

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

« 13 » апреля 2026 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 2026

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<br>кандидат физико-математических наук | С. А. Анфиногентов |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------|

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

Дисциплина «Численные методы в физике» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, 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 опирается: «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.      | <b>Знать:</b> ограничения и возможности использования ЭВМ для практического использования численных методов.<br><b>Уметь:</b> разрабатывать программы для ЭВМ для решения вычислительных задач.<br><b>Владеть:</b> 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 | <b>Знать:</b> эффективные алгоритмы численного анализа<br><b>Уметь:</b> применять численные методы для исследования физических процессов и объектов.<br><b>Владеть:</b> подходами определения надежности численных методов                                                 |

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

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

**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-Кутты 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

| №<br>п/п            | Раздел                                                   | Всего<br>часов | Аудиторные занятия |                 |                         |          | СРС       |
|---------------------|----------------------------------------------------------|----------------|--------------------|-----------------|-------------------------|----------|-----------|
|                     |                                                          |                | Лекции             | Лаб.<br>занятия | Практические<br>занятия | Семинары |           |
| 1.                  | Понятие о численных методах                              | 2              | 2                  |                 |                         |          |           |
| 2.                  | Интерполяция                                             | 8              | 2                  |                 | 2                       |          | 4         |
| 3.                  | Численное дифференцирование                              | 6              | 2                  |                 | 1                       |          | 3         |
| 4.                  | Численное интегрирование                                 | 12             | 4                  |                 | 3                       |          | 5         |
| 5.                  | Решение нелинейных уравнений                             | 10             | 2                  |                 | 3                       |          | 5         |
| 6.                  | Решение обыкновенных дифференциальных уравнений          | 16             | 4                  |                 | 4                       |          | 8         |
| 7.                  | Решение дифференциальных уравнений в частных производных | 18             | 2                  |                 | 5                       |          | 11        |
| <b>Итого (часы)</b> |                                                          | <b>72</b>      | <b>18</b>          |                 | <b>18</b>               |          | <b>36</b> |
| <b>Итого (з.е.)</b> |                                                          | <b>2</b>       | <b>0.5</b>         |                 | <b>0.5</b>              |          | <b>1</b>  |

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

| №<br>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

| №<br>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                           | 1                   | Устный опрос       |
| 3.       | Раздел 2. Тема 2.2.                  | Лекция с применением техники обратной связи | 1                   | Устный опрос       |
| 4.       | Раздел 3. Тема 3.1.                  | Проблемная лекция                           | 1                   | Устный опрос       |
| 5.       | Раздел 3. Тема 3.2.                  | Лекция с применением техники обратной связи | 1                   | Устный опрос       |
| 6.       | Раздел 4. Тема 4.1.                  | Проблемная лекция                           | 1                   | Устный опрос       |
| 7.       | Раздел 4. Тема 4.2.                  | Лекция с применением техники обратной связи | 1                   | Устный опрос       |
| 8.       | Раздел 4. Тема 4.3.                  | Проблемная лекция                           | 2                   | Устный опрос       |
| 9.       | Раздел 5. Тема 5.1                   | Лекция с применением техники обратной связи | 1                   | Устный опрос       |
| 10.      | Раздел 5. Тема 5.2.                  | Проблемная лекция                           | 1                   | Устный опрос       |
| 11.      | Раздел 6. Тема 6.1..                 | Лекция с применением техники обратной связи | 2                   | Устный опрос       |
| 12.      | Раздел 6. Тема 6.2.                  | Проблемная лекция                           | 1                   | Устный опрос       |
| 13.      | Раздел 6. Тема 6.3.                  | Лекция с применением техники                | 1                   | Устный опрос       |

|     |                     |                                             |     |              |
|-----|---------------------|---------------------------------------------|-----|--------------|
|     |                     | обратной связи                              |     |              |
| 14. | Раздел 7. Тема 7.1. | Проблемная лекция                           | 0,5 | Устный опрос |
| 15. | Раздел 7. Тема 7.2. | Лекция с применением техники обратной связи | 0,5 | Устный опрос |
| 16. | Раздел 7. Тема 7.3. | Проблемная лекция                           | 0,5 | Устный опрос |
| 17. | Раздел 7. Тема 7.4. | Лекция с применением техники обратной связи | 0,5 | Устный опрос |

### 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                   | Решение задач                  |
| 2.    | Раздел 3. Тема 3.1. -3.2.            | Разработка программы численного вычисления производной и оценка ошибки                                                       | 1                   | Устный опрос<br>Решение задач  |
| 3.    | Раздел 4. Тема 4.1. -4.3.            | Разработка программы численного интегрирования                                                                               | 3                   | Защита отчета<br>Решение задач |
| 4.    | Раздел 5. Тема 5.1. - 5.2            | Разработка программы решения системы нелинейных уравнений методом Ньютона и оценка ошибки решения                            | 3                   | Устный опрос<br>Решение задач  |
| 5.    | Раздел 6. Тема 6.1.                  | Разработка программы решения обыкновенного дифференциального уравнения методом Рунге-Кутты 2 порядка и оценка ошибки решения | 2                   | Защита отчета<br>Решение задач |
| 6.    | Раздел 6.Тема 6.2.                   | Разработка программы решения жесткого дифференциального уравнения методом Розенброка и оценка ошибки решения                 | 2                   | Защита отчета<br>Решение задач |
| 7.    | Раздел 7. Тема 7.1. Тема 7.2.        | Анализ сходимости разностной схемы.                                                                                          | 2                   | Устный опрос<br>Решение задач  |
| 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. | 4            |
| 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. | 3            |
| 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. | 5            |
| 5      | 5.2  | Подготовка к практическим занятиям  | Разработка алгоритм решения нелинейного уравнения методом                                 | Численные методы математической физики / А. А. Самарский, А. В. Гулин.                                   | 5            |

|   |     |                                     |                                                                                                         |                                                                                                                                                      |    |
|---|-----|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|   |     |                                     | Ньютона                                                                                                 | - М.: Научный мир, 2000. - 316 с.                                                                                                                    |    |
| 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.                                             | 4  |
| 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.                                             | 4  |
| 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. | 11 |

### 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 <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> неограниченный доступ |
| 2.    | Численные методы математической физики / А. А.                                                                                                                                   | 2                                                                                        |

|    |                                                                                                                                                      |   |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|    | Самарский, А. В. Гулин. - М.: Научный мир, 2000. - 316 с.                                                                                            |   |
| 3. | Компьютерное моделирование в физике : в 2-х ч. / Х. Гулд, Я. Тобочник ; Пер. с англ. А. Н. Полудова, 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: <a href="https://e.lanbook.com/book/59285">https://e.lanbook.com/book/59285</a>                                             | ЭБС Лань<br><a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a><br>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: <a href="https://urait.ru/bcode/514217">https://urait.ru/bcode/514217</a> | Электронное издательство «Юрайт»<br><a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a><br>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: <a href="https://urait.ru/bcode/492872">https://urait.ru/bcode/492872</a>                                                     | Электронное издательство «Юрайт»<br><a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a><br>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: <a href="https://urait.ru/bcode/515028">https://urait.ru/bcode/515028</a>                                     | Электронное издательство «Юрайт»<br><a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a><br>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://helioviewer.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
- Сервер видеоконференцсвязи Jitsi Meet

## 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)

|                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации | Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 30 посадочных мест, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: <ul style="list-style-type: none"> <li>• доска магнитно-маркерная Branberg</li> <li>• экран для проектора Projecta</li> <li>• проектор BenQ MH733 1920 x 1080</li> <li>• ноутбук ASUS L1500CDA Windows 10 Pro</li> <li>• система акустическая Electro Voice EVID 6.2</li> </ul>                                       |
| Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций и самостоятельной работы                                                                                                                | 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: <ul style="list-style-type: none"> <li>• персональные компьютеры Неттоп Think Center Lenovo M710Q</li> <li>• мониторы IIYAMA PL2283H, Dell CRHX9K2</li> <li>• доска магнитно-маркерная Branberg</li> <li>• экран для проектора Projecta</li> <li>• проектор BenQ MH733 1920 x 1080</li> </ul> |

## 9. Фонд оценочных средств

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

Знать

1. Ограничения и возможности использования ЭВМ для практического использования численных методов.
2. Эффективные алгоритмы численного анализа

Уметь

1. Разрабатывать программы для ЭВМ для решения вычислительных задач.
2. Применять численные методы для исследования физических процессов и объектов.

Владеть

1. Навыками практического использования численных методов.
2. Подходами определения надежности численных методов

### Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

| Код компетенции | Разделы дисциплины, направленные на формирование компетенции |   |   |   |   |   |   |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|
|                 | 1                                                            | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| ПКА-2           | +                                                            | + | + | + | + | + | + |

### Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

| Код компетенции | Показатели (индикаторы) | Формы оценивания |               |                                       |                          |
|-----------------|-------------------------|------------------|---------------|---------------------------------------|--------------------------|
|                 |                         | Текущий контроль |               |                                       | Промежуточная аттестация |
|                 |                         | Устный опрос     | Решение задач | Проверка выполнения домашнего задания | Зачет/экзамен            |
| ПКА-2           | ИД-2                    | Вопросы 1-2      | Все задачи    | Все задачи                            | зачет                    |
| ПКА-2           | ИД-3                    | Вопросы 3-20     | Все задачи    | Все задачи                            | зачет                    |

### Программа оценивания контролируемой компетенции

| Тема или раздел дисциплины            | Формируемый признак компетенции                                                                                                                                          | Показатель                                                                                                                                                                                                            | Критерий оценивания                                                                                     | Наименование ОС                |       |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------|
|                                       |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                         | ТК                             | ПА    |
| Раздел 1. Понятие о численных методах | ПКА-2<br>Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики | Использует информационные ресурсы, научную, опытно-экспериментальную, наблюдательную и приборную базы при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей.      | Владеет материалом раздела 1. Знает ограничения численных методов и типичные ошибки в численных методах | Собеседование                  | зачет |
| Раздел 2. Интерполяция                | ПКА-2<br>Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики | 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 | Владеет материалом раздела 2. Умеет писать программы, реализующие интерполяцию                          | Собеседование<br>Решение задач | зачет |
| Раздел 3.                             | ПКА-2                                                                                                                                                                    | Использует                                                                                                                                                                                                            | Владеет                                                                                                 | Собеседование                  | зачет |

|                                                            |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                     |                                |       |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------|
| Численное дифференцирование                                | Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики          | 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            | материалом раздела 3. Умеет писать программы, реализующие численное дифференцирование. Знает основные методы численного дифференцирования                                                           | Решение задач                  |       |
| Раздел 4. Численное интегрирование.                        | ПКА-2<br>Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики | 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 | Владеет материалом раздела 4. Умеет писать программы, реализующие численное интегрирование. Знает основные методы численного интегрирования                                                         | Собеседование<br>Решение задач | зачет |
| Раздел 5. Решение нелинейных уравнений.                    | ПКА-2<br>Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики | 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 | Владеет материалом раздела 5. Умеет писать программы, реализующие решение нелинейных уравнений. Знает основные методы численного решения нелинейных уравнений                                       | Собеседование<br>Решение задач | зачет |
| Раздел 6. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. | ПКА-2<br>Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики | 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 | Владеет материалом раздела 5. Умеет писать программы, реализующие решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Знает основные методы численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений | Собеседование<br>Решение задач | зачет |
| Раздел 7. Решение дифференциальных                         | ПКА-2<br>Способен                                                                                                                                                        | Использует современные                                                                                                                                                                                                | Владеет материалом                                                                                                                                                                                  | Собеседование                  | зачет |

|                                    |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                    |               |  |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--|
| х уравнений в частных производных. | проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики | теоретические и экспериментальные методы, включая методы обработки и анализа данных, при проведении научных исследований и реализации научных проектов в области физики солнечно-земных связей | раздела 5. Умеет писать программы, реализующие решение дифференциальных уравнений в частных производных. Знает основные методы численного решения дифференциальных уравнений в частных производных | Решение задач |  |
|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--|

### Текущая и промежуточная аттестация

**Цель контроля** - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

#### Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости студента, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний обучающихся организован как устный групповой опрос, письменные работы

#### Оценочные средства для оценки текущей успеваемости студентов

#### Характеристика ОС для обеспечения текущего контроля по дисциплине

| Раздел / Тема                           | Индекс и уровень формируемой компетенции или дескриптора | ОС                           | Содержание задания                                                                               |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Раздел 1. Понятие о численных методах.  | ПКА-2, ИД.2                                              | Собеседование,               | Дискуссия, обсуждение материала лекций или устный ответ на вопросы преподавателя.                |
| Раздел 2. Интерполяция                  | ПКА-2, ИД.3                                              | Собеседование, Решение задач | Дискуссия, обсуждение материала лекций или устный ответ на вопросы преподавателя. Решение задач. |
| Раздел 3. Численное дифференцирование   | ПКА-2, ИД.2, ИД.3                                        | Собеседование, Решение задач | Дискуссия, обсуждение материала лекций или устный ответ на вопросы преподавателя. Решение задач. |
| Раздел 4. Численное интегрирование.     | ПКА-2, ИД.2, ИД.3                                        | Собеседование, Решение задач | Дискуссия, обсуждение материала лекций или устный ответ на вопросы преподавателя. Решение задач. |
| Раздел 5. Решение нелинейных уравнений. | ПКА-2, ИД.2, ИД.3                                        | Собеседование, Решение задач | Дискуссия, обсуждение материала лекций или                                                       |

|                                                                     |                   |                              |                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                     |                   |                              | устный ответ на вопросы преподавателя.<br>Решение задач.                                            |
| Раздел 6. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений.          | ПКА-2, ИД.2, ИД.3 | Собеседование, Решение задач | Дискуссия, обсуждение материала лекций или устный ответ на вопросы преподавателя.<br>Решение задач. |
| Раздел 7. Решение дифференциальных уравнений в частных производных. | ПКА-2, ИД.2, ИД.3 | Собеседование, Решение задач | Дискуссия, обсуждение материала лекций или устный ответ на вопросы преподавателя.<br>Решение задач. |

### Задания для текущего контроля

#### Вопросы для собеседования

##### Раздел 1

1. Назовите основные ограничения при использовании численных методов.
2. Какие ошибки могут быть допущены при применении численных методов

##### Раздел 2.

3. Что такое интерполяция, для чего она используется?
4. Расскажите об интерполяционном многочлене Ньютона

##### Раздел 3.

5. Причины погрешностей численного дифференцирования
6. Перечислите известные вам методы численного дифференцирования.

##### Раздел 4.

7. Сравните между собой метод трапеций и метод прямоугольников.
8. Каким образом можно оценить точность численного интегрирования.
9. Расскажите об особенностях численного вычисления многомерных интегралов

##### Раздел 5.

10. В чем заключается метод Ньютона решения нелинейных уравнений..
11. Каким образом метод Ньютона можно применить к решению системы нелинейных уравнений.

##### Раздел 6.

12. Перечислите и дайте краткую характеристику известным вам методам решения задачи Коши.
13. Перечислите и дайте краткую характеристику известным вам методам решения краевой задачи.
14. Опишите метод Рунге-Кутте решения обыкновенных дифференциальных уравнений.
15. Какие методы используются для решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений.

##### Раздел 7.

16. Расскажите, что такое разностные схемы, какими параметрами они характеризуются.
17. Каким образом можно исследовать устойчивость разностной схемы.
18. Назовите основные классы дифференциальных уравнений в частных производных.
19. Особенности выбора/разработки разностной схемы для различных классов дифференциальных уравнений в частных производных.
20. Расскажите о методе факторизации и его применении для решения многомерных задач.

## Задачи для практических занятий

### Раздел 2.

1. Составить программу аппроксимации таблично заданной функции кубическим сплайном на однородной сетке

### Раздел 3.

2. Показать, что метод Рунге-Кутты второго порядка действительно имеет второй порядок точности.

### Раздел 4.

3. Численно проинтегрировать функцию  $\exp(-x^2)$  в интервале  $[0,1]$  методами трапеций и Симпсона на однородной сетке из  $n$  узлов и сравнить графики зависимости результатов от  $n$  для  $2 < n < 10$ .

### Раздел 5.

4. Найти решение уравнения  $\sin x - x^2 - 0.1 = 0$  методом Ньютона на интервале  $[0,10]$ .

### Раздел 6.

5. Показать, что метод Рунге-Кутты второго порядка действительно имеет второй порядок точности.

### Раздел 7.

6. Получить критерии устойчивости для явной и неявной схем решения уравнения диффузии.

## Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине осуществляется по окончании дисциплины, в виде зачета в соответствии с графиком учебного процесса. Проверка наличия конспектов по дисциплине является допуском к зачёту. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий), студент отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

## Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

### Вопросы для зачета

1. Метод Гаусса-Джордана решения систем линейных алгебраических уравнений.
2. LU-разложение квадратных матриц и его применение для решения систем линейных алгебраических уравнений.
3. Собственные значения и собственные векторы матрицы. Левые и правые собственные векторы. Преобразования подобия.
4. Метод обратных итераций решения задач на собственные значения.
5. Задачи аппроксимации функций. Кубические сплайны.
6. Численное интегрирование функций заданных таблично. Интегрирование методами трапеций, Симпсона и Бode.
7. Численное интегрирование функций, заданных аналитически. Гауссовы квадратуры.
8. Рекуррентные соотношения. Устойчивые и неустойчивые рекурсии. Эвристический метод определения устойчивости.
9. Методы Рунге-Кутты решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями.
10. Метод предиктор-корректор решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями.

11. Метод установления для систем обыкновенных дифференциальных уравнения с граничными условиями.
12. Метод Лакс (Lax) численного решения уравнения непрерывности (в одном пространственном измерении). Численная диффузия. Метод фон Неймана анализа устойчивости.
13. Явная и неявная схемы FTCS (forward time central space) численного решения уравнения диффузии (в одном пространственном измерении).

### Задачи для зачета

1. Составить программу вычисления обратной матрицы размером 2x2 методом Гаусса-Джордана.
2. Составить программу решения системы двух линейных алгебраических уравнений методом LU-разложения матрицы уравнения.
3. Найти собственные значения и собственные векторы симметричной матрицы  $A_{ij} = i+j$  размером 2x2.
4. Составить программу решения задачи на собственные значения методом обратных итераций, считая обратную матрицу известной.
5. Составить программу аппроксимации таблично заданной функции кубическим сплайном на однородной сетке.
6. Численно проинтегрировать функцию  $\exp(-x^2)$  в интервале  $[0,1]$  методами трапеций и Симпсона на однородной сетке из  $n$  узлов и сравнить графики зависимости результатов от  $n$  для  $2 < n < 10$ .
7. Определить минимальное количество узлов для «точного» интегрирования функции  $\cos^{20}(\pi x)$  на отрезке  $[-1,1]$  методом Гаусса-Лежандра.
8. Выяснить является ли рекуррентное соотношение для функций Бесселя,  $J_{n+1}(x) = \frac{2n}{x} J_n(x) - J_{n-1}(x)$ , устойчивым.
9. Показать, что метод Рунге-Кутты второго порядка действительно имеет второй порядок точности.
10. Получить значения коэффициентов для предиктора второго порядка  $y_{n+1} = y_n + \frac{h}{12}(23y'_n - 16y'_{n-1} + 5y'_{n-2}) + O(h^4)$
11. Объяснить численную схему решения системы трех уравнений с двумя граничными условиями в начальной точке и одним – в конечной на однородной сетке из четырех узлов для метода установления.
12. Получить критерий устойчивости Курранта для уравнения непрерывности.
13. Получить критерии устойчивости для явной и неявной схем решения уравнения диффузии.

### Оценочные средства сформированности компетенций

| Наименование компетенции                                                                                                                                               | Индикаторы достижения компетенций                                                                          | № задания к зачету (или задание) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики | ИД 2:Знать: ограничения и возможности использования ЭВМ для практического использования численных методов. | Все вопросы.                     |
|                                                                                                                                                                        | ИД 2:Уметь: разрабатывать программы для ЭВМ для решения                                                    | Все вопросы и задачи             |

|  |                                                                                                 |                                           |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|  | вычислительных задач                                                                            |                                           |
|  | ИД 2: <b>Владеть:</b> навыками практического использования численных методов.                   | Задачи 1-4, 6-8                           |
|  | ИД 3: <b>Знать:</b> эффективные алгоритмы численного анализа                                    | Все вопросы                               |
|  | ИД 3: <b>Уметь:</b> применять численные методы для исследования физических процессов и объектов | Задачи 1-4, 6-8                           |
|  | ИД 3: <b>Владеть:</b> подходами определения надежности численных методов                        | Вопросы 8, 12, 13<br>Задачи: 7, 9, 12, 13 |

### Критерии оценивания результатов обучения

#### Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если основной материал усвоен, студент приобрел необходимые знания и умения;
- оценка «не зачтено» - если основной материал усвоен недостаточно, студент не приобрел необходимых знаний и умений

### Оценочные средства, обеспечивающие диагностику сформированности компетенций, заявленных в рабочей программе дисциплины (модуля)

| Результат диагностики сформированности компетенций       | Показатели                                                                                                                                | Критерии                                                                                                                                                                                    | Соответствие / несоответствие      | Зачет / экзамен |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------|
| Положительные результаты устного промежуточного контроля | подготовка к устному промежуточному контролю, знание основных тем дисциплины, указанных в Программе оценивания контролируемой компетенции | Дал грамотный и развернутый ответ на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса<br>Не ответил или ответил неправильно на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса | Соответствие<br><br>Несоответствие | Зачет           |
| Положительные результаты решения задач                   | Решение предложенных преподавателем задач, знание основных тем дисциплины                                                                 | Положительные результаты решения задач<br><br>Не решил или неправильно решил предложенные задачи                                                                                            | Соответствие<br><br>Несоответствие | Зачет           |
| Положительные результаты зачета                          | Подготовка к зачету и знание вопросов для зачета                                                                                          | Полностью раскрыт вопрос, даны все правильные определения<br>Не полностью раскрыт вопрос и (или) даны неверные определения                                                                  | Соответствие<br><br>Несоответствие | Зачет           |