

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

« 28 » марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.8 Численное моделирование

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 2025

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 7.08.2020 № 914

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал кандидат физико-математических наук	В.В. Анненков
---	---------------

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

Дисциплина «Численное моделирование» 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: "Введение в физику плазмы", "Компьютерные технологии", "Вопросы математической физики", "Космическая электродинамика".

Последующие дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо: Математические методы обработки экспериментальных данных.

2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Численное моделирование» является ознакомление студентов с различными подходами к численному моделированию плазмы, а также обучение основам разработки многопоточных приложений для решения практических задач физики плазмы и астрофизики.

Задачами дисциплины «Численное моделирование» является:

- Изучение наиболее распространённых подходов к численному моделированию динамики плазмы;
- Освоение базовых методов разработки многопоточных приложений с использованием наиболее распространённых библиотек;
- Получение практических навыков в создании и использовании программных комплексов для численного моделирования плазмы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины «Численное моделирование» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки 03.04.02 Физика:

Компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	ИД 1. Критически анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляет ее отдельные составляющие и связи между ними	Знать: основные численные методы, применяемые в физике; Уметь: определять необходимые для решения конкретной задачи методы численного моделирования Владеть: навыками самостоятельной работы с учебной литературой по численным методам;
	ИД 3. Разрабатывает стратегию действий, направленных на решение проблемной ситуации	Знать: современные подходы к разработке высокопроизводительных вычислительных программных комплексов. Уметь: самостоятельно разрабатывать программные комплексы для численного моделирования различных физических процессов.

		Владеть: навыками выбора пути разработки вычислительных программных комплексов
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: основные информационные ресурсы по тематике проводимых исследований Уметь: находить информацию в основных информационных ресурсах по тематике проводимых исследований Владеть: навыками анализа информации из основных информационных ресурсов по тематике проводимых исследований
	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: область применимости различных численных методов в задачах физики солнечно-земных связей. Уметь: самостоятельно определять наиболее адекватные задаче методы численного моделирования; Владеть: основной терминологией и понятийным аппаратом численных методов; навыками визуализации результатов численного моделирования

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
Аудиторные занятия (всего)	36/1
В том числе:	
Лекции	18/0,5
Лабораторные работы	
Практические занятия	18/0,5
Самостоятельная работа (всего)	36/1
Вид промежуточной аттестации (экзамен)	36/1
Контактная работа (всего)	36/1
Общая трудоёмкость (часы/зачетные единицы)	108/3

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

Раздел 1. Основы разработки высокопроизводительных вычислительных комплексов для моделирования плазмы

Тема 1. Подходы к численному моделированию плазмы

Тема 2. Объектно ориентированное программирование на языке C++

Тема 3. Основы параллельного программирования с использованием библиотек openMP, MPI и CUDA

Тема 4. Использование библиотеки HDF5 для хранения результатов моделирования

Тема 5. Python3 и библиотека matplotlib для визуализации результатов моделирования

Раздел 2. Метод частиц в ячейках

Тема 1. Движение заряженной частицы в электромагнитных полях

Тема 2. Метод Бориса

Тема 3. Решение уравнений Максвелла с помощью FDTD метода

Тема 4. Понятие формы макро-частицы.

Тема 5. Метод декомпозиции токов Езиркепова

5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия				СРС
			Лекции	Лаб. занятия	Практические занятия	Семинары	
1.	Основы разработки высокопроизводительных вычислительных комплексов для моделирования плазмы	36	8		8		20
2.	Метод частиц в ячейках	36	10		10		16
3.	Экзамен	36					36
Итого (часы)		108	18		18		72
Итого (з.е.)		3	0,5		0,5		2

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

5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	Раздел 1. Тема 1. Подходы к численному моделированию плазмы	Презентация	1	Посещаемость, устный опрос
2.	Раздел 1. Тема 2. Основы параллельного программирования	Презентация	1	Посещаемость, устный опрос
3.	Раздел 1. Тема 3. Основы	Презентация	3	Посещаемость,

	параллельного программирования с использованием библиотек openMP, MPI и CUDA			устный опрос
4.	Раздел 1. Тема 4. Использование библиотеки HDF5 для хранения результатов моделирования	Презентация	2	Посещаемость, устный опрос
5.	Раздел 1. Тема 5. Python3 и библиотека matplotlib для визуализации результатов моделирования	Презентация	1	Посещаемость, устный опрос
6.	Раздел 2. Тема 1. Движение заряженной частицы в электромагнитных полях	Презентация	2	Посещаемость, устный опрос
7.	Раздел 2. Тема 2. Метод Бориса	Презентация	2	Посещаемость, устный опрос
8.	Раздел 2. Тема 3. Решение уравнений Максвелла с помощью FDTD метода	Презентация	2	Посещаемость, устный опрос
9.	Раздел 2. Тема 4. Понятие формы макро-частицы.	Презентация	2	Посещаемость, устный опрос
10.	Раздел 2. Тема 5. Метод декомпозиции токов Езиркепова	Презентация	2	Посещаемость, 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 1. Тема 2.	Численное интегрирование	2	Решение предложенных преподавателем задач
2.	Раздел 1. Тема 3.	Параллельное программирование с использованием библиотек openMP, MPI, CUDA	2	Измерение эффективности распараллеливания предложенных преподавателем задач
3.	Раздел 1. Тема 5.	Обработка и визуализация результатов моделирования	4	Представление преподавателю результатов визуализации данных моделирования
4.	Раздел 2. Тема 1.	Моделирование динамики нерелятивистской заряженной частицы во внешнем электромагнитном поле	2	Проверка правильности численного решения сравнением с аналитической теорией
5.	Раздел 2. Тема 2	Моделирование динамики нерелятивистской заряженной частицы во внешнем электромагнитном поле методом Бориса	2	Решение предложенных преподавателем задач

6.	Раздел 2. Тема 3	Решение уравнений Максвелла с помощью FDTD метода	2	Решение предложенных преподавателем задач
7.	Раздел 2. Тема 5	Моделирование многокомпонентной плазмы методом частиц в ячейках.	4	Решение предложенных преподавателем задач

5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Кол-во часов
1.	Раздел 1. Тема Объектно ориентированное программирования на языке C++	Решение задач	Исследовать точность численного интегрирования в зависимости от числа итераций; .	Основная литература 1-4	6
2.	Раздел 1. Тема Основы параллельного программирования с использованием библиотек openMP, MPI и CUDA	Решение задач	Распараллелить программу интегрирования	Основная литература 1-4	6
3.	Раздел 1. Тема Python3 и библиотека matplotlib для визуализации результатов моделирования	Решение задач	Визуализировать полученные ранее результаты при помощи библиотеки matplotlib в "пригодном для печати" качестве.	Основная литература 1-4	8
4.	Раздел 2. Тема Движение заряженной частицы в электромагнитных полях	Решение задач	Исследовать дрейф заряженной частицы в скрещенных электрическом и магнитном поле; Реализовать градиент магнитного поля перпендикулярно его направлению. Оценить скорость градиентного дрейфа и сравнить с аналитическим результатом; сравнить устойчивость явной и неявной схем решения уравнения теплопроводности.	Основная литература 1-4	4

5.	Раздел 2. Тема Решение уравнений Максвелла с помощью метода FDTD	Решение задач	Промоделировать электромагнитные колебания.	Основная литература 1-4	6
6.	Раздел 2. Тема Метод декомпозиции токов Езиркепова	Решение задач	Промоделировать взаимодействие электромагнитной волны с плазменным столбом, окружённым вакуумом; исследовать зависимости доли прошедшего излучения от частоты волны и амплитуды внешнего магнитного поля.	Основная литература 1-4	6

5.7. Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся

Внеаудиторная работа состоит в использовании разработанных на практических занятиях программ для исследования различных специфических режимов рассматриваемых физических систем. Результаты проведённого моделирования выкладываются обучающимися в сетевой git-репозиторий и, при необходимости, обсуждаются на практических занятиях.

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.	Физика плазмы и численное моделирование : пер. с англ. / Ч. Бэдсел, А. Ленгдон. - М. : Энергоатомиздат, 1989. - 455 с	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
2.	Физика плазмы для физиков / Л. А. Арцимович, Р. З. Сагдеев. - М.: Атомиздат, 1979. - 317 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
3.	Котельников, И. А. Лекции по физике плазмы. Том 1. Основы физики плазмы / И. А. Котельников. — 5-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 400 с. — ISBN 978-5-507-46437-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/310163	ЭБС Лань https://e.lanbook.com неограниченный доступ
4.	Котельников, И. А. Лекции по физике плазмы. Том 2. Магнитная гидродинамика / И. А. Котельников. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-507-44066-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/203012	ЭБС Лань https://e.lanbook.com неограниченный доступ
5.	Петров, И. Б. Вычислительная математика для физиков : учебное пособие / И. Б. Петров. — Москва : ФИЗМАТЛИТ,	ЭБС Лань https://e.lanbook.com

2021. — 376 с. — ISBN 978-5-9221-1887-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/181215	неограниченный доступ
--	-----------------------

6.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1.	Вычислительные методы в физике плазмы: пер. с англ. / Д. Доусон [и др.]. - М. : Мир, 1974. - 514 с.	2

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

- <https://webofknowledge.com/>
- <https://www.scopus.com/>
- <https://www.elibrary.ru/>

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>
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

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

- Веб-сервис для хостинга проектов и их совместной разработки <https://bitbucket.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

- Интерактивные лекции
- Практические занятия
- Самостоятельная работа

В учебном процессе используются как активные, так интерактивные формы проведения занятий.

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Практические занятия

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками и структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа включает в себя:

- самостоятельное развитие программ численного моделирования, разработанных в рамках практических занятий
- исследование различных физических процессов с помощью численного моделирования и сравнение получаемых результатов с выводами, доступными в основной и дополнительной литературе;

При необходимости, в процессе работы над заданием, студент может получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

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">• 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
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">• персональные компьютеры Неттоп Think Center Lenovo M710Q• мониторы PУАМА PL2283H, Dell CRHX9K2• доска магнитно-маркерная Branberg• экран для проектора Projecta• проектор BenQ MH733 1920 x 1080

9. Фонд оценочных средств

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать

1. основные численные методы, применяемые в физике;
2. современные подходы к разработке высокопроизводительных вычислительных программных комплексов
3. основные информационные ресурсы по тематике проводимых исследований
4. область применимости различных численных методов в задачах физики солнечно-земных связей.

Уметь

1. определять необходимые для решения конкретной задачи методы численного моделирования
2. самостоятельно разрабатывать программные комплексы для численного моделирования различных физических процессов.
3. находить информацию в основных информационных ресурсах по тематике проводимых исследований
4. самостоятельно определять наиболее адекватные задаче методы численного моделирования.

Владеть

1. навыками самостоятельной работы с учебной литературой по численным методам;
2. навыками выбора пути разработки вычислительных программных комплексов
3. навыками анализа информации из основных информационных ресурсов по тематике проводимых исследований
4. основной терминологией и понятийным аппаратом численных методов; навыками визуализации результатов численного моделирования.

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

Код компетенции *Разделы дисциплины, направленные на формирование компетенции*

	<i>1</i>	<i>2</i>
УК-1	+	+
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	Контроль самостоятельной работы	Зачет/экзамен
УК-1	Знать основные численные методы, применяемые в физике. Уметь определять необходимые для решения конкретной задачи методы численного моделирования.	Вопросы 1-5	Задачи 1-3	экзамен
ПКА-2	Знать область применимости различных численных методов в задачах физики солнечно-земных связей. Уметь самостоятельно определять наиболее адекватные задаче методы численного моделирования;	Вопросы 5-10	Задачи 4-6	экзамен

Программа оценивания контролируемой компетенции

Тема или раздел дисциплины	Формируемый признак компетенции	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Раздел 1. Основы	УК-1	Знание современных	Владеет	Собеседование	экзамен

разработки высокопроизводительных вычислительных комплексов для моделирования плазмы		походы к разработке высокопроизводительных вычислительных программных комплексов. Умение самостоятельно разрабатывать программные комплексы для численного моделирования различных физических процессов. Владение основной терминологией и понятийным аппаратом численных методов; навыками визуализации результатов численного моделирования	материалом раздела 1.	Решение задач	
Раздел 2. Метод частиц в ячейках	ПКА-2	Знание области применимости различных численных методов в задачах физики солнечно-земных связей. Умение самостоятельно определять наиболее адекватные задаче методы численного моделирования. Владение навыками анализа информации из основных информационных ресурсов по тематике проводимых исследований	Владеет материалом раздела 2.	Собеседование Решение задач	экзамен

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. Основы разработки высокопроизводительных вычислительных комплексов для	УК-1, ИД.1, ИД. 3	Собеседование, решение задач	Составить и обсудить на занятии проблемные вопросы по изученному

моделирования плазмы			разделу, решить задачу
Раздел 2. Метод частиц в ячейках	ПКА-2, ИД.2, ИД. 3	Собеседование, решение задач	Дискуссия, обсуждение материала лекций. Устный ответ на вопросы преподавателя.

Задания для текущего контроля

Вопросы для собеседования

Раздел 1

1. В чём отличие явных и неявных схем?
2. С чем связана предпочтительность использования систем контроля версий при разработке программных комплексов
3. Назовите основные методы проверки корректности работы численных моделей.
4. Какой размер шага интегрирования в методе квадратур необходимо выбрать для интегрирования осциллирующей функции с периодом T ?

Раздел 2

1. За счёт чего достигается второй порядок точности при использовании метода конечных разностей во временной области (метод Йи)?
2. Какие безразмерные единицы характерны для физики плазмы?
3. Какую модель необходимо использовать для исследования двухпоточковой неустойчивости в плазме: МГД или кинетическую? Почему?
4. Какой модели достаточно для моделирования основных процессов формирования планетарной системы из облака нейтрального газа?

Задачи для практических занятий

1. Написание и компиляция программ на C++;
2. Численное интегрирование методом квадратур;
3. Распараллеливание программ численного интегрирования;
4. Моделирование динамики нерелятивистской заряженной частицы с определённой начальной энергией во внешнем электромагнитном поле;
5. Исследовать дрейф заряженной частицы в скрещенных электрическом и магнитном поле;
6. Реализовать градиент магнитного поля перпендикулярно его направлению. Оценить скорость градиентного дрейфа и сравнить с аналитическим результатом.
7. Решение уравнений Максвелла методом конечных разностей во временной области (метод Йи);
8. Написание программы для моделирования многокомпонентной плазмы методом частиц в ячейках.

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине осуществляется по окончании дисциплины, в виде экзамена в соответствии с графиком учебного процесса. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий), студент отработывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену

1. В чём отличие явных и неявных схем?
2. За счёт чего достигается второй порядок точности при использовании метода конечных разностей во временной области (метод Йи)?
3. С чем связана предпочтительность использования систем контроля версий при разработке программных комплексов.
4. Назовите основные методы проверки корректности работы численных моделей.
5. Каким образом на ЭВМ реализуется генерация случайных чисел?
6. В чём различия методов Лагранжа и Эйлера при описании сплошных сред?
7. Какие безразмерные единицы характерны для физики плазмы?
8. Какой размер шага интегрирования в методе квадратур необходимо выбрать для интегрирования осциллирующей функции с периодом T ?
9. В чём отличие вычислительных систем с общей и разделяемой памятью? Какие библиотеки параллельного программирования необходимо использовать для каждой из них?
10. Назовите основные уравнения гидрогазодинамики и границы их применимости.
11. С чем связано появление численной черенковской неустойчивости при использовании метода Йи?
12. На что влияет порядок сплайна, которым задаётся форма макро частиц в методе частиц в ячейках?
13. Назовите основные уравнения МГД и границы их применимости.
14. Для каких задач пригодна одножидкостная МГД?
15. Какие численные неустойчивости характерны для метода частиц в ячейках?
16. Какой модели достаточно для моделирования основных процессов формирования планетарной системы из облака нейтрального газа?
17. Какую модель необходимо использовать для исследования двухпоточковой неустойчивости в плазме: МГД или кинетическую? Почему?
18. Какие численные модели можно использовать для исследования процессов генерации солнечных радиовсплесков, а какие нет? Почему?
19. Вычислительную сетку какого размера необходимо использовать при исследовании процессов связанных с плазменными колебаниями в плазме с плотностью 10^8 см^{-3} ?
20. Возможно ли численное моделирование целой звезды? Если да, то как?

Типовые задания к экзамену

1. Написать программу моделирующую движение заряженной нерелятивистской частицы.
2. Написать программу интегрирования функции двух переменных.
3. Написать программу сложения двух векторов с использованием openMP, MPI и CUDA.

Оценивание обучающихся происходит с использованием нормативных оценок на экзамене – 5 –отлично, 4-хорошо, 3-удовлетворительно, 2 –неудовлетворительно.

Оценочные средства сформированности компетенций

Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций	№ задания к зачету (или заданию)
УК-1. Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ИД 1. Знать: основные информационные ресурсы по тематике проводимых исследований ИД 1. Уметь: определять необходимые для решения конкретной задачи методы численного моделирования ИД 3. Знать: область применимости различных численных методов в задачах физики солнечно-земных связей. ИД 3. Уметь: самостоятельно определять наиболее адекватные задаче методы численного моделирования;	Вопросы для экзамена № 1-15
	ИД 2. Знать: основные информационные ресурсы по тематике проводимых исследований ИД 3. Знать: область применимости различных численных методов в задачах физики солнечно-земных связей.	Вопросы для экзамена № 16-20
ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики		

Критерии оценивания результатов обучения

Критерии	Шкала оценивания			
	«отлично»	«хорошо»	«удовлетворительно»	«неудовлетворительно»
Владение специальной терминологией	Свободно владеет терминологией из различных разделов курса	Владеет терминологией, деля ошибки; при неверном употреблении сам может их исправить	Редко использует при ответе термины, подменяет одни понятия другими, не всегда понимая разницы	Не владеет терминологией по курсу
Глубина и полнота знания теоретических основ курса	Демонстрирует прекрасное знание предмета, соединяя при ответе знания из разных разделов, добавляя комментарии, пояснения,	Хорошо владеет всем содержанием, видит взаимосвязи, может провести анализ и т.д., но не всегда делает это самостоятельно	Отвечает только на конкретный вопрос, соединяет знания из разных разделов курса только при наводящих вопросах экзаменатора	Не владеет теоретическими основами курса

	обоснования	без помощи экзаменатора		
Умение проиллюстрировать теоретический материал примерами	Отвечая на вопрос, может быстро и безошибочно проиллюстрировать ответ собственными примерами	Может подобрать соответствующие примеры из имеющихся в учебных материалах	С трудом может соотнести теорию и практические примеры из учебных материалов; примеры не всегда правильные	Не может соотнести теоретические знания и практические примеры
Дискурсивные умения	Демонстрирует различные формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Владеет аргументацией, грамотной, лаконичной, доступной и понятной речью.	Присутствуют некоторые формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Хорошая аргументация, чёткость, лаконичность ответов.	С трудом применяются некоторые формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Слабая аргументация, нарушенная логика при ответе, однообразные формы изложения мыслей.	Не может применить формы мыслительной деятельности: анализ, синтез, сравнение, обобщение и т.д. Отсутствует аргументация, логика при ответе.

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 развёрнутый ответ на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса Не ответил или ответил неправильно на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса	Соответствие Несоответствие	Экзамен
Положительные результаты решения заданий	Решение предложенных преподавателем заданий, знание основных тем дисциплины	Положительные результаты решения заданий Не решил или неправильно решил предложенные задания	Соответствие Несоответствие	Экзамен
Положительные результаты экзамена	Подготовка к экзамену и знание экзаменационных вопросов	Полностью раскрыты все вопросы, даны все правильные определения Не полностью раскрыт один из вопросов и(или) в определениях есть неточности Не полностью раскрыты два вопроса и (или) определения неверны	Соответствие Соответствие Несоответствие	Экзамен