><th>Сумма баллов</th><th>Оценка по 4-х балльной шкале</th><th>Отметка о зачете</th><th>Оценка ECTS</th></tr>
<tr><td>90-100</td><td>5 – «отлично»</td><td rowspan="7">«зачтено»</td><td>A</td></tr>
<tr><td>85-89</td><td rowspan="2">4 – «хорошо»</td><td>B</td></tr>
<tr><td>75-84</td><td>C</td></tr>
<tr><td>70-74</td><td rowspan="2">D</td></tr>
<tr><td>65-69</td><td rowspan="2">3 – «удовлетворительно»</td></tr>
<tr><td>60-64</td><td>E</td></tr>
<tr><td>ниже 60</td><td>2 – «неудовлетворительно»</td><td>«не зачтено»</td><td>F</td></tr>
</table>

Оценка «отлично» соответствует глубокому и прочному освоению материала программы обучающимся, который последовательно, четко и логически стройно излагает свои ответы, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответах материалы монографической литературы.

Оценка «хорошо» соответствует твердым знаниям материала обучающимся, который грамотно и, по существу, излагает свои ответы, не допуская существенных неточностей.

Оценка «удовлетворительно» соответствует базовому уровню освоения материала обучающимся, при котором освоен основной материал, но не усвоены его детали, в ответах присутствуют неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности.

Отметка «зачтено» соответствует, как минимум, базовому уровню освоения материала программы, при котором обучающийся владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками, умеет применять теоретические положения для решения типовых практических задач.

Оценку «неудовлетворительно» / отметку «не зачтено» получает обучающийся, который не знает значительной части материала программы, допускает в ответах существенные ошибки, не выполнил все обязательные задания, предусмотренные программой. Как правило, такие обучающиеся не могут продолжить обучение без дополнительных занятий.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К81 Practical course on MatLab for foreign students : , Krasavin A.V., Zhumagulov Ya.V., Moscow: National Research Nuclear University MEPhI, 2018

2. ЭИ Л12 Лабораторный практикум "Компьютерное моделирование наноструктур" : , Подливаев А.И. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

3. ЭИ Н 84 Метод акустической эмиссии : , Носов В. В., Ямилова А. Р., Санкт-Петербург: Лань, 2022

4. ЭИ М 59 Теория принятия управленческих решений : , Микони С. В., Санкт-Петербург: Лань, 2022

5. ЭИ Б 30 Численные методы : учебное пособие, Кобельков Г. М., Бахвалов Н. С. , Жидков Н. П., Москва: Лаборатория знаний, 2020

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 519 П44 Компьютерный практикум "Основы численных методов решения физических задач" : , Подливаев А.И., Опёнов Л.А., Львов Н.Е., М.: МИФИ, 2004

2. 620 Л12 Лабораторный практикум "Компьютерное моделирование наноструктур" : , Подливаев А.И. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

3. 519 Б30 Численные методы : учеб. пособие для вузов, Жидков Н.П., Кобельков Г.М., Бахвалов Н.С., М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

https://online.mephi.ru/

http://library.mephi.ru/

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Следует уделять больше внимания самостоятельной работе. В случае затруднений, возникающих при решении тех или иных из заданных на дом задач рекомендуется обратиться к учебникам и задачникам, приведенным в списке литературы, и изучить данную тему более подробно. При подготовке к каждому занятию нужно обязательно повторить материал предыдущих лекций. Кроме того, весьма желательно повторить соответствующий материал из изученных ранее курсов.

При выполнении домашнего задания, перед его сдачей провести проверку программ, в соответствии с особенностями каждой задачи.

При подготовке к теме «Интерполяция функций многочленами» следует восстановить содержание разделов алгебры, относящихся к свойствам многочленов и их корней; содержание

глав математического анализа, относящихся к рядам Тейлора и содержание теории функций комплексного переменного, относящихся к рядам Лорана.

Для раздела «Интерполяционный многочлен Лагранжа с разделенными и кратными узлами интерполяции» восстановить содержание глав математического анализа , относящихся к определению производной функции.

При подготовке к теме «Оценка точности полиномиальной интерполяции» следует восстановить содержание главы математического анализа, в которой проводится доказательство теоремы Ролля.

При подготовке к теме «Квадратурные формулы Ньютона-Котеса» следует восстановить содержание глав математического анализа, относящихся к определению интеграла и к суммам Дарбу.

При подготовке к теме «Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений» следует восстановить содержание глав математического анализа , относящихся к определению производной функции.

При подготовке к теме Разложение решения в ряды. следует восстановить содержание глав математического анализа, относящихся к рядам Тейлора.

При подготовке к теме «Неявные методы Адамса» следует восстановить содержание глав математического анализа, относящихся к условиям сходимости суммы ряда.

При подготовке к теме «Накопление ошибки и неустойчивость разностных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений» следует восстановить содержание глав общей физики, относящихся к затухающим колебаниям и к динамическому поведению материальной точки вблизи положения неустойчивого равновесия.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

В настоящей дисциплине проводится описание численных методов решения задач, с которыми постоянно сталкиваются исследователи, работающие в области физики конденсированного состояния вещества. В некоторые домашние задания по данной дисциплине включен элемент, затрудняющий их тривиальное численное решение (медленная сходимость, плохая обусловленность и т.п.), что часто встречается в реальных задачах. При решении задач домашнего задания подразумевается использованием языков программирования высокого уровня (FORTRAN, PASCAL и др.)

Интерполяция функций многочленами: дать понятие приближения функции, подчеркнуть отличие интерполяции от экстраполяции. Примеры принципиального отличия приближения функций, конечными рядами Фурье, Тейлора, Лорана. Привести примеры удачного и неудачного выбора узлов интерполяции многочлена Лагранжа.

Оценка точности полиномиальной интерполяции: после вывода выражения для верхней оценки точности интерполяционного многочлена Лагранжа привести примеры совпадения реальной ошибки с величиной оценки ошибки и случаем, когда оценка ошибки сильно завышена. Показать возможность минимизации величины оценки ошибки за счет выбора положения узлов интерполяции.

Квадратурные формулы Ньютона-Котеса: показать возможность применения интерполяционного многочлена Лагранжа при численном интегрировании функций и возможность верхней оценки ошибки интегрирования. Подчеркнуть, что не всякий многочлен Лагранжа при выводе квадратурных формул дает формулы Ньютона-Котеса.

Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений: дать краткий обзор задач физики наноструктур и сверхпроводимости, требующих решения дифференциальных уравнений.

Разложение решения в ряды: привести примеры задач, в которых решение линейного дифференциального уравнения удобно представить в виде суммы рядов: полиномиального ряд, гармонического, и ряда специальных функций.

Разностные методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений: дать понятие конечных разностей. Привести дифференциальное уравнения высокого порядка к системе дифференциальных уравнений первого порядка. Вывести метод Эйлера как частный случай решения задачи Коши путем разложения в ряд Тейлора. Дать понятие порядка точности разностного численного метода решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

Явные методы Адамса: дать общий алгоритм построения методов Адамса. Представить метод Эйлера как частный, простейший вариант явного метода Адамса.

Неявные методы Адамса: построить неявные методы Адамса. Перечислить достоинства и недостатки неявного метода Адамса в сравнении с явным методом. Дать понятие жестких систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Привести примеры жестких систем дифференциальных уравнений, возникающих в задачах физики наноструктур (уравнения химической кинетики).

Методы Рунге-Кутты: после изложения идеи методов Рунге-Кутты дать описание комбинированного метода (метод Рунге-Кутты и чередующиеся явный и неявный методы Адамса).

Накопление ошибки и неустойчивость разностных методов решения обыкновенных дифференциальных уравнений: привести примеры устойчивых и неустойчивых физических систем. Дать понятие устойчивости численного метода. Примеры неустойчивости численных методов, возникающей при описании исходно устойчивых физических систем.

Метод Милна: дать общий алгоритм построения. Подчеркнуть отличие метода Милна второго порядка точности от метода Эйлера с полушагом.

Автор(ы):

Подливаев Алексей Игоревич, к.ф.-м.н., доцент