

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

член-корр. РАН _____ А.В. Медведев

«11» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.3 Физика сплошных сред

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	М.А. Челпанов
---	---------------

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

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

Предшествующие дисциплины, на которые данная дисциплина опирается: школьный и университетский курсы физики.

Последующие дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо: Общая астрофизика, Физика атмосферы, Физика гелиосферы, Физика солнечно-земных связей, Физика магнитосферы.

2. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Целью дисциплины «Физика сплошных сред» является ознакомление с основными представлениями физики о движении сплошной среды, являющимися основой для дальнейшего изучения физики космической плазмы.

Задачами дисциплины «Физика сплошных сред» является:

- Ознакомление с элементами математического аппарата, используемого в описании сред;
- Ознакомление с принципами механики жидкостей;
- Ознакомление с термодинамикой, в том числе применительно к жидкостям;
- Ознакомление с электродинамикой и уравнениями Максвелла;
- Ознакомление с элементами физики волн в средах.

3. Требования к результатам освоения дисциплины(модуля)

Процесс изучения дисциплины «Физика сплошных сред» 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
УК-1. Способен осуществлять критический анализ ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ИД 1. Критически анализирует ситуацию как систему, выявляет ее отдельные составляющие и связи между ними.	Знать: законы механики, термодинамики, электродинамики применительно к жидкостям. Уметь: Понимать физический смысл уравнений используемых для описания сред в различных условиях. Применять основные физические уравнения в области кинематики, динамики, термодинамики, электродинамики к движущимся жидкостям. Владеть: Математическим аппаратом, необходимым для описания жидкостей — математические операторы градиент, дивергенция, ротор, интегрирование, а также законами Ньютона, уравнениями Бернулли,

		Максвелла в интегральном и дифференциальном видах, Ома, Джоуля-Ленца,
ПКА-2. Способен проводить научные исследования в области физики солнечно-земных связей, используя необходимые знания теоретических и экспериментальных разделов физики	ИД-1. Демонстрирует базовые знания теоретических и экспериментальных разделов физики в области физики солнечно-земных связей	Знать: Базовые знания о поведении сред, в том числе космической плазмы, в условиях действия различных сил и полей. Уметь: Применять физические понятия, описывающие жидкости в различных условиях. Использовать закон сохранения массы, уравнения непрерывности, уравнения Максвелла для изучения простейших систем зарядов и токов, уравнения гидродинамики с учетом силы Ампера. Владеть: Умением преобразования полей при переходе между системами отсчета.

4. Объем дисциплины(модуля) и виды учебной работы
Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц
Аудиторные занятия (всего)	54/1,5
В том числе:	
Лекции	36/1
Лабораторные работы	
Практические занятия	18/0,5
Самостоятельная работа (всего)	54/1,5
Вид промежуточной аттестации (зачет)	
Контактная работа (всего)	54/1,5
Общая трудоёмкость (часы/зачетные единицы)	108/3

5. Содержание дисциплины
5.1. Содержание разделов и темы дисциплины

Раздел 1. Элементы математики

1. Кинематический смысл производной: скорость, ускорение.
2. Дифференциальные операторы для сплошной среды: градиент.
3. Дифференциальные операторы для сплошной среды: дивергенция, ротор.
4. Интеграл.

Раздел 2. Механика

1. Законы Ньютона.

2. Законы Ньютона для движения жидкости. Силы, действующие в потоке незаряженной жидкости: градиент давления, тяжесть.
3. Силы инерции в неинерциальных системах отсчета: центробежная сила.
4. Силы инерции в неинерциальных системах отсчета: сила Кориолиса.
5. Вязкость. Закон сохранения массы: уравнение непрерывности.
6. Уравнение Бернулли.

Раздел 3. Термодинамика

1. Вывод давления из представлений о движении частиц.
2. Изотерма и адиабата.
3. Вывод уравнения адиабаты из представлений о движении частиц.
4. Уравнение адиабаты для движущейся жидкости.
5. Энтропия.

Раздел 4. Электродинамика

1. Уравнения Максвелла в дифференциальном и интегральном виде.
2. Сохранение заряда. Применение уравнений Максвелла для изучения простейших систем зарядов и токов.
3. Законы Ома и Джоуля-Ленца. Вектор Пойнтинга.
4. Сила Лоренца и сила Ампера. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле.
5. Уравнения гидродинамики с учетом силы Ампера (магнитная гидродинамика).
6. Преобразование полей при переходе между системами отсчета.
7. Влияние поляризации и намагничивания на электромагнитные свойства вещества.

Раздел 5. Волны

1. Колебательное движение материальной точки (с учетом трения). Резонанс.
2. Фурье-представление уравнений движения сплошной среды.
3. Линеаризация уравнений движения.
4. Звук.
5. Электромагнитные волны.
6. Стоячие волны в резонаторе.

5.2. Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Раздел	Всего часов	Аудиторные занятия				СРС
			Лекции	Лаб. занятия	Практические занятия	Семинары	
1.	Элементы математики	12	6		3		12
2.	Механика	16	8		4		10
3.	Термодинамика	16	8		4		10
4.	Электродинамика	16	8		4		12
5.	Волны	12	6		3		10
Итого (часы)		72	36		18		54
Итого (з.е.)		2	1		0,5		1,5

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

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин и практик	№ № разделов и/или тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин
1.	Общая астрофизика	Разделы 1–4
2.	Физика атмосферы	Разделы 1–3

3.	Физика гелиосферы	Разделы 1–4
4.	Физика солнечно-земных связей	Разделы 1–5
5.	Физика магнитосферы	Разделы 1–5

5.4. Перечень лекционных занятий

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование используемых технологий	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1.	1.1. Кинематический смысл производной: скорость, ускорение	Лекция	1	Устный опрос
2.	1.2 Дифференциальные операторы для сплошной среды: градиент.	Лекция	1	Устный опрос
3.	1.3 Дифференциальные операторы для сплошной среды: дивергенция, ротор.	Лекция	2	Устный опрос
4.	1.4 Интеграл.	Лекция	2	Устный опрос
5.	2.1. Законы Ньютона.	Лекция	1	Устный опрос
6.	2.2 Законы Ньютона для движения жидкости. Силы, действующие в потоке незаряженной жидкости: градиент давления, тяжесть.	Лекция	1	Устный опрос
7.	2.3 Силы инерции в неинерциальных системах отсчета: центробежная сила	Лекция	1	Устный опрос
8.	2.4 Силы инерции в неинерциальных системах отсчета: сила Кориолиса	Лекция	1	Устный опрос
9.	2.5. Вязкость. Закон сохранения массы: уравнение непрерывности.	Лекция	2	Устный опрос
10.	2.6 Уравнение Бернулли	Лекция	2	Устный опрос
11.	3.1. Вывод давления из представлений о движении частиц.	Лекция	1	Устный опрос
12.	3.2. Изотерма и адиабата.	Лекция	1	Устный опрос
13.	3.3 Вывод уравнения адиабаты из представлений о движении частиц.	Лекция	2	Устный опрос
14.	3.4 Уравнение адиабаты для движущейся жидкости.	Лекция	2	Устный опрос
15.	3.5 Энтропия	Лекция	2	Устный опрос
16.	4.1 Уравнения Максвелла в дифференциальном и интегральном виде.	Лекция	1	Устный опрос
17.	4.2 Сохранение заряда. Применение уравнений Максвелла для изучения простейших систем зарядов и токов.	Лекция	1	Устный опрос
18.	4.3. Законы Ома и Джоуля-Ленца. Вектор Пойнтинга.	Лекция	1	Устный опрос
19.	4.4 Сила Лоренца и сила Ампера. Движение заряженной частицы в	Лекция	1	Устный опрос

	однородном магнитном поле.			
20.	4.5 Уравнения гидродинамики с учетом силы Ампера (магнитная гидродинамика).	Лекция	1	Устный опрос
21.	4.6 Преобразование полей при переходе между системами отсчета.	Лекция	1	Устный опрос
22.	4.7 Влияние поляризации и намагничивания на электромагнитные свойства вещества.	Лекция	2	Устный опрос
23.	5.1 Колебательное движение материальной точки (с учетом трения). Резонанс.	Лекция	1	Устный опрос
24.	5.2 Фурье-представление уравнений движения сплошной среды.	Лекция	1	Устный опрос
25.	5.3 Линеаризация уравнений движения.	Лекция	1	Устный опрос
26.	5.4 Звук.	Лекция	1	Устный опрос
27.	5.5 Электромагнитные волны	Лекция	1	Устный опрос
28.	5.6 Стоячие волны в резонаторе.	Лекция	1	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.	1.2	Дифференциальные операторы для сплошной среды: градиент	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
2.	1.3	Дифференциальные операторы для сплошной среды: дивергенция, ротор.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
3.	1.4	Интеграл.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
4.	2.2	Законы Ньютона для движения жидкости. Силы, действующие в потоке незаряженной жидкости: градиент давления, тяжесть.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
5.	2.3	Силы инерции в неинерциальных системах отсчета: центробежная сила.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов

6.	2.4	Силы инерции в неинерциальных системах отсчета: сила Кориолиса.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
7.	2.5	Вязкость. Закон сохранения массы: уравнение непрерывности.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
8.	3.1	Вывод давления из представлений о движении частиц.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
9.	3.2	Изотерма и адиабата.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
10.	3.3	Вывод уравнения адиабаты из представлений о движении частиц.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
11.	3.4	Уравнение адиабаты для движущейся жидкости.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
12.	4.1	Уравнения Максвелла в дифференциальном и интегральном виде.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
13.	4.2	Сохранение заряда. Применение уравнений Максвелла для изучения простейших систем зарядов и токов.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
14.	4.3	Законы Ома и Джоуля-Ленца. Вектор Пойнтинга.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
15.	4.6	Преобразование полей при переходе между системами отсчета.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
16.	5.1	Колебательное движение материальной точки (с учетом трения). Резонанс.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов
17.	5.2	Фурье-представление уравнений движения сплошной среды.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение

				результатов
18.	5.3	Линеаризация уравнений движения.	1	Собеседование по решению задач и обсуждение результатов

5.6. Тематика заданий для самостоятельной работы

Раздел	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Кол-во часов
1	1.2	Решение задач	Задача с использованием математических операторов	Гордиенко, А. Б. Основы векторного и тензорного анализа: учебное пособие	1
1	1.3	Решение задач	Задача с использованием математических операторов	Гордиенко, А. Б. Основы векторного и тензорного анализа: учебное пособие	1
1	1.4	Решение задач	Задача с использованием интегрирования	Владимиров, Ю. Н. Высшая математика: учебное пособие	1
2	2.2	Решение задач	Задача на поределение сил, действующих на элемент жидкости	Владимиров, Ю. Н. Высшая математика: учебное пособие	1
2	2.3	Чтение литературы	Самостоятельное изучение дополнительного материала о центробежной силе	Губайдуллин, А. А. Введение в механику сплошной среды: учебное пособие	1
2	2.4	Решение задач	Задача с использованием силы Кориолиса	Губайдуллин, А. А. Введение в механику сплошной среды: учебное пособие	1
2	2.5	Решение задач	Задача с использованием уравнения непрерывности	Губайдуллин, А. А. Введение в механику сплошной среды: учебное пособие	1
3	3.1	Чтение литературы	Самостоятельное изучение дополнительного материала о веществе как совокупности движущихся частиц.	Гавриленко, В. Г. Термодинамика и статистическая физика: учебное пособие	1
3	3.2	Чтение литературы	Самостоятельное изучение дополнительного материала о термодинамических процессах	Гавриленко, В. Г. Термодинамика и статистическая физика: учебное пособие	1
3	3.3	Решение	Задача о	Гавриленко, В. Г.	1

		задач	термодинамических процессах	Термодинамика и статистическая физика: учебное пособие	
3	3.4	Решение задач	Задача о термодинамических процессах	Гавриленко, В. Г. Термодинамика и статистическая физика: учебное пособие	1
4	4.1	Решение задач	Задача о применении уравнений Максвелла для некоторых простых случаев	Ю. А. Гороховатский Общая физика. Электричество и магнетизм: учебно-методическое пособие	1
4	4.2	Решение задач	Задача о применении уравнений Максвелла для некоторых простых случаев	Ю. А. Гороховатский Общая физика. Электричество и магнетизм: учебно-методическое пособие	1
4	4.3	Решение задач	Задача на применение закона Ома	Ю. А. Гороховатский Общая физика. Электричество и магнетизм: учебно-методическое пособие	1
4	4.6	Решение задач	Задача о преобразовании полей при переходе в другую систему отсчета.	Ю. А. Гороховатский Общая физика. Электричество и магнетизм: учебно-методическое пособие	1
5	5.1	Решение задач	Задача о колебательном движении с учетом силы трения	Аксенова, Е. Н. Общая физика. Колебания и волны	1
5	5.2	Чтение литературы	Самостоятельное изучение дополнительного материала о колебательных процессах в сплошной среде	Аксенова, Е. Н. Общая физика. Колебания и волны	1
5	5.3	Чтение литературы	Самостоятельное изучение дополнительного материала о колебательных процессах в сплошной среде	Аксенова, Е. Н. Общая физика. Колебания и волны	1

5.7. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Чтение литературы: преподаватель даёт тему для изучения, формулирует вопросы, на которые нужно найти ответы в процессе изучения литературы, организывает обсуждение материала и проверку конспектов.

Письменные упражнения: даются условия задач по теме изучаемого материала, студенты решают задачи самостоятельно; на семинарах организовывается проверка решений и обсуждение возможных подходов к решению задач.

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.	Гавриленко, В. Г. Термодинамика и статистическая физика: учебное пособие / В. Г. Гавриленко, С. М. Грач. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, [б. г.]. — Часть 1 : Термодинамика и классическая статистика — 2018. — 93 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
2.	Общая физика. Электричество и магнетизм : учебно-методическое пособие / Н. И. Анисимова, Ю. А. Гороховатский, А. А. Гулякова [и др.] ; под редакцией Ю. А. Гороховатского. — Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2021. — 336 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
3.	Аксенова, Е. Н. Общая физика. Колебания и волны (главы курса) : учебное пособие / Е. Н. Аксенова. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 72 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ
4.	Гордиенко, А. Б. Основы векторного и тензорного анализа : учебное пособие / А. Б. Гордиенко, М. Л. Золотарев, Н. Г. Кравченко. — Кемерово : КемГУ, 2009. — 131 с. — ISBN 978-5-89428-461-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/30131	ЭБС Лань https://e.lanbook.com/ неограниченный доступ
5.	Губайдуллин, А. А. Введение в механику сплошной среды : учебное пособие / А. А. Губайдуллин. — Тюмень : ТюмГУ, 2020. — 207 с. — ISBN 978-5-400-01606-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/181359	ЭБС Лань https://e.lanbook.com/ неограниченный доступ
6.	Высшая математика : учебное пособие / под редакцией Ю. Н. Владимирова. — 6-е изд., стер. — Москва : Омега-Л, 2011. — 221 с	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ

6.2. Дополнительная литература

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров
1.	Сборник индивидуальных заданий по физике. Термодинамика и молекулярная физика : учебно-методическое пособие / составители С. А. Корягин [и др.].—Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020—Часть 2: Второе начало термодинамики, энтропия, термодинамические потенциалы — 2020. — 32 с.	ЭБ http://irbis.iszf.irk.ru неограниченный доступ

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

- www.wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp

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:

- www.webmath.ru/poleznou/formules_9_3.php

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

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

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Групповые оценки и взаимооценки: а именно рецензирование студентами выступлений друг друга.

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:

- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей;
- конспектирование;
- решение задач.

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

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 12 посадочных мест, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории:</p> <ul style="list-style-type: none"> • доска магнитно-маркерная Branberg • экран для проектора Lumien Master Control • LMC-100110 305x229 см • проектор BenQ MH733 1920 x 1080 • ноутбук HP 15-da1101ur Windows 10 Pro • система акустическая Electro Voice EVID 6.2
<p>Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций и самостоятельной работы</p>	<p>Аудитория укомплектована специализированной мебелью на 7 посадочных мест, оснащена компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде:</p> <ul style="list-style-type: none"> • персональные компьютеры Неттоп Think Center Lenovo M710Q • мониторы ПУАМА PL2283H, Dell CRHX9K2 • доска магнитно-маркерная Branberg • экран для проектора Projecta • проектор BenQ MH733 1920 x 1080