

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

УТВЕРЖДАЮ:

Врио директора ИСЗФ СО РАН

чл.– корр. РАН \_\_\_\_\_ А.В. Медведев

«15» марта 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**ФТД.1 Вопросы математической физики**

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 2024

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	И.С. Дмитриенко
---	-----------------

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

Дисциплина «Вопросы математической физики» относится к факультативной дисциплине основной образовательной программы по направленности (профилю) подготовки Физика солнечно-земных связей направления подготовки 03.04.02 Физика.

Предшествующие дисциплины, на которые данная дисциплина опирается дисциплины математического цикла бакалавриата: «Математический анализ, векторный и тензорный анализ, дифференциальные уравнения».

Последующие дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо: «Космическая электродинамика», «Численные методы в физике».

### 2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Вопросы математической физики» является знакомство студентов с методами математической физики.

Задачи освоения дисциплины «Вопросы математической физики»:

- формирование базовых знаний в области математической физики;
- овладение аппаратом математической физики на уровне, который обеспечивает способность применять его для решения научно-исследовательских задач в области физики магнитосферы и ионосферы, физики Солнца, физики солнечно-земных связей.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины «Вопросы математической физики» 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 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> фундаментальные понятия математической физики; • основные методы математической физики; <b>Уметь:</b> формулировать математические постановки физических задач, соответствующих научно-исследовательским задачам в области солнечно-земной физики. • адекватно выбирать комплекс методов математической физики для решения поставленной задачи; • правильно применять выбранные методы; • анализировать полученные результаты с точки зрения их корректности; <b>Владеть:</b> навыками формулировки задач солнечно-земной физики на языке математической физики • методами математической физики как инструментом решения задач солнечно-земной физики

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

## **5. Содержание дисциплины**

### **5.1. Содержание разделов и темы дисциплины**

**Раздел 1. Основные уравнения математической физики. Уравнения математической физики в солнечно-земной физике.**

- 1.1 Уравнение малых колебаний.
- 1.2 Уравнение малых поперечных колебаний.
- 1.3 Двумерное волновое уравнение.
- 1.4 Трёхмерное волновое уравнение.
- 1.5 Уравнение диффузии.
- 1.6 Уравнение теплопроводности.
- 1.7 Стационарное уравнение
- 1.8 Уравнения Максвелла.
- 1.9 Уравнения магнитной гидродинамики.
- 1.10 Основные уравнения солнечно-земной физики.

**Раздел 2. Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка**

- 1.1 Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка в точке.
- 1.2 Характеристические поверхности.
- 1.3 Канонический вид дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка с двумя независимыми переменными.

#### **Раздел 3. Криволинейная геометрия**

- 3.1 Ортогональные криволинейные координаты.
- 3.2 Коэффициенты Ламэ. Метрический тензор.
- 3.3. Координатные кривые.
- 3.4. Сферические и цилиндрические координаты. Полярные координаты
- 3.5. Дипольные координаты. Силовые линии магнитного поля.
- 3.6. Дифференциальные уравнения солнечно-земной физики в ортогональных криволинейных координатах.

**Раздел 4. Методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных.**

- 4.1. Граничные и начальные условия. Классификация краевых задач. Задача Коши.
- 4.2. Метод решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных посредством преобразования Фурье.
- 4.3. Метод решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных посредством преобразования преобразование Лапласа.
- 4.4. Метод Фурье (разделение переменных).

#### **Раздел 5. Задачи о возмущениях собственных колебаний.**

- 5.1. Задача Штурма-Лиувилля. Собственные числа и собственные значения.

5.2. Функция Грина оператора Штурма-Лиувилля. Решение неоднородных дифференциальных уравнений с помощью функции Грина.

### Раздел 6. Специальные функции математической физики

6.1. Уравнения специальных функций.

6.2. Цилиндрические функции. Функции Бесселя. Функция Эйри.

6.3. Функции параболического цилиндра.

6.4. Сферические функции.

### Раздел 7. Аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений

7.1 Разложения вблизи особых точек обыкновенных дифференциальных уравнений.

7.2 Метод ВКБ.

#### 5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия				СРС
			Лекции	Лаб. занятия	Практические занятия	Семинары	
1.	Основные уравнения математической физики. Уравнения математической физики в солнечно-земной физике	6	2		2		2
2.	Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка	6	2		2		2
3.	Криволинейная геометрия	12	4		2		6
4.	Методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных	12	2		2		8
5.	Задачи о возмущениях собственных колебаний	14	2		4		8
6.	Специальные функции математической физики	10	2		2		6
7.	Аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений	12	4		4		4
<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

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин и практик	№ № разделов и/или тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1.	Производственная практика (НИР)	1-7
2.	Космическая электродинамика	3-5, 7

#### 5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	1.1-1.8	Лекция	2	Ответы на вопросы
2.	2.1-2.3	Лекция	2	Ответы на вопросы
3.	3.1-3.6	Лекция	4	Ответы на вопросы
4.	4.1-4.4	Лекция	2	Ответы на вопросы
5.	5.1-5.2	Лекция	2	Ответы на вопросы
6.	6.1-6.4	Лекция	2	Ответы на вопросы
7.	7.1-7.2	Лекция	4	Ответы на вопросы

#### 5.5. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	1.1-1.8	Вывод основных уравнений математической физики. Их применение в задачах солнечно-земной физики	2	Собеседование, решение задач
2.	2.1-2.3	Исследование дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных	2	Собеседование, решение задач
3.	3.1-3.6	Вычисление коэффициентов Ламэ, получение уравнений для силовых линий геомагнитного поля	2	Собеседование, решение задач
4.	4.1-4.4	Решение дифференциальных уравнений в частных производных	2	Собеседование, решение задач
5.	5.1-5.2	Решение задач о возмущениях собственных колебаний	4	Собеседование, решение задач
6.	6.1-6.4	Изучение свойств специальных функций математической физики	2	Собеседование, решение задач
7.	7.1-7.2	Получение приближенных решений дифференциальных уравнений	4	Собеседование, решение задач

### 5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	1.1-1.8	самостоятельная работа с диф. уравнениями	Формулировка задач солнечно-земной физики, конспектирование учебной литературы	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	2
2	2.1-2.3	самостоятельное решение задач	Исследование дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных, конспектирование учебной литературы	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	2
3	3.1-3.6	самостоятельное решение задач	Вычисление метрических тензоров, получение уравнений в криволинейных координатах, конспектирование учебной литературы	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	6
4	4.1-4.4	самостоятельное решение задач	Решение дифференциальных уравнений в частных производных, конспектирование учебной литературы	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	8
5	5.1-5.2	самостоятельное решение задач	Решение задач о возмущениях собственных колебаний.	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	8
6	6.1-6.4	самостоятельное решение задач	Изучение свойств специальных функций математической физики, конспектирование учебной литературы	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	6
7	7.2-7.3	самостоятельное решение задач	Получение приближенных решений дифференциальных	Литература из учебно-методического и	4

			уравнений методами	изученными	информационного обеспечения дисциплины	
--	--	--	-----------------------	------------	--	--

## 5.7. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

К современному специалисту общество предъявляет достаточно широкий перечень требований, среди которых, помимо наличия определенных способностей, важное значение имеет умение самостоятельно добывать знания из различных источников, перерабатывать и систематизировать полученную информацию. Формирование такого умения происходит в течение всего периода обучения через участие студентов в практических занятиях, выполнение контрольных заданий и тестов, написание курсовых и выпускных квалификационных работ. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе учебного процесса.

Самостоятельная работа реализуется:

1) Непосредственно в процессе аудиторных занятий, при выполнении лабораторных работ.

2) В контакте с преподавателем вне рамок расписания - на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.

3) В библиотеке, дома, в общежитии, в лаборатории при выполнении студентом учебных и творческих задач.

Границы между этими видами работ достаточно размыты, а сами виды самостоятельной работы пересекаются. Таким образом, самостоятельная работа студентов может быть как в аудитории, так и вне ее.

### Задачи для самостоятельной работы

1. Записать дифференциальные уравнения, соответствующие задачам солнечно-земной физики
2. Исследовать дифференциальные уравнения второго порядка в частных производных,
3. Вычислить компоненты метрических тензоров, получить уравнений в различных криволинейных координатах.
4. Решить дифференциальные уравнений в частных производных различными методами.
5. Найти собственные функции и собственные значения
6. Преобразовать дифференциальные уравнения к виду уравнений для специальных функций.
7. Получить приближенные решения дифференциальных уравнений изученными методами

## 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.	Ахманов С.А. Статистическая радиофизика и оптика: учеб. пособие / С. А. Ахманов, Ю. Е. Дьяков, А. С. Чиркин. - М.: Наука; Гл. ред. физ. - мат. лит-ры, 1981. - 320 с.	ЭБ <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> неограниченный доступ
2.	Букингем, М. Шумы в электронных приборах и системах: пер. с англ. / М. Букингем. - М. : Мир, 1986. - 400 с	ЭБ <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> неограниченный доступ
3.	Федорюк, М. В. Асимптотические методы для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений / М.	2

	В. Федорюк. - М. : Наука, 1983. - 352 с	
4.	Плазменная гелиогеофизика: в 2-х т. / под ред. Л. М. Зеленый, И. С. Веселовский. - М.: Физматлит, 2008 - Т.1 . - 2008. - 672 с	2
5.	Плазменная гелиогеофизика : в 2-х т. / под ред. Л. М. Зеленый, И. С. Веселовский. - М.: Физматлит, 2008 -Т.2 . - 2008. - 560 с.	2

## 6.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1.	Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учеб. пособие для вузов в 10 т. Т.8. Электродинамика сплошных сред / Е. М. Лившиц., - 3-е изд., стереотип. - М. : Физматлит, 2001. - 656 с.	2
2.	Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики [Текст] : учеб. пособие / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. - 6-е изд., испр. и доп. - М. : Изд-во МГУ, 1999. - 742 с.	ЭБ <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> неограниченный доступ
3.	Альвен, Г. Космическая электродинамика. Основные принципы : пер. с англ. / Г. Альвен, К. Г. Фельтхаммар. - 2-е изд. - М. : Мир, 1967. - 260 с	ЭБ <a href="http://irbis.iszf.irk.ru">http://irbis.iszf.irk.ru</a> 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>

## 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)
- Операционная система Microsoft Windows 10 Pro



- Система ВКС VideoMost Proton

## 7. Образовательные технологии

- Лекции
- Решение задач
- Групповые дискуссии

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

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Творческие задания;
- Групповые занятия с оценкой магистрантами решений задач друг друга.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Презентации позволяют структурировать материал занятия, а также качественно иллюстрировать его формулами, графиками, рисунками.

Самостоятельная работа включает в себя:

- Решение задач
- Конспектирование

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

## 8. Практическая подготовка

Практическая подготовка обучающихся в рамках реализации данной учебной дисциплины осуществляется на практических занятиях.

## 9. 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"> <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>
<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"> <li>• персональные компьютеры Неттоп Think Center Lenovo M710Q</li> <li>• мониторы ПУАМА 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>

## 10. Фонд оценочных средств

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

### **Знать**

- 1 Основные уравнения математической физики и уравнения математической физики в солнечно-земной физике.
- 2 Классификацию дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка в точке и канонический вид дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка с двумя независимыми переменными.
- 3 Основы криволинейной геометрии
- 4 Методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных
- 5 Постановку задачи Штурма-Лиувилля и определение собственных чисел и собственных значений.
- 6 Специальные функции математической физики
- 7 Аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений

### **Уметь**

- 2 Приводить произвольное дифференциальное уравнений в частных производных второго порядка с двумя независимыми переменными к каноническому виду и находить характеристические поверхности.
- 3 Осуществлять преобразование систем координат в дифференциальных уравнениях, находить коэффициенты Ламэ, метрический тензор и координатные кривые.
- 4 Применять известные методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных.
- 5 Определять собственные числа и собственные значения в задаче Штурма-Лиувилля.
- 6 Использовать специальные функции математической физики в решении задач солнечно-земной физики.
- 7 Применять известные аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений

### **Владеть**

- 1 Навыками замен независимых переменных и преобразований систем координат в дифференциальных уравнениях.
- 2 Известными методами решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных.
- 3 Навыками использования специальных функций математической физики в решении задач солнечно-земной физики.
- 4 Аналитическими методами получения приближенных решений дифференциальных уравнений.

### **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	Контроль самостоятельной работы	Зачет/экзамен
ПКА-2	Знать фундаментальные понятия математической физики и основные методы математической физики; уметь формулировать математические постановки физических задач, соответствующих научно-исследовательским задачам в области солнечно-земной физики.	Фундаментальные понятия математической физики и основные методы математической физики Вопросы 1-7	Задачи 1-3	Задачи 1,2 (РПД)	зачет

### Программа оценивания контролируемой компетенции

Тема или раздел дисциплины	Формируемый признак компетенции	Показатель	Критерий оценивания	Наименование ОС	
				ТК	ПА
Раздел 1. Основные уравнения математической физики. Уравнения математической физики в солнечно-земной физике	ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя основные уравнения математической физики	Знание основных уравнений математической физики и уравнений математической физики в солнечно-земной физике.	Владеет материалом раздела 1.  Умеет аргументированно вести дискуссию по базовым вопросам основных уравнений математической физики	Собеседование Решение задач	зачет
Раздел 2. Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка	ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка	Знание классификации дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка и канонического вида уравнений с двумя независимыми переменными. Умение приводить дифференциальное уравнение независимыми с двумя переменными к каноническому виду и находить	Владеет материалом раздела 2.  Умеет приводить дифференциальное уравнение независимыми с двумя переменными к каноническому виду и находить характеристическую поверхность.	Собеседование Решение задач	зачет

		характеристически е поверхности. Владение навыками замен независимых переменных в дифференциальных уравнениях			
Раздел 3. Криволинейная геометрия	ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя основы криволинейной геометрии	Знание основ криволинейной геометрии. Умение осуществлять преобразование систем координат в дифференциальных уравнениях, находить коэффициенты Ламэ, метрический тензор и координатные кривые. Владение навыками преобразований систем координат в дифференциальных уравнениях	Владеет материалом раздела 3.  Умеет осуществлять преобразование систем координат в дифференциальных уравнениях, находить коэффициенты Ламэ, метрический тензор и координатные кривые.	Собеседование Решение задач	зачет
Раздел 4. Методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных	ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя известные методы решения дифференциальны х уравнений в частных производных	Знание классификации дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка и канонического вида уравнений с двумя независимыми переменными. Умение применять известные методы решения дифференциальных уравнений в частных производных. Владение известными методами решения дифференциальных уравнений в частных производных	Владеет материалом раздела 4.  Умеет применять известные методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных.	Собеседование Решение задач	зачет
Раздел 5. Задачи о возмущениях собственных колебаний	ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя собственные числа и собственные значения колебаний.	Знание постановки задачи Штурма- Лиувилля. Умение определять собственные числа и собственные значения в задаче Штурма-Лиувилля.	Владеет материалом раздела 5.  Умеет определять собственные числа и собственные значения в задаче Штурма-Лиувилля.	Собеседование Решение задач	зачет
Раздел 6.	ПКА-2. Способен	Знание	Владеет	Собеседование	зачет

Специальные функции математической физики	проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя специальные функции математической физики	специальных функций математической физики. Умение использовать специальные функции математической физики в решении задач солнечно-земной физики. Владение навыками использования специальных функций в решении задач солнечно-земной физики	материалом раздела 6.  Умеет использовать специальные функции математической физики в решении задач солнечно-земной физики.	Решение задач	
Раздел 7. Аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений	ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя известные аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений	Знание аналитических методов получения приближенных решений дифференциальных уравнений. Умение применять известные аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений Владение аналитическими методами получения приближенных решений дифференциальных уравнений	Владеет материалом раздела 2.  Умеет применять известные аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений.	Собеседование Решение задач	зачет

### Текущая и промежуточная аттестация

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

### Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости магистранта, 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. Основные уравнения математической физики. Уравнения	ПКА-2, ИД. 3	Собеседование, решение задач	Обсуждение материала лекций и решения задач.

математической физики в солнечно-земной физике			Устный ответ на вопросы преподавателя.
Раздел 2. Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка	ПКА-2, ИД. 3	Собеседование, решение задач	Обсуждение материала лекций и решения задач. Устный ответ на вопросы преподавателя.
Раздел 3. Криволинейная геометрия	ПКА-2, ИД. 3	Собеседование, решение задач	Обсуждение материала лекций и решения задач. Устный ответ на вопросы преподавателя.
Раздел 4. Методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных	ПКА-2, ИД. 3	Собеседование, решение задач	Обсуждение материала лекций и решения задач. Устный ответ на вопросы преподавателя.
Раздел 5. Задачи о возмущениях собственных колебаний	ПКА-2, ИД. 3	Собеседование, решение задач	Обсуждение материала лекций и решения задач. Устный ответ на вопросы преподавателя.
Раздел 6. Специальные функции математической физики	ПКА-2, ИД. 3	Собеседование, решение задач	Обсуждение материала лекций и решения задач. Устный ответ на вопросы преподавателя.
Раздел 7. Аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений	ПКА-2, ИД. 3	Собеседование, решение задач	Обсуждение материала лекций и решения задач. Устный ответ на вопросы преподавателя.

### Задания для текущего контроля Вопросы для собеседования

Раздел 1. Основные уравнения математической физики. Уравнения математической физики в солнечно-земной физике.

- 1.1 Уравнение малых колебаний.
- 1.2 Уравнение малых поперечных колебаний.
- 1.3 Двумерное волновое уравнение.
- 1.4 Трехмерное волновое уравнение.
- 1.5 Уравнение диффузии.
- 1.6 Уравнение теплопроводности.
- 1.7 Стационарное уравнение
- 1.8 Уравнения Максвелла.
- 1.9 Уравнения магнитной гидродинамики.

1.10 Основные уравнения солнечно-земной физики.

Раздел 2. Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка

- 1.1 Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка в точке.
- 1.2 Характеристические поверхности.
- 1.3 Канонический вид дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка с двумя независимыми переменными.

Раздел 3. Криволинейная геометрия

- 3.1 Ортогональные криволинейные координаты.
- 3.2 Коэффициенты Ламэ. Метрический тензор.
- 3.3 Координатные кривые.
- 3.4. Сферические и цилиндрические координаты. Полярные координаты
- 3.5. Дипольные координаты. Силовые линии магнитного поля.
- 3.6. Дифференциальные уравнения солнечно-земной физики в ортогональных криволинейных координатах.

Раздел 4. Методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных.

4.1. Граничные и начальные условия. Классификация краевых задач. Задача Коши.

4.2. Метод решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных посредством преобразования Фурье

4.3. Метод решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных посредством преобразования преобразование Лапласа.

4.4. Метод Фурье (разделение переменных).

Раздел 5. Задачи о возмущениях собственных колебаний.

5.1. Задача Штурма-Лиувилля. Собственные числа и собственные значения.

5.2. Функция Грина оператора Штурма-Лиувилля. Решение неоднородных дифференциальных уравнений с помощью функции Грина.

Раздел 6. Специальные функции математической физики

6.1. Уравнения специальных функций.

6.2. Цилиндрические функции. Функции Бесселя. Функция Эйри.

6.3. Функции параболического цилиндра.

6.4. Сферические функции.

Раздел 7. Аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений

7.1 Разложения вблизи особых точек обыкновенных дифференциальных уравнений.

7.2 Метод ВКБ.

### **Задачи для практических занятий**

1. Записать дифференциальные уравнения, соответствующие задачам солнечно-земной физики

2. Исследовать дифференциальные уравнения второго порядка в частных производных,

3. Вычислить компоненты метрических тензоров, получить уравнений в различных криволинейных координатах.

4. Решить дифференциальные уравнений в частных производных различными методами.

5. Найти собственные функции и собственные значения

6. Преобразовать дифференциальные уравнения к виду уравнений для специальных функций.

7. Получить приближенные решения дифференциальных уравнений изученными методами

Раздел 1. Основные уравнения математической физики. Уравнения математической физики в солнечно-земной физике.

1.1 Записать дифференциальные уравнения, соответствующие задачам солнечно-земной физики.

Раздел 2. Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка

2.1. Исследовать дифференциальные уравнения второго порядка в частных производных.

Раздел 3. Криволинейная геометрия

3.1. Вычислить компоненты метрических тензоров, получить уравнений в различных криволинейных координатах

Раздел 4. Методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных.

4.1. Решить дифференциальные уравнений в частных производных различными методами.

Раздел 5. Задачи о возмущениях собственных колебаний.

5.1. Найти собственные функции и собственные значения.

Раздел 6. Специальные функции математической физики

6.1. Преобразовать дифференциальные уравнения к виду уравнений для специальных функций

Раздел

7. Аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений
- 7.1. Получить приближенные решения дифференциальных уравнений изученными методами.

### **Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине осуществляется по окончании дисциплины, в виде зачёта 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<sup>1</sup>**

#### **Вопросы для зачета**

Раздел 1. Основные уравнения математической физики. Уравнения математической физики в солнечно-земной физике.

- 1.1 Уравнение малых колебаний.
- 1.2 Уравнение малых поперечных колебаний.
- 1.3 Двумерное волновое уравнение.
- 1.4 Трёхмерное волновое уравнение.
- 1.5 Уравнение диффузии.
- 1.6 Уравнение теплопроводности.
- 1.7 Стационарное уравнение
- 1.8 Уравнения Максвелла.
- 1.9 Уравнения магнитной гидродинамики.
- 1.10 Основные уравнения солнечно-земной физики.

Раздел 2. Дифференциальные уравнения в частных производных второго порядка

- 1.1 Классификация дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка в точке.
- 1.2 Характеристические поверхности.
- 1.3 Канонический вид дифференциальных уравнений в частных производных второго порядка с двумя независимыми переменными.

Раздел 3. Криволинейная геометрия

- 3.1 Ортогональные криволинейные координаты.
- 3.2 Коэффициенты Ламэ. Метрический тензор.
- 3.3 Координатные кривые.
- 3.4. Сферические и цилиндрические координаты. Полярные координаты
- 3.5. Дипольные координаты. Силовые линии магнитного поля.
- 3.6. Дифференциальные уравнения солнечно-земной физики в ортогональных криволинейных координатах.

Раздел 4. Методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных.

- 4.1. Граничные и начальные условия. Классификация краевых задач. Задача Коши.
- 4.2. Метод решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных посредством преобразования Фурь
- 4.3. Метод решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных посредством преобразования преобразование Лапласа.
- 4.4. Метод Фурье (разделение переменных).

Раздел 5. Задачи о возмущениях собственных колебаний.



- 5.1. Задача Штурма-Лиувилля. Собственные числа и собственные значения.  
 5.2. Функция Грина оператора Штурма-Лиувилля. Решение неоднородных дифференциальных уравнений с помощью функции Грина.  
 Раздел 6. Специальные функции математической физики  
 6.1. Уравнения специальных функций.  
 6.2. Цилиндрические функции. Функции Бесселя. Функция Эйри.  
 6.3. Функции параболического цилиндра.  
 6.4. Сферические функции.  
 Раздел 7. Аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений  
 7.1 Разложения вблизи особых точек обыкновенных дифференциальных уравнений.  
 7.2 Метод ВКБ.

### Оценочные средства сформированности компетенций

Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций	№ задания к зачету (или задание)
<b>ПКА-2.</b> Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики	<b>ИД 3.</b> 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	Вопросы для зачета № 1.1-7.2 Задачи для зачета № 1.1-7.1

### 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 Не ответил или ответил неправильно на вопросы для подготовки по теоретическим вопросам курса	Соответствие  Несоответствие	Зачет
Положительные результаты решения задач	Решение предложенных преподавателем задач, знание основных тем	Положительные результаты решения задач	Соответствие	Зачет

	дисциплины	Не решил или неправильно решил предложенные задачи	Несоответствие	
Положительные результаты зачета	Подготовка к зачету и знание вопросов для зачета	Полностью раскрыт вопрос, даны все правильные определения	Соответствие	Зачет
		Не полностью раскрыт вопрос и (или) даны неверные определения	Несоответствие	