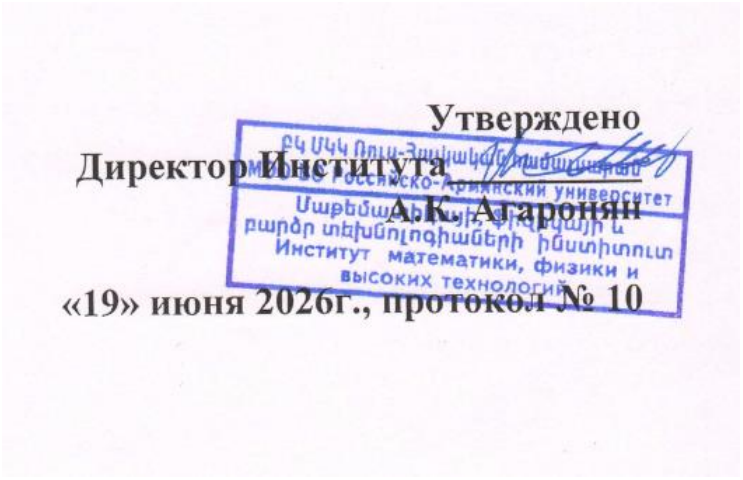
Межгосударственная образовательная организация высшего образования
«Российско-Армянский университет»



УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Б1.О.14 «Численные методы в физике»

Автор (ы): **Саргсян Тигран Арамович, к.ф.-м.н., преподаватель**
Ф.И.О, ученое звание (при наличии), ученая степень (при наличии)

Направление подготовки: 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
Наименование образовательной программы: Квантовая информатика

Согласовано:

Заведующий Кафедрой общей физики и квантовых наноструктур

Айрапетян Д.Б.



(подпись)

1. АННОТАЦИЯ

1.1. Краткое описание содержания данной дисциплины;

Численные методы в физике – это инструменты и алгоритмы, используемые для моделирования физических процессов и решения уравнений, которые описывают эти процессы. Они позволяют получить численные решения там, где аналитические методы могут быть неприменимы или слишком сложны. Данные методы широко применяются в различных областях физики, включая механику, электродинамику, квантовую физику и астрофизику, для моделирования систем от элементарных частиц до космологических масштабов. Целью освоения дисциплины "Численные методы в физике" является знакомство студентов с основными численными методами и реализующими их алгоритмами, а также подготовка студентов к решению практических задач с использованием численных методов.

1.2. Трудоемкость в академических кредитах и часах, формы итогового контроля (экзамен/зачет);

Общая трудоемкость изучения дисциплины 180 академических часов / 5 кр. Итоговый контроль: зачет.

1.3. Взаимосвязь дисциплины с другими дисциплинами учебного плана специальности (направления)

Машинное обучение, Квантовая информатика, Квантовое программирование (QISKET), Программирование в физике, Функциональное программирование (Python & Wolfram), Структуры данных и алгоритмы (Python)

1.4. Результаты освоения программы дисциплины:

Код компетенции *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование компетенции** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Код индикатора достижения компетенций** *(в соответствии рабочим с учебным планом)*	**Наименование индикатора достижений компетенций***(в соответствии рабочим с учебным планом)*
ОПК-5	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	ОПК-5.1	Понимает принципы построения алгоритмов и компьютерных программ, пригодных для практического применения

		ОПК-5.2	Умеет на основе алгоритмов применять языки программирования для создания компьютерные программ
		ОПК-5.3	Владеет навыками программирования, отладки и тестирования компьютерных программ
ПК-2	Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования и обеспечивать их программную реализацию	ПК-2.1	Знает методы разработки эффективных алгоритмов решения научно-исследовательских задач
		ПК-2.2	Умеет использовать алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования
		ПК-2.3	Владеет навыками разработки стратегии и методологии исследования изделий микро- и наноэлектроники

2. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

2.1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины "Численные методы в физике" является знакомство студентов с основными численными методами и реализующими их алгоритмами, а также подготовка студентов к решению практических задач с использованием численных методов.

Задачами учебного курса являются:

- Изучить теорию математического моделирования применительно к задачам физики;
- Освоить постановку задач физики, научиться выбирать наиболее эффективный численный метод их решения и его реализации;
- Развить навыки программирования для реализации численных методов с использованием современных языков и инструментов.

2.2. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы (в академических часах и зачетных единицах) ***(удалить строки, которые не будут применены в рамках дисциплины)***

Виды учебной работы	**Всего, в акад. часах**	**Распределение по семестрам**
		5 сем
1	**2**	**3**
1. Общая трудоемкость изучения дисциплины по семестрам, в т. ч.:	**180**	**180**
1.1. Аудиторные занятия, в т. ч.:	**64**	**64**
1.1.1. Лекции	**32**	**32**
1.1.2. Практические занятия, в т. ч.	**32**	**32**
1.2. Самостоятельная работа, в т. ч.:	**116**	**116**
1.3. Консультации		
Итоговый контроль (Экзамен, Зачет, диф. зачет - указать)	**Зачет**	**Зачет**

2.3. Содержание дисциплины

2.3.1. Тематический план и трудоемкость аудиторных занятий (модули, разделы дисциплины и виды занятий) по рабочему учебному плану

Разделы и темы дисциплины	**Всего (ак. часов)**	**Лекции (ак. часов)**	**Практ. занятия (ак. часов)**	**Семинары (ак. часов)**	**Лабор. (ак. часов)**
1	**2=3+4+5+6+7**	**3**	**4**	**5**	**6**
Раздел 1. Введение в численные методы	**4**	**2**	**2**		
Тема 1. Предмет численных методов	2	1	1		
Тема 2. Устойчивость задач и вычислительных алгоритмов	2	1	1		
Раздел 2. Решение нелинейных уравнений	**6**	**3**	**3**		
Тема 1. Локализация корней уравнения	2	1	1		
Тема 2. Метод половинного деления	2	1	1		
Тема 3. Метод простой итерации	2	1	1		
Раздел 3. Численные методы линейной алгебры	**20**	**12**	**8**		
Тема 1. Некоторые сведения из линейной	4	2	2		

алгебры					
Тема 2. Системы линейных алгебраических уравнений	6	3	3		
Тема 3. LU-методы	2	1	1		
Тема 4. Метод Гаусса	4	2	2		
Тема 5. Итерационные методы	2	1	1		
Тема 6. Метод Якоби	2	1	1		
Раздел 4. Интерполяция и смежные вопросы	**14**	**7**	**7**		
Тема 1. Задача интерполяции	4	2	2		
Тема 2. Интерполяционная формула Лагранжа	2	1	1		
Тема 3. Интерполяционная формула Ньютона	2	1	1		
Тема 4. Кусочно-полиномиальная интерполяция	2	1	1		
Тема 5. Интерполяционные сплайны	4	2	2		
Раздел 5. Численное интегрирование и дифференцирование	**20**	**11**	**9**		
Тема 1. Квадратурные формулы	4	2	2		
Тема 2. Формулы прямоугольников и трапеций	2	1	1		
Тема 3. Формула Симпсона	2	1	1		
Тема 4. Вычисление несобственных интегралов	2	1	1		
Тема 5. Интегрирование методом Монте-Карло	2	1	1		
Тема 6. Численное дифференцирование	4	2	2		
Тема 7. Задача Коши	2	1	1		
Тема 8. Метод конечных элементов	2	1	1		
ИТОГО	**64**	**32**	**32**	**-**	**-**

2.3.2. Краткое содержание разделов дисциплины в виде тематического плана

Раздел 1. Введение в численные методы

Тема 1. Предмет численных методов

Предмет численных методов. Приближенные числа и погрешности. Представление чисел в компьютере.

Тема 2. Устойчивость задач и вычислительных алгоритмов

Чувствительность задач к изменению параметров. Устойчивость задач.

Раздел 2. Решение нелинейных уравнений

Тема 1. Локализация корней уравнения

Установление возможно тесных промежутков, в которых содержатся корни уравнения. Уточнение корней, доведением до заданной точности.

Тема 2. Метод половинного деления

Описание метода половинного деления. Анализ погрешностей метода половинного деления.

Тема 3. Метод простой итерации

Описание метода простой итерации. Анализ сходимости метода простой итерации.

Раздел 3. Численные методы линейной алгебры

Тема 1. Некоторые сведения из линейной алгебры

Скалярное произведение векторов. Матрицы специального вида. Собственные значения и собственные векторы. Нормы векторов и матриц. Число обусловленности матрицы. Обращение матриц.

Тема 2. Системы линейных алгебраических уравнений

Решение систем линейных алгебраических уравнений. Системы с нижней и верхней треугольными матрицами.

Тема 3. LU-методы

LU-разложение матрицы коэффициентов. Алгоритм Краута.

Тема 4. Метод Гаусса

Алгоритм единственного деления. Связь метода Гаусса с LU-разложением матрицы.

Тема 5. Итерационные методы

Итерационные методы как альтернатива прямым методам решения систем алгебраических уравнений.

Тема 6. Метод Якоби

Описание метода Якоби. Сходимость метода Якоби.

Раздел 4. Интерполяция и смежные вопросы

Тема 1. Задача интерполяции

Постановка задачи интерполяции. Интерполяционный многочлен. Погрешность интерполяции. Многочлены Чебышева. Минимизация погрешности интерполяции.

Тема 2. Интерполяционная формула Лагранжа

Вывод интерполяционной формулы Лагранжа. Интерполяционная схема Эйткена.

Тема 3. Интерполяционная формула Ньютона

Разделение разности. Вывод интерполяционной формулы Ньютона

Тема 4. Кусочно-полиномиальная интерполяция

Кусочно-линейная интерполяция. Кусочно-квадратичная интерполяция.

Тема 5. Интерполяционные сплайны

Определение сплайна. Квадратичный сплайн. Кубический сплайн.

Раздел 5. Численное интегрирование и дифференцирование

Тема 1. Квадратурные формулы

Задача вычисления определенного интеграла. Квадратурные формулы Гаусса и Чебышева.

Тема 2. Формулы прямоугольников и трапеций

Формулы левых, правых и средних прямоугольников. Формула трапеций. Комбинированные формулы прямоугольников и трапеций.

Тема 3. Формула Симпсона

Квадратурная формула Симпсона.

Тема 4. Вычисление несобственных интегралов

Общий подход вычисления несобственных интегралов. Специальные приемы вычисления несобственных интегралов.

Тема 5. Интегрирование методом Монте-Карло

Обычный алгоритм Монте-Карло интегрирования. Геометрический алгоритм Монте-Карло интегрирования.

Тема 6. Численное дифференцирование

Простейшие формулы численного дифференцирования. Вычислительная погрешность численного дифференцирования. Использование интерполяционных многочленов.

Тема 7. Задача Коши

Задача Коши. Аналитические приближенные методы. Метод Рунге-Кутты. Метод Эйлера. Метод Адамса.

Тема 8. Метод конечных элементов

Идея метода конечных элементов. Иллюстрация метода на одномерном примере.

2.3.3. Краткое содержание семинарских/практических занятий/лабораторного практикума

Во время практических занятий студенты применяют знания, полученные во время лекций. Практические занятия в основном будут проводиться путем решения соответствующих задач в компьютерной аудитории. Некоторые темы/примеры будут продемонстрированы соответствующими примерами/моделями с помощью проектора.

2.3.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для эффективной организации проработок нужна компьютерная аудитория с проектором.

2.4. Модульная структура дисциплины с распределением весов по формам контролей

Формы контролей	Вес формы (форм) текущего контроля в результирующей оценке текущего контроля (по модулям)	Вес формы промежуточного контроля в итоговой оценке промежуточного контроля	Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей	Вес итоговой оценки промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей (семестровой оценке)	Веса результирующей оценки промежуточных контролей и оценки итогового контроля в результирующей оценке итогового контроля

Вид учебной работы/контроля	**M1**[1]	**M2**	**M1**	**M2**	**M1**	**M2**		
Контрольная работа *(при наличии)*			0.5	0.5				
Устный опрос *(при наличии)*								
Тест *(при наличии)*								
Лабораторные работы *(при наличии)*	0.5	0.5						
Письменные домашние задания *(при наличии)*								
Реферат *(при наличии)*								
Эссе *(при наличии)*								
Проект *(при наличии)*								
Решение задач	0.5	0.5						
Веса результирующих оценок текущих контролей в итоговых оценках промежуточных контролей					0.5	0.5		
Веса оценок промежуточных контролей в итоговых оценках промежуточных контролей								
Вес итоговой оценки 1-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес итоговой оценки 2-го промежуточного контроля в результирующей оценке промежуточных контролей							0.5	
Вес результирующей оценки промежуточных контролей в результирующей оценке итогового контроля								0.5
Вес итогового контроля (Экзамен/зачет) в результирующей оценке итогового контроля								0.5
	∑ = 1	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**	**∑ = 1**

3. Теоретический блок *(указываются материалы, необходимые для освоения учебной программы дисциплины)*

3.1. Материалы по теоретической части курса

3.1.1. Учебник(и);

1. Ю. Р. Акопян, Основы Численных Методов. Том 1, Издательство РАУ, Ереван, 2005.
2. Ю. Р. Акопян, Основы Численных Методов. Том 2, Издательство РАУ, Ереван, 2007.
3. А. А. Самарский, А. В. Гулин, Численные методы, Наука, Москва, 1989.
4. Kendall E. Atkinson, An Introduction To Numerical Analysis, John Wiley & Sons, 1991.

[1] Учебный Модуль

5. Steven C. Chapra, Raymond P. Canale, Numerical Methods for Engineers, McGraw Hill, 2014.
6. В.В. Залипаев, Д.Р. Гулевич, Численные Методы в Физике и Технике, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 2020.

4. Фонды оценочных средств ***(указываются материалы, необходимые для проверки уровня знаний в соответствии с содержанием учебной программы дисциплины).***

4.1. Образцы вариантов контрольных работ, тестов и/или других форм текущих и промежуточных контролей

1. Объясните, что такое устойчивость метода численного интегрирования. Приведите примеры устойчивых методов.
2. Используя метод простой итерации, решите уравнение x = cos(x) с начальным приближением $x_0 = 0.5$. Выполните 5 итераций и найдите приближенное значение корня.
3. Разложите матрицу A = ((4, 3), (6, 3)) на произведение нижней и верхней треугольных матриц (LU-разложение).
4. Решите систему линейных уравнений методом Гаусса:

$$\begin{cases} 5x - y + z = 10 \\ -x + 3y - z = -2 \\ x + y + 4z = 3 \end{cases}$$

5. Определите значение интеграла $\int_0^1 x^2 dx$ методом Монте-Карло, используя 100 случайных точек. Показать все шаги вычислений.

4.2. Перечень вопросов для зачета

1. *Численные методы: определение, значение и примеры применения в задачах физики.*
2. *Точные и приближенные методы решения задач: различия и примеры.*
3. *Основные этапы численного решения задачи и их важность.*
4. *Устойчивость вычислительного алгоритма: определение, примеры устойчивых и неустойчивых алгоритмов.*
5. *Локализация корней уравнения: методы и примеры.*
6. *Метод половинного деления: описание и применение.*
7. *Метод простой итерации: описание и применение.*
8. *Метод Гаусса: описание и применение для решения систем линейных уравнений.*
9. *Метод Якоби: описание и применение для решения систем линейных уравнений.*
10. *Метод LU-разложения: описание и применение для решения систем линейных уравнений.*
11. *Задача интерполяции: определение и методы решения.*
12. *Интерполяционная формула Лагранжа: описание и применение.*

13. Интерполяционная формула Ньютона: описание и применение.
14. Кусочно-полиномиальная интерполяция: описание и применение.
15. Интерполяционные сплайны: описание и применение.
16. Численное интегрирование: основные методы и их применение.
17. Квадратурные формулы: описание и примеры.
18. Формулы прямоугольников и трапеций: описание и применение.
19. Формула Симпсона: описание и применение.
20. Вычисление несобственных интегралов: методы и примеры.
21. Интегрирование методом Монте-Карло: описание и применение.
22. Численное дифференцирование: методы и применение.
23. Задача Коши: определение и методы численного решения.
24. Метод конечных элементов: описание и применение.

4.3. Образцы билетов для зачета

МОО ВО РОССИЙСКО-АРМЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ И ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
5. Кафедра общей физики и квантовых наноструктур

Направление: Электроника и наноэлектроника
Дисциплина: Углубленный курс квантовой механики
(бакалавриат III-ий курс, II -ой семестр)

Экзаменационный билет № **

1. Метод половинного деления: описание и применение.
2. Интерполяционная формула Лагранжа: описание и применение.
3. Разложите матрицу A = ((2, 1, 1), (4, -6, 0), (-2, 7, 2)) на произведение нижней и верхней треугольных матриц (LU-разложение).
4. Решите систему линейных уравнений методом Гаусса:

$$\begin{cases} 2x + y - z = 1 \\ 4x - 6y = -2 \\ -2x + 7y + 2z = 9 \end{cases}$$

5. Методический блок

5.1. Методика преподавания

5.1.1 Методические рекомендации для студентов по подготовке к семинарским, практическим или лабораторным занятиям, по организации самостоятельной работы студентов при изучении конкретной дисциплины.

Практические занятия помогают студентам глубже усвоить учебный материал. Их назначение – углубление проработки теоретического материала предмета путем регулярной и планомерной самостоятельной работы студентов на протяжении всего

курса. Процесс подготовки к практическим занятиям включает изучение документации, обязательной и дополнительной литературы по рассматриваемому вопросу. Непосредственное проведение практического занятия предполагает:

- индивидуальные выступления студентов с сообщениями по какому-либо вопросу изучаемой темы;
- фронтальное обсуждение рассматриваемой проблемы, обобщения и выводы;
- решение задач и упражнений по образцу;
- решение вариантных задач и упражнений;
- выполнение контрольных работ.

При подготовке к практическим занятиям студентам рекомендуется: внимательно ознакомиться с тематикой практического занятия; прочесть конспект лекции по теме, изучить рекомендованную литературу.

Самостоятельная работа обучаемых имеет целью закрепление и углубление полученных знаний и навыков, подготовку к предстоящему экзамену по дисциплине, а также формирование представлений об основных понятиях и разделах курса, навыков умственного труда и самостоятельности в поиске и приобретении новых знаний по функциональному программированию. Преподаватель проводит консультации с обучаемыми с целью оказания им помощи в самостоятельном изучении тем учебного курса. Консультации носят как групповой, так и индивидуальный характер.

Рекомендуются следующие виды самостоятельной работы:

- изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку;
- работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы;
- поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников информации по курсу, подготовка презентации по выбранной теме;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к экзамену.

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям и контрольным мероприятиям. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях и в качестве выполненных контрольных работ.

Для овладения, закрепления и систематизации знаний рекомендуется:

- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы);
- использование компьютерной техники и программного обеспечения;
- работа с конспектом лекции (обработка текста);
- повторная работа над учебным материалом;
- ответы на контрольные вопросы;
- решение задач и упражнений по образцу;
- решение вариантных задач и упражнений.

Самостоятельная работа студентов реализуется: 1) непосредственно в процессе аудиторных занятий – на лекциях и практических занятиях – путем проведения

экспресс-опросов по конкретным темам, тестового контроля знаний; 2) в контакте с преподавателем вне рамок расписания – на консультациях по учебным вопросам, при выполнении индивидуальных заданий; 3) внеаудиторная самостоятельная работа студентов. Существуют следующие виды контроля: 1) текущий, т.е. регулярное отслеживание уровня усвоения материала на лекциях, семинарских занятиях; 2) самоконтроль, осуществляемый студентом в процессе изучения дисциплины при подготовке к контрольным работам; 3) итоговый по дисциплине в виде экзамена.