

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Ордена Трудового Красного знамени
Институт солнечно-земной физики
Сибирского отделения Российской академии наук
(ИСЗФ СО РАН)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИСЗФ СО РАН

чл.-корр. РАН _____ А.В. Медведев

«11» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.7 Численные методы в физике

Направление подготовки **03.04.02 Физика**

Направленность (профиль): **Физика солнечно-земных связей**

Квалификация выпускника: **МАГИСТР**

Тип профессиональной деятельности: **научно-исследовательский,
педагогический**

Форма обучения: **очная**

Иркутск 2023

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика (уровень магистратуры), утвержденного приказом Минобрнауки России от 07.08.2020 № 914

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал кандидат физико-математических наук	С. А. Анфиногентов
---	--------------------

1. Место и роль дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Численные методы в физике» относится к вариативной части Блока 1 основной образовательной программы по направленности (профилю) подготовки Физика солнечно-земных связей направления подготовки 03.04.02 Физика.

Предшествующие дисциплины, на которые данная дисциплина опираются: «Математика», «Алгоритмы и языки программирования», «Компьютерные технологии».

Последующие дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо: Производственная практика (Научно-исследовательская работа), «Численное моделирование», «Математические методы обработки экспериментальных данных».

2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины является изучение эффективных алгоритмов численных методов для исследования физических объектов и процессов.

Задачами дисциплины «Численные методы в физике» является:

- Изучение эффективных алгоритмов численных методов.
- Приобретение навыков практического использования численных методов для исследования математических моделей физических процессов в области солнечно-земных связей.
- Освоение основных подходов определения надежности и оценки точности численных методов. Умение выбирать оптимальный численный метод для решения поставленной задачи.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины «Численные методы в физике» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ОПОП по направлению подготовки 03.04.02 Физика:

Компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики	ИД 2. Использует информационные ресурсы, научную, опытно-экспериментальную, наблюдательную и приборную базы при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей.	Знать: ограничения и возможности использования ЭВМ для практического использования численных методов. Уметь: разрабатывать программы для ЭВМ для решения вычислительных задач. Владеть: навыками практического использования численных методов.
	ИД 3. Использует современные теоретические и экспериментальные методы, включая методы обработки и анализа данных, при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей	Знать: эффективные алгоритмы численного анализа Уметь: применять численные методы для исследования физических процессов и объектов. Владеть: подходами определения надежности численных методов

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы
 Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часа.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
Аудиторные занятия (всего)	54/1,5
В том числе:	
Лекции	36/1
Лабораторные работы	
Практические занятия	18/0,5
Самостоятельная работа (всего)	18/0,5
Вид промежуточной аттестации (зачет)	
Контактная работа (всего)	54/1,5
Общая трудоёмкость (часы/зачетные единицы)	72/2

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

Раздел 1. Понятие о численных методах.

Тема 1.1. Ограничения и область использования численных методов.

Тема 1.2. Ошибки в численных методах.

Раздел 2. Интерполяция.

Тема 2.1. Задача интерполяции. Интерполяционный многочлен Ньютона.

Тема 2.2. Многомерная интерполяция.

Раздел 3. Численное дифференцирование.

Тема 3.1. Погрешность численного дифференцирования. Производные на равномерных сетках.

Тема 3.2. Производная многочлена Ньютона.

Раздел 4. Численное интегрирование.

Тема 4.1. Метод трапеций. Метод средних прямоугольников. Порядок точности метода.

Тема 4.2. Метод сгущения сетки для оценки ошибки численного интегрирования.

Тема 4.3. Многомерное интегрирование.

Раздел 5. Решение нелинейных уравнений.

Тема 5.1 Метод Ньютона для решения нелинейного уравнения.

Тема 5.2. Метод Ньютона для решения системы нелинейных уравнений.

Раздел 6. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.

Тема 6.1. Методы Рунге-Кутте для решения задачи Коши.

Тема 6.2. Методы решения жестких систем дифференциальных уравнений.

Тема 6.3. Методы решения краевых задач.

Раздел 7. Решение дифференциальных уравнений в частных производных.

Тема 7.1. Основные понятия теории разностных схем.

Тема 7.2. Методы исследования разностных схем на устойчивость.

Тема 7.3. Исследование разностных схем для основных классов дифференциальных уравнений в частных производных.

Тема 7.4. Метод факторизации для решения многомерных задач.

5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия				СРС
			Лекции	Лаб. занятия	Практические занятия	Семинары	
1.	Понятие о численных методах	2	2				
2.	Интерполяция	8	4		2		2
3.	Численное дифференцирование	6	4		1		1
4.	Численное интегрирование	12	6		3		3
5.	Решение нелинейных уравнений	10	4		3		3
6.	Решение обыкновенных дифференциальных уравнений	15	7		4		4
7.	Решение дифференциальных уравнений частных производных	19	9		5		5
Итого (часы)		72	36		18		18
Итого (з.е.)		2	1		0.5		0.5

5.3. Разделы и темы дисциплины (модуля) и междисциплинарные связи

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин и практик	№ № разделов и/или тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1.	Производственная практика (Научно-исследовательская работа)	1,2,3,4,5,6,7
2.	Численное моделирование	1,2,3,4,5,6,7

5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	Раздел 1. Темы 1.1 и 1.2	Лекция с применением техники обратной связи	2	Устный опрос
2.	Раздел 2. Тема 2.1.	Проблемная лекция	2	Тест
3.	Раздел 2. Тема 2.2.	Лекция с применением техники обратной связи	2	Устный опрос

4.	Раздел 3. Тема 3.1.	Проблемная лекция	2	Устный опрос
5.	Раздел 3. Тема 3.2.	Лекция с применением техники обратной связи	2	Тест
6.	Раздел 4. Тема 4.1.	Проблемная лекция	2	Устный опрос
7.	Раздел 4. Тема 4.2.	Лекция с применением техники обратной связи	2	Тест
8.	Раздел 4. Тема 4.3.	Проблемная лекция	2	Устный опрос
9.	Раздел 5. Тема 5.1	Лекция с применением техники обратной связи	2	Тест
10.	Раздел 5. Тема 5.2.	Проблемная лекция	2	Устный опрос
11.	Раздел 6. Тема 6.1..	Лекция с применением техники обратной связи	3	Тест
12.	Раздел 6. Тема 6.2.	Проблемная лекция	2	Устный опрос
13.	Раздел 6. Тема 6.3.	Лекция с применением техники обратной связи	2	Тест
14.	Раздел 7. Тема 7.1.	Проблемная лекция	2	Устный опрос
15.	Раздел 7. Тема 7.2.	Лекция с применением техники обратной связи	2	Тест
16.	Раздел 7. Тема 7.3.	Проблемная лекция	3	Устный опрос
17.	Раздел 7. Тема 7.4.	Лекция с применением техники обратной связи	2	Тест

5.5. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	Раздел 2. Тема 2.1	Построение интерполяционного многочлена Ньютона и оценка ошибки интерполяции	2	Устный опрос
2.	Раздел 3. Тема 3.1. -3.2.	Разработка программы численного вычисления производной и оценка ошибки	1	Устный опрос
3.	Раздел 4. Тема 4.1. -4.3.	Разработка программы численного интегрирования	3	Защита отчета
4.	Раздел 5. Тема 5.1. - 5.2	Разработка программы решения системы нелинейных уравнений методом Ньютона и оценка ошибки решения	3	Устный опрос
5.	Раздел 6. Тема 6.1.	Разработка программы решения обыкновенного дифференциального уравнения методом Рунге-Кутты 2 порядка и оценка	2	Защита отчета

		ошибки решения		
6.	Раздел 6. Тема 6.2.	Разработка программы решения жесткого дифференциального уравнения методом Розенброка и оценка ошибки решения	2	Защита отчета
7.	Раздел 7. Тема 7.1. Тема 7.2.	Анализ сходимости разностной схемы.	2	Устный опрос
8.	Раздел 7. Тема 7.3.	Разработка программы решения дифференциального уравнения в частных производных и оценка ошибки решения	3	Защита отчета

5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Кол-во часов
2	2.1	Подготовка к практическим занятиям	Разработать алгоритм составления интерполяционного многочлена Ньютона	Численные методы математической физики / А. А. Самарский, А. В. Гулин. - М.: Научный мир, 2000. - 316 с.	2
3	3.2	Подготовка к практическим занятиям	Разработать алгоритм вычисления производной на неравномерной сетке со 2 порядком точности	Численные методы математической физики / А. А. Самарский, А. В. Гулин. - М.: Научный мир, 2000. - 316 с.	1
4	4.2	Подготовка к сдаче и защите отчетов	Разработать программу вычисления интеграла заданным по варианту методом	Численные методы математической физики / А. А. Самарский, А. В. Гулин. - М.: Научный мир, 2000. - 316 с.	3
5	5.2	Подготовка к практическим занятиям	Разработка алгоритм решения нелинейного уравнения методом Ньютона	Численные методы математической физики / А. А. Самарский, А. В. Гулин. - М.: Научный мир, 2000. - 316 с.	3
6	6.1	Подготовка к сдаче и защите отчетов	Разработать программу решения дифференциального уравнения заданным по варианту методом	Численные методы математической физики / А. А. Самарский, А. В. Гулин. - М.: Научный мир, 2000. - 316 с.	2

				мир, 2000. - 316 с.	
6	6.2	Подготовка к сдаче и защите отчетов	Разработать программу решения жесткого дифференциального уравнения заданным по варианту методом	Численные методы математической физики / А. А. Самарский, А. В. Гулин. - М.: Научный мир, 2000. - 316 с.	2
7	7.2	Подготовка к сдаче и защите отчетов	Разработать программу решения уравнения в частных производных для заданной по варианту разностной схемы	Компьютерное моделирование в физике : в 2-х ч. / Х. Гулд, Я. Тобочник ; Пер. с англ. А. Н. Полюдова, В. А. Панченко. - М. : Мир, 1990/ Ч.2. - 399 с.	5

5.7. Методические указания по организации самостоятельной работы

Самостоятельная работа включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, первоисточников.

Целью самостоятельных занятий является самостоятельное более глубокое изучение студентами отдельных вопросов курса с использованием рекомендуемой дополнительной литературы и других информационных источников.

Задачами самостоятельной работы студентов являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умения использовать справочную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;

Внеаудиторная самостоятельная работа включает такие формы работы, как:

1. Подготовка к практическим занятиям:

- изучение теоретического материала дисциплины (работа с учебником и конспектом лекции);
- проработка алгоритмов численных методов;
- решение задач;
- подготовка к зачету.

2. Подготовка к сдаче и защите отчетов:

- работа с компьютерными программами;
- подготовка отчетов практической работы;
- составление плана и тезисов ответа на вопросы по практическим заданиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1.	Numerical Recipes The Art of Scientific Computing. Third Edition/ W.H. Press, S. A. Teukolsky, W.T. Vetterling, Brian P. Flannery. - Cambridge University Press, 2007. - 1235 p.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
2.	Численные методы математической физики / А. А. Самарский, А. В. Гулин. - М.: Научный мир, 2000. - 316 с.	2

3.	Компьютерное моделирование в физике : в 2-х ч. / Х. Гулд, Я. Тобочник ; Пер. с англ. А. Н. Полюдова, В. А. Панченко. - М. : Мир, 1990. Ч.2. - 399 с.	2
----	--	---

6.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1.	Самарский, А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры : монография / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. — 2-е изд. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. — 320 с. — ISBN 5-9221-0120-X. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/59285	ЭБС Лань https://e.lanbook.com неограниченный доступ
2.	Емельянов, В. Н. Численные методы: введение в теорию разностных схем : учебное пособие для вузов / В. Н. Емельянов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 188 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06617-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/514217	Электронное издательство «Юрайт» https://urait.ru/ неограниченный доступ
3.	Пименов, В. Г. Численные методы в 2 ч. Ч. 1 : учебное пособие для вузов / В. Г. Пименов. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 111 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10886-6. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/492872	Электронное издательство «Юрайт» https://urait.ru/ неограниченный доступ
4.	Пименов, В. Г. Численные методы в 2 ч. Ч. 2 : учебное пособие для вузов / В. Г. Пименов, А. Б. Ложников. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 107 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10891-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/515028	Электронное издательство «Юрайт» https://urait.ru/ неограниченный доступ

6.3. Профессиональные базы данных, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- <http://ssrt.iszf.irk.ru/indexru.shtml>

6.4. Информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- Информационно-справочная информация в библиотеке ИСЗФ СО РАН <http://irbis.iszf.irk.ru>
- Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru>

6.5. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:

- Онлайн каталог изображений Солнца Гелиовьюер <https://heliviewer.org/>

6.6. Программное обеспечение

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине:

- Операционная система Ubuntu 18.04 (свободно распространяемое ПО)
- Офисный пакет Libre Office (свободно распространяемое ПО)
- 7-Zip (свободно распространяемое ПО)
- Adobe Acrobat Reader DC (свободно распространяемое ПО)
- Mozilla Firefox 1 (свободно распространяемое ПО)
- VLC Mediaplayer (свободно распространяемое ПО)
- K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО)
- Дистрибутив Python Anaconda (свободно распространяемое ПО)
- Набор компиляторов GCC (свободно распространяемое ПО)
- Операционная система Microsoft Windows 10 Pro
- Система ВКС VideoMost Proton

7. Образовательные технологии

Проблемная лекция – лекция, опирающаяся на логику последовательно моделируемых проблемных ситуаций путем постановки проблемных вопросов или предъявления проблемных задач. Проблемная ситуация - это сложная противоречивая обстановка, создаваемая на занятиях путем постановки проблемных вопросов (вводных), требующая активной познавательной деятельности обучаемых для её правильной оценки и разрешения. Проблемный вопрос содержит в себе диалектическое противоречие и требует для его решения не воспроизведения известных знаний, а размышления, сравнения, поиска, приобретения и применения новых знаний. Проблемная задача в отличие от проблемного вопроса содержит дополнительную вводную информацию и при необходимости некоторые ориентиры поиска её решения. С помощью проблемной лекции обеспечивается достижение трех основных дидактических целей:

- усвоение студентами теоретических знаний;
- развитие теоретического мышления;
- формирование познавательного интереса к содержанию учебного предмета и профессиональной мотивации будущего специалиста.

На лекции проблемного характера студенты находятся в постоянном процессе размышления с преподавателем и в конечном итоге «соавторами» в решении проблемных задач. Применение на своих занятиях технологии «Проблемной лекции» приводит к значительным результатам:

1. Знания, усвоенные «активно», прочнее запоминаются и легче актуализируются (обучающий эффект занятия), а также более глубоки, систематизированы и обладают свойством переноса в другие ситуации (эффект развития, творческого мышления).

2. Решение проблемных задач выступает своеобразным тренингом в развитии интеллекта (развивающий эффект занятия).

3. Восприятие знаний подобным способом повышает интерес к усваиваемому содержанию и улучшает профессиональную подготовленность (эффект психологической подготовки к профессиональной деятельности).

4. Освоенные таким образом знания являются собственным достоянием студентов, тем самым достигается воспитательный эффект занятия.

Лекция с применением техники обратной связи. Обратная связь помогает преподавателям внести соответствующие коррективы в методику занятий. Вопросы аудитории задаются и в начале, и в конце изложения каждого логического раздела лекции. Первый – для того, чтобы узнать, насколько студенты осведомлены по излагаемой проблеме. Второй - для контроля качества усвоения материала. Если аудитория в целом правильно отвечает на вводный вопрос, преподаватель излагает материал тезисно и переходит к следующему разделу лекции. Если же число правильных ответов ниже желаемого уровня, преподаватель читает подготовленную лекцию, в конце смыслового раздела задает новый (контрольный) вопрос. При неудовлетворительных результатах контрольного опроса преподаватель возвращается к уже прочитанному разделу, изменив при этом методику подачи материала. Здесь важным является использование методического принципа обратной связи: вводный вопрос - изложение - конкретный вопрос. Таким образом, в лекции с применением техники обратной связи процесс усвоения лекционного материала становится управляемым и максимально приближенным к уровню подготовленности и восприятия студентами данной конкретной темы занятия. А это обеспечивает в какой-то степени реализацию принципа индивидуализации учебного процесса в условиях группового обучения.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 30 посадочных мест, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории:</p> <ul style="list-style-type: none"> • доска магнитно-маркерная Branberg • экран для проектора Projecta • проектор BenQ MH733 1920 x 1080 • ноутбук ASUS L1500CDA Windows 10 Pro • система акустическая Electro Voice EVID 6.2
<p>Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций и самостоятельной работы</p>	<p>Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 7 посадочных мест, оснащена компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде:</p> <ul style="list-style-type: none"> • персональные компьютеры Неттоп Think Center Lenovo M710Q • мониторы ПУАМА PL2283Н, Dell CRHX9K2 • доска магнитно-маркерная Branberg • экран для проектора Projecta • проектор BenQ MH733 1920 x 1080