



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета

/Н.М. Буднев

«02» апреля 2025 г.



Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины: Б1.В.ДВ.04.01 Механика сплошных сред

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика и физика Космоса

Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр

Форма обучения: Очная

Согласовано с УМК физического факультета
Протокол №49 от «26» марта 2025 г.

Председатель

Н.М.Буднев

Рекомендовано кафедрами:
Протокол № 6
От «24» марта 2025 г.

Зав. кафедрой

С.В. Ловцов

Иркутск 2025 г.

Содержание

I. Цели и задачи дисциплины.....	3
II. Место дисциплины в структуре ОПОП.....	3
III. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
IV. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	4
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	4
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	5
4.3. Содержание учебного материала.....	5
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов.....	6
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС).....	8
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	9
4.5. Примерная тематика курсовых работ.....	9
V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	9
а) список литературы.....	9
б) периодические издания.....	10
в) список авторских методических разработок.....	10
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	10
VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	10
VII. Образовательные технологии.....	10
VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....	11
Приложение: фонд оценочных средств	

I. Цели и задачи дисциплины

В ходе изучения дисциплины студенты изучают и осваивают основные понятия и методы гидродинамики и высокочастотной электродинамики среды. Дисциплина «Механика сплошных сред» представляет собой теоретическую основу для последующих специальных курсов по различным разделам физики. Математической и методической базой курса являются все разделы курса математики и теоретической физики, изученные студентами ранее.

В результате изучения курса студент приобретает как фундаментальные знания о методах описания сплошной среды, так и навыки решения конкретных задач.

Цели курса

Дисциплина «Механика сплошных сред» имеет своей целью: ознакомить студентов с фундаментальными явлениями высокочастотной электродинамики сплошных сред и гидродинамики, а также понятиями и теоретическими методами, применяемыми в физике сплошных сред. В частности, целью является ознакомление студентов с основными уравнениями физики сплошных сред, типами граничных условий, и методами решения типичных задач.

Задачи курса

- изучение основных явлений физики сплошной среды и методов их описания;
- формирование навыков по применению положений физики сплошной среды к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми исследователю приходится сталкиваться при создании новой техники и новых технологий;
- ознакомление студентов с историей развития основных представлений физики сплошных сред.

II. Место дисциплины в структуре ОПОП.

Курс относится к дисциплинам, формируемым участниками образовательного процесса. В результате прохождения курса студенты должны овладеть основными понятиями и методами физики сплошных сред. Необходимыми предпосылками для успешного освоения курса является знание основ линейной алгебры, математического анализа, теории функций комплексной переменной, методов математической физики и умение применять эти знания при решении задач. Необходимость владения указанными математическими компетенциями обусловлена тем обстоятельством, что они составляют основу математических моделей, применяемых в курсе – систем дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих векторные и тензорные поля.

Первая часть курса - линейная электродинамика сплошных сред, фактически является продолжением курса «Электродинамика». Математические модели для описания высокочастотных электромагнитных полей, вводящиеся в рамках курса, позволяют рассматривать широкий круг явлений, связанный с частотной и пространственной дисперсией, а также распространением волн в анизотропных средах. Поэтому первая часть курса может служить основой для последующих спецкурсов, в частности, по оптическим методам и электродинамике плазмы. Вторая часть курса – гидродинамика в значительной мере использует также знания, получаемые студентами в рамках курсов общей физики «Механика» и «Молекулярная физика».

1	1-18	7	144	50	16	50	1	50	Практическое задание; вопросы к экзамену
Итого:			144	50	16	50	1	50	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
7	Тема 1-18	Задание в виде задачи	После пройденных тем	50	Демонстрация готовых решений	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ.

4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Тема 1. Цели и задачи курса. Используемая литература.

Математический аппарат ФСС: Элементарные операции с тензорами. Инвариантные тензоры. Операции с символьными и индексными представлениями дифференциальных операторов в трёхмерном пространстве.

Раздел 2. ВЫСОКОЧАСТОТНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В СРЕДЕ

Тема 2. Вывод уравнений Максвелла для среды. Интегральная форма уравнений Максвелла, граничные условия. Условия применимости уравнений Максвелла и материальных уравнений.

Тема 3. Уравнения Максвелла для высокочастотного поля в сплошной среде. Материальное уравнение линейной электродинамики. Операторы проводимости и диэлектрической проницаемости, преобразование Фурье. Связь между тензорами проводимости и диэлектрической проницаемости в Фурье-представлении.

Тема 4. Решение уравнений Максвелла методом Фурье. Свободные электромагнитные волны в однородной среде. Дисперсионное уравнение и поляризация волн.

Тема 5. Частотная и пространственная дисперсия. Связь тензора диэлектрической проницаемости с параметрами ϵ , μ и σ квазистатической электродинамики. Свойства симметрии тензора диэлектрической проницаемости в изотропных и зеркально-изомерных средах. Естественная оптическая активность.

Тема 6. Одноосные кристаллы, обыкновенные и необыкновенные волны. Эффект Керра. Магнитооптические эффекты (Фарадея, Коттона-Мутона).

Тема 7. Диэлектрическая проницаемость движущегося диэлектрика. Граничные условия. Поверхностные волны на границе раздела металл-диэлектрик.

Тема 8. Принцип причинности и аналитические свойства диэлектрической проницаемости как функции частоты. Асимптотика диэлектрической проницаемости в пределе высоких частот. Теорема Крамерса-Кронига, правило сумм.

Тема 9. Предвестник. Диссипация энергии волны, её связь со свойствами тензора диэлектрической проницаемости. Энергия и поток энергии волны в среде.

Тема 10. Излучение среды в присутствии движущегося заряда. Переходное излучение. Черенковское излучение, его спектральная мощность и угловое распределение.

Тема 11. Проводник в электромагнитном поле, скин-эффект. Электромагнитные волны в волноводе.

Тема 12. Диэлектрическая проницаемость и оптические свойства газа осцилляторов. Поведение диэлектрической проницаемости вблизи спектральной линии поглощения. Распространение волнового пакета, фазовая и групповая скорость.

Раздел 3. ГИДРОДИНАМИКА

Тема 13. Уравнения идеальной гидродинамики. Тензор плотности потока импульса, граничные условия.

Тема 14. Звук. Приближение несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли, переход через скорость звука.

Тема 15. Изэнтропическое течение, теорема Томсона. Потенциальное течение, потенциальное обтекание тел. Парадокс Д'Аламбера, присоединенная масса.

Тема 16. Гравитационные и капиллярные волны на поверхности жидкости со сдвиговым течением. Гидродинамические неустойчивости Релея-Тейлора и Кельвина-Гельмгольца.

Тема 17. Вязкая жидкость, вязкий тензор напряжений, уравнение Навье-Стокса. Закон подобия, число Рейнольдса.

Тема 18. Уравнение теплопереноса. Энергия и поток энергии звуковой волны в среде. Диссипация энергии в вязкой жидкости.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий, лабораторных работ, план самостоятельной работы студентов

№	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 1, Тема 1	Тензоры. Элементарные тензорные операции. Свёртка тензоров Леви-Чивита. Двойное векторное произведение. Инвариантные тензоры. Усреднение тензоров по изотропному распределению. Эрмитово сопряжение. Эрмитовы и антиэрмитовы матрицы.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
2.	Раздел 2, Тема 2	Дифференциальные операторы и уравнения Максвелла в Фурье-представлении. Электрическое поле движущегося точечного заряда в вакууме методом преобразования	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1

		Фурье.			
3.	Раздел 2, Тема 3	Анализ волновых свойств среды на примере холодной плазмы. Тензор диэлектрической проницаемости холодной плазмы в магнитном поле. Ленгмюровская волна. Эффект Фарадея.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
4.	Раздел 2, Тема 4	Одноосные кристаллы. Направление распространения энергии для необыкновенной волны.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
5.	Раздел 2, Тема 5	Граничные условия для Фурье-амплитуд. Отражение и преломление волн на плоской поверхности. Поверхностные волны.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
6.	Раздел 2, Тема 6	Скин-эффект. Найти длину затухания волны в одноосном кристалле с комплексными ϵ_{11} , ϵ_{33} при условии малости коэффициента затухания.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
7.	Раздел 2, Тема 7	Энергия волн. Найти энергию ленгмюровской волны в холодной плазме.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
8.	Раздел 2, Тема 8	Поле точечного заряда в движущемся диэлектрике.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
9.	Раздел 2, Тема 9	Аналитические свойства функции $\zeta(s)$. Формула Крамерса-Кронига для проводников. Восстановление $\zeta(s)$ по мнимой части.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
10.	Раздел 2, Тема 10	Черенковское излучение. Возбуждение ленгмюровской волны движущимся зарядом в холодной плазме. Найти спектральную мощность излучения в интервале длин волн.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
11.	Раздел 2, Тема 11	Типы электромагнитных волн в прямоугольном волноводе.	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
12.	Раздел 2, Тема 12	Контрольная работа.	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
13.	Раздел 3, Тема 13	Уравнения идеальной гидродинамики, тензор плотности потока импульса, граничные условия.	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
14.	Раздел 3, Тема 14	Потенциальное обтекание шара идеальной жидкостью. Шарик в движущейся жидкости.	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
15.	Раздел 3, Тема 15	Звук. Найти закон дисперсии звуковых волн в движущейся среде. Найти среднюю силу при отражении звука от границы двух сред.	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1

16.	Раздел 3, Тема 16	Волны на границе раздела двух сред. Гравитационные и капиллярные волны на поверхности жидкости. Неустойчивость Рэлея-Тэйлора. Неустойчивость тангенциального разрыва.	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
17.	Раздел 3, Тема 17	Движение вязкой жидкости. Тепловыделение. Течение Пуазейля.	4	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1
18.	Раздел 3, Тема 18	Контрольная работа.	2	Задание на семинаре в виде задачи	ПК-1

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Фурье-преобразование. Тензоры.	Внеаудиторная, решение задач	Свойства Фурье-преобразования, процедура усреднения.	Источники из основной и дополнительной литературы по теме практических занятий; Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ и Стронские сайты	2
2	Уравнения Максвелла в представлении Фурье	Внеаудиторная, решение задач	Условия на границе раздела сред.		2
3	Эффект Фарадея	Внеаудиторная, решение задач	Вычисление поляризации волны.		4
4	Одноосный кристалл	Внеаудиторная, решение задач	Поляризация необыкновенной волны		2
5	Поверхностная волна	Внеаудиторная, решение задач	Энергия и поляризация поверхностной волны		5
6	Скин-эффект	Внеаудиторная, решение задач	Сшивка решений на границе и толщина скин-слоя		5
7	Энергия и импульс электромагнитной волны в среде	Внеаудиторная, решение задач	Вектор Пойтинга для ленгмюровской волны в холодной плазме.		4
8	Релятивистская форма уравнений Максвелла	Внеаудиторная, решение задач	Поле движущегося заряда.		4
9	Аналитические свойства диэлектрической проницаемости.	Внеаудиторная, решение задач	Восстановление диэл. проницаемости по известной мнимой части. Учет проводимости.		4
10	Черенковское излучение.	Внеаудиторная, решение задач	Направление излучения.		2
11	Волновод	Внеаудиторная, решение задач	Типы волн в круглом волноводе.		2
12	Лагранжев подход в электродинамике среды	Внеаудиторная, решение задач	Лагранжева форма уравнений, законы сохранения, калибровочная инвариантность.		2

13	Идеальная жидкость	Внеаудиторная, решение задач	Тензор плотности потока импульса, разная форма уравнения Эйлера.	2
14	Потенциальное течение	Внеаудиторная, решение задач	Обтекание гантели из двух шаров.	2
15	Звуковые волны	Внеаудиторная, решение задач	Вектор Пойтинга.	2
16	Звуковые волны	Внеаудиторная, решение задач	Отражение звуковых волн.	2
17	Капиллярные волны на границе.	Внеаудиторная, решение задач	Условия устойчивости капиллярных волн.	2
18	Лагранжева форма уравнений гидродинамики	Внеаудиторная, решение задач	Одномерное течение.	2

4.4 Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Студентам для самостоятельного изучения дисциплины (параллельно с лекциями) предлагаются задачи по изучаемым разделам. Предполагается, что студент самостоятельно изучит дополнительные параграфы по пройденной теме, а затем решит предложенные задачи, методы решения которых частично обсуждаются на семинарах. Оценка самостоятельной работы студентов проводится в виде контрольных опросов на практических занятиях.

4.5. Примерная тематика курсовых работ

Учебным планом не предусмотрено написание курсовых работ.

V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) список литературы

основная литература

1. Батыгин, В. В. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин. - Москва : Лань, 2010. - 480 с. –Режим доступа: ЭБС «Издательство Лань». – Неогранич. Доступ.

б) дополнительная литература:

1. [Ландау, Л. Д.](#) Теоретическая физика: в 10 т.: учеб. пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 4-е изд., стер. - М.: Наука, 1988. - **Т.6: Гидродинамика.** - 1988. - 733 с. - ISBN 5020138509 (3)
2. [Ландау, Л. Д.](#) Теоретическая физика: учеб. пособие для физ. спец. ун-тов / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. - М.: Наука, 1973. - Т. 7: Теория упругости. - 4-е изд., испр. и доп. - 1987. - 246 с. (11)
3. [Векштейн, Г. Е.](#) Физика сплошных сред в задачах / Г.Е. Векштейн. - 2-е изд. доп. -Ижевск: Ин-т компьютерных исслед. (РХД), 2002. - 207 с. - ISBN 5-93972-136-2 (3)
4. [Батыгин, В. В.](#) Сборник задач по электродинамике: методические указания / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин; Ред. М.М. Бредов. - 3-е изд., испр. - Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2002. - 639 с. - ISBN 5-93972-155-9 (1)
5. Топтыгин И.Н. Современная электродинамика / В.В. Батыгин, И.Н. Топтыгин. - Ижевск: Ин-т компьютерных исслед. (РХД). Ч.1: Микроскопическая теория. - 2003. - 735 с. (2)

- б. Топтыгин И.Н. Современная электродинамика / И. Н. Топтыгин. - Ижевск: Регулярная и хаотич. динамика. Ч.2: Теория электромагнитных явлений в веществе: учеб. пособие. - 2005. - 848 с. (3)

б) периодические издания

- нет

в) список авторских методических разработок

- нет

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

<http://library.isu.ru/> - Научная библиотека ИГУ;

Образовательные ресурсы, доступные по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ:

- <https://isu.bibliotech.ru/> - ЭЧЗ «БиблиоТех»;
- <http://e.lanbook.com> - ЭБС «Издательство «Лань»;
- <http://rucont.ru> - ЭБС «Рукопт» - межотраслевая научная библиотека, содержащая оцифрованные книги, периодические издания и отдельные статьи по всем отраслям знаний, а также аудио-, видео-, мультимедиа софт и многое другое;
- <http://ibooks.ru/> - ЭБС «Айбукс» - интернет ресурсы в свободном доступе;

VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория для проведения занятий. Для проведения занятий лекционного типа в качестве демонстрационного оборудования используется меловая доска. Наглядность обеспечивается путем изображения схем, диаграмм и формул с помощью мела. Использование глобальной компьютерной сети позволяет обеспечить доступность Интернет-ресурсов и реализовать самостоятельную работу студентов. На лекциях могут использоваться мультимедийные средства: проектор, переносной экран, ноутбук. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Материалы: учебно-методические пособия, задания для аудиторной и самостоятельной работы студентов.

VII. Образовательные технологии

Задачи изложения и изучения дисциплины реализуются в следующих формах деятельности:

- лекции, нацеленные на получение необходимой информации, и ее использование при решении практических задач;
- практические занятия, направленные на активизацию познавательной деятельности студентов и приобретения ими навыков решения практических и проблемных задач;
- консультации –еженедельно для всех желающих студентов;
- самостоятельная внеаудиторная работа направлена на приобретение навыков самостоятельного решения задач по дисциплине;
- текущий контроль за деятельностью студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях в ходе самостоятельного решения задач.

VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Фонд оценочных средств представлен в приложении.

Оценочные средства текущего контроля — задачи на практических занятиях.

Форма проведения промежуточной аттестации — экзамен.

Примеры задач

1. Найти поля, создаваемые движущимся в среде монополю.
2. Найти интенсивность черенковского излучения при движении монополя.

Примерный перечень вопросов и заданий к экзамену

1. Уравнения Максвелла в среде.
2. Интегральная форма уравнений Максвелла. Условия на границе двух сред.
3. Высокочастотные поля в среде. Общий вид материального уравнения.
4. Уравнения Максвелла в Фурье-представлении.
5. Свойства операторов диэлектрической проницаемости и проводимости.
6. Свободные электромагнитные волны в однородной среде.
7. Диссипация энергии волны.
8. Энергия и импульс электромагнитной волны в среде.
9. Естественная оптическая активность.
10. Электромагнитные волны в одноосном кристалле.
11. Эффект Керра.
12. Магнитно-оптические эффекты: Фарадея, Коттона-Мутона.
13. Свойства диэлектрической проницаемости.
14. Соотношения Крамерса-Кронига.
15. Оптические свойства газа осцилляторов.
16. Волны в средах с частотной дисперсией. Предвестник.
17. Проводник в высокочастотном электромагнитном поле. Скин-эффект.
18. Излучение при свободном движении частиц в среде: переходное, черенковское.
19. Уравнения идеальной гидродинамики.
20. Изэнтропическое течение. Закон Бернулли.
21. Поток энергии и импульса в жидкости.
22. Теорема Томсона. Потенциальное течение.
23. Гравитационные волны на поверхности.
24. Течение вязкой жидкости. Уравнение Навье-Стокса.
25. Закон подобия в гидродинамике. Число Рейнольдса.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше п.3:

1	При увеличении температуры воздуха с 300 К до 363 К скорость звука увеличится на	1) 10% 2) 15% 3) 20%
2	Первый инвариант девиатора тензора напряжений равен	1) -1 2) 0 3) +1
3	Касательное напряжение в ньютоновской жидкости пропорционально градиенту компоненты скорости в степени	1) 1 2) 2 3) 3
4	Если лежащий в лодке камень выбросить в воду, то уровень воды в водоеме	1) повысится 2) понизится 3) не изменится

Разработчики:  профессор кафедры теоретической физики А.Э. Растегин

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической физики «24» марта 2025 г.

Протокол №6 Зав. кафедрой  С.В. Ловцов

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.