

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

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИСЗФ СО РАН

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

« 11 » мая 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**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 2023

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

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал кандидат физико-математических наук	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: «Математический анализ, векторный и тензорный анализ, дифференциальные уравнения»

Последующие дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо: «Физика магнитосферы», «Основы функционального анализа», «Математические методы обработки экспериментальных данных» и др.

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

Целью освоения дисциплины «Математическая физика» 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; <ul style="list-style-type: none"><li>• основные методы математической физики;</li></ul> <b>Уметь:</b> формулировать математические постановки физических задач, соответствующих научно-исследовательским задачам в области солнечно-земной физики. <ul style="list-style-type: none"><li>• адекватно выбирать комплекс методов математической физики для решения поставленной задачи;</li><li>• правильно применять выбранные методы;</li><li>• анализировать полученные результаты с точки зрения их корректности;</li></ul> <b>Владеть:</b> навыками формулировки задач солнечно-земной физики на языке математической физики <ul style="list-style-type: none"><li>• методами математической физики как инструментом решения задач солнечно-земной физики</li></ul>

#### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц, 72 часа.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
<b>Аудиторные занятия</b> (всего)	<b>54/1,5</b>
В том числе:	
Лекции	36/1
Лабораторные работы	
Практические занятия	18/0,5
<b>Самостоятельная работа</b> (всего)	<b>18/0,5</b>
Вид промежуточной аттестации (зачет)	
<b>Контактная работа</b> (всего)	<b>54/1,5</b>
<b>Общая трудоёмкость</b> (часы/зачетные единицы)	<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 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	8		2		2
4.	Методы решения дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений в частных производных	12	8		2		2
5.	Задачи о возмущениях собственных колебаний	14	6		4		4
6.	Специальные функции математической физики	10	4		2		4
7.	Аналитические методы получения приближенных решений дифференциальных уравнений	12	6		4		2
<b>Итого (часы)</b>		<b>72</b>	<b>36</b>		<b>18</b>		<b>18</b>
<b>Итого (з.е.)</b>		<b>2</b>	<b>1</b>		<b>0,5</b>		<b>0,5</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.	Физика магнитосферы	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	8	Ответы на вопросы
4.	4.1-4.4	Лекция	8	Ответы на вопросы
5.	5.1-5.2	Лекция	6	Ответы на вопросы
6.	6.1-6.4	Лекция	4	Ответы на вопросы
7.	7.1-7.2	Лекция	6	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	2
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	2
5	5.1-5.2	самостоятельное решение задач	Решение задач о возмущениях собственных колебаний.	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	4
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	4
7	7.2-7.3	самостоятельное решение задач	Получение приближенных решений дифференциальных уравнений изученными методами	Литература из учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	2

## 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. В. Федорюк. - М. : Наука, 1983. - 352 с	2

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. : Физмалит, 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)

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>