

1 Цели и задачи изучения дисциплины.

1.1 Цель освоения дисциплины.

Основной целью дисциплины является ознакомление студентов с методами комплексного анализа для решения краевых задач механики сплошных сред.

1.2 Задачи дисциплины.

1. Обучить основам применения теории функций комплексной переменной для решения различных задач механики сплошных сред.
2. Привить навыки построения различных моделей задач механики сплошных сред.
3. Обучить практическим навыкам в использовании методов комплексного анализа.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Применение теории функций комплексного переменного к задачам физического содержания» относится к блоку Б.1 обязательной части учебного плана по направлению подготовки 01.05.01. Для успешного изучения дисциплины достаточно знаний и умений по аналитической геометрии и математическому анализу, дифференциальных уравнений, дифференциальной геометрии и топологии, уравнений с частными производными, вариационное исчисление и методы оптимизации. Полученные знания необходимы для написания выпускной квалификационной работы.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общепрофессиональных, профессиональных компетенций: УК-1, ПК-1.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	УК-1	способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	физическую постановку рассматриваемых задач и место, которое полуаналитические методы занимают в общем спектре подходов к их исследованию.	ориентироваться в современном состоянии механики сплошных сред и проблемах этой теории, допускающих замкнутое решение с использованием методов теории функций комплексного переменного	методами решения краевых задач механики сплошных сред, включая приближенные, с использованием аналитических функций

2.	ПК-1	способен формулировать и решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики	Основные методы и понятия теории аналитических функций	понять поставленную задачу, правильно выбрать метод её решения и применить его для решения задачи.	способностью использовать в познавательной и профессиональной деятельности навыки работы с информацией из различных источников.
----	------	--	--	--	---

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ с формой контроля в 7 семестре – зачет.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет: 4 зачетные единицы (144 часа, из них – 72,3 ч. контактной работы: лекционных 34 ч., лабораторных 34 ч., КСР 4 ч., ИКР 0,3 ч.; 35,7 ч. СР).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры (часы)
		7
Контактная работа, в том числе:	72,3	72,3
Аудиторные занятия (всего):	68	68
Занятия лекционного типа	34	34
Лабораторные занятия	34	34
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-
Иная контактная работа:	4,3	4,3
Контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3	0,3
Самостоятельная работа, в том числе:	36	36
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	10	10
Проработка учебного материала	26	26
Контроль:	35,7	35,7
Подготовка к текущему контролю	35,7	35,7
Общая трудоемкость	час.	144
	в том числе контактная работа	72,3
	зач. ед	4

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам (темам) дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№ раздела	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Лек	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7

1.	Математическое моделирование волновых процессов	14	4		4	6
2.	Базовые элементы теории функций комплексной переменной	12	4		4	4
3.	Интегральное преобразование Фурье	14	6		4	4
4.	Полосовой волновод, бегущие волны	18	6		6	6
5.	Асимптотика осциллирующих интегралов, объемные волны	24	8		8	8
	<i>Всего:</i>	22	6		8	8

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа.

№ раздела	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Математическое моделирование волновых процессов	Волновые уравнения и волны. Комплексная запись гармонических колебаний (амплитуда и фаза). Волновые характеристики (волновое число, фазовая и групповая скорость, дисперсия). Частотный спектр как аналитическая функция в комплексной плоскости частоты.	Устные опросы.
2	Базовые элементы теории функций комплексной переменной	Комплексная плоскость и аналитические функции (модуль и аргумент комплексного числа, дифференцирование комплексных функций, аналитическое продолжение). Ряд Лорана, полюса, вычеты, точки ветвления. Контурные интегралы, теорема Коши и ее практическое применение. Вариант леммы Жордана для осциллирующих интегралов. Обобщенные функции, их свойства и действия над ними.	Устные опросы.
3	Интегральное преобразование Фурье	Ряд и интеграл Фурье. Комплексная форма интегрального преобразования. Свойства трансформанты Фурье как аналитической функции комплексной переменной. Преобразование Фурье от производных и разрывных функций. Свертка, равенство Парсеваля. Особенности применения теории вычетов к вычислению контурных интегралов обратного преобразования Фурье (правило выбора направления замыкания контура). Кратное преобразование Фурье, преобразование Ханкеля.	Устные опросы.

4	Полосовой волновод, бегущие волны	Интегральное представление решения для полосового волновода. Функция Грина, свойства ее трансформанты Фурье в комплексной плоскости волнового числа. Выделение бегущих волн из интегрального представления с помощью теории вычетов. Условия излучения. Дисперсионное уравнение и дисперсионные кривые. Выбор контура интегрирования в соответствии с принципами Зоммерфельда, Мандельштама и предельного поглощения.	Устные опросы.
5	Асимптотика осциллирующих интегралов, объемные волны	Интегральное представление решения для полуплоскости. Метод Лапласа, метод перевала, метод стационарной фазы. Вклад стационарных точек и асимптотика объемных волн.	Устные опросы.

2.3.2 Занятия семинарского типа.

Не предусмотрены.

2.3.3 Лабораторные занятия. 7 семестр

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Математическое моделирование волновых процессов	Нестационарные и гармонических колебания, комплексная запись,. Связь волнового уравнения и уравнения Гельмгольца. Плоские, цилиндрические и сферические волны как собственные решения волнового уравнения; принцип суперпозиции, частотный спектр. Однородные и неоднородные волны. Задача об элементарном осцилляторе, затухающие колебания, комплексная частота.	Обсуждение домашних заданий. Контрольная работа 1.
2.	Базовые элементы теории функций комплексной переменной	Примеры на нахождение полюсов и разложение в ряд Лорана. Вычисление вычетов функции в однократных полюсах. Рекурсивный алгоритм вычисления вычетов в многократных полюсах. Задачи на вычисление интегралов с помощью теории вычетов. Многозначные функции, выделение однозначных ветвей, разрезы. Задачи на построение аналитического продолжения.	Обсуждение домашних заданий.

3.	Интегральное преобразование Фурье	Задачи на разложение заданных функций в ряд Фурье. Применение интегрального преобразования Фурье. Индивидуальные задания на вычисление контурных интегралов прямого и обратного преобразования Фурье с помощью теории вычетов. Примеры построения решения дифференциального уравнения с помощью преобразования Фурье.	Обсуждение домашних заданий. Защита результатов выполнения индивидуальных заданий
4.	Полосовой волновод, бегущие волны	Вывод функции Грина для однородного и многослойного волновода. Примеры и индивидуальные задания. Численные методы решения характеристического (дисперсионного) уравнения и вычисления вычетов; индивидуальные задания на построение дисперсионных кривых и применению теории вычетов для многослойных волноводов.	Обсуждение домашнего задания. Контрольная работа 2
	Асимптотика осциллирующих интегралов, объемные волны	Вывод доказательства леммы Ватсона и леммы Эрдейи; вклад стационарной точки. Вывод формулы метода стационарной фазы в одномерном случае; вывод асимптотического представления объемных волн в полуплоскости. Формулы метода стационарной фазы для кратных интегралов; асимптотическое представление объемных волн в полупространстве.	

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов) – курсовая работа не предусмотрена

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

7 семестр

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Математические модели жидкой среды.	[1]- [5] (из списка 5.1), или [1]-[4] (из списка 5.2)
2.	Базовые теоремы комплексного анализа.	[1]- [5] (из списка 5.1), или [1]-[4] (из списка 5.2)
3.	Конформные и квазиконформные отображения	[1]- [5] (из списка 5.1), или [1]-[4] (из списка 5.2)

4.	Качественные модели сверхзвуковых течений	[1]- [5] (из списка 5.1), или [1]-[4] (из списка 5.2)
----	---	---

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля. Для лиц с нарушениями слуха:
- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии.

При изучении данного курса не используются.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

Вопросы для устного опроса.

Математическое моделирование волновых процессов

1. Волновые уравнения и волны. Комплексная запись гармонических колебаний (амплитуда и фаза).
2. Волновые характеристики (волновое число, фазовая и групповая скорость, дисперсия).
3. Частотный спектр как аналитическая функция в комплексной плоскости частоты.

Базовые элементы теории функций комплексной переменной

1. Комплексная плоскость и аналитические функции (модуль и аргумент комплексного числа, дифференцирование комплексных функций, аналитическое продолжение).
2. Ряд Лорана, полюса, вычеты, точки ветвления.
3. Контурные интегралы, теорема Коши и ее практическое применение.
4. Вариант леммы Жордана для осциллирующих интегралов.
5. Обобщенные функции, их свойства и действия над ними.

Интегральное преобразование Фурье

1. Ряд и интеграл Фурье.
2. Комплексная форма интегрального преобразования.
3. Свойства трансформанты Фурье как аналитической функции комплексной

переменной.

4. Преобразование Фурье от производных и разрывных функций.
5. Свертка, равенство Парсеваля.
6. Особенности применения теории вычетов к вычислению контурных интегралов обратного преобразования Фурье (правило выбора направления замыкания контура).
7. Кратное преобразование Фурье, преобразование Ханкеля.

Полосовой волновод, бегущие волны

1. Интегральное представление решения для полосового волновода.
2. Функция Грина, свойства ее трансформанты Фурье в комплексной плоскости волнового числа.
3. Выделение бегущих волн из интегрального представления с помощью теории вычетов.
4. Условия излучения.
5. Дисперсионное уравнение и дисперсионные кривые.
6. Выбор контура интегрирования в соответствии с принципами Зоммерфельда, Мандельштама и предельного поглощения.

Асимптотика осциллирующих интегралов, объемные волны

1. Интегральное представление решения для полуплоскости.
2. Метод Лапласа, метод перевала, метод стационарной фазы.
3. Вклад стационарных точек и асимптотика объемных волн.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Вопросы к зачету

1. Понятие интегрального преобразования, интегральное преобразование Фурье.
2. Свойства преобразования Фурье.
3. Свойства трансформанты Фурье в комплексной плоскости.
4. Обобщенные функции, их свойства и действия над ними.
5. Равенство Парсеваля.
6. Преобразование Фурье производных.
7. Преобразование Фурье производных разрывных функций.
8. Построение частных решений дифференциальных уравнений с помощью преобразования Фурье.
9. Элементы ТФКП (аналитические функции, контурные интегралы, вычеты).
10. Ряд Лорана, вычет в многократном полюсе.
11. Лемма Жордана и замыкание контура интегрирования в обратном преобразовании Фурье.
12. Использование теоремы Коши для обращения преобразования Фурье.
13. Примеры прямого и обратного преобразования Фурье элементарных функций (первое задание).
14. Общая схема решения модельной задачи о полосовом волноводе.
15. Условия излучения, выбор контура интегрирования и ветвей радикалов.
16. Представление решения модельной задачи в виде суммы вычетов, волновая структура решения.
17. Построение фундаментального решения волнового уравнения с помощью преобразования Фурье.
18. Общая схема решения модельной задачи для многослойного полосового волновода (второе задание).
19. Асимптотические методы
20. Лемма Ватсона, лемма Эрдейи
21. Асимптотика объемных волн

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа. Для лиц с нарушениями слуха:
- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).

5.1 Основная литература:

1. Свешников, А.Г. Теория функций комплексной переменной [Электронный ресурс] : учебник / А.Г. Свешников, А.Н. Тихонов ; под ред. Ильина В.А.. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2010. — 336 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48167>. — Загл. с экрана.

2. Сикорский, Ю.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения / Ю.С. Сикорский ; ред. С.Г. Михлина. - Москва; Ленинград : Гос. изд-во техн.-теорет. лит., 1940. - 157 с. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=132734> .

3. Ильин, А.М. Уравнения математической физики [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.М. Ильин. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2009. — 192 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2181>. — Загл. с экрана.

4. Романко, В.К. Курс дифференциальных уравнений и вариационного исчисления [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.К. Романко. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. — 347 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/70785>. — Загл. с экрана.

5. Бибииков, Ю.Н. Курс обыкновенных дифференциальных уравнений [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.Н. Бибииков. — Электрон. дан. — Санкт- Петербург : Лань, 2011. — 304 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1542>. — Загл. с экрана.

5.2 Дополнительная литература:

1. Выгодский, М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. - Изд. 12-

е., стереотип. - Москва : Наука, 1977. - 873 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459821>

2. Лаврентьев, М.А. Методы теории функций комплексного переменного : учебное пособие / М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат. - Изд. 3-е, испр. - Москва : Наука, 1965. - 716 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. -

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=464237>

3. Волковыский, Л.И. Сборник задач по теории функций комплексного переменного [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.И. Волковыский, Г.Л. Лунц, И.Г. Араманович. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2006. — 312 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2763>. — Загл. с экрана.

4. Гахов, Ф.Д. Краевые задачи / Ф.Д. Гахов. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - Москва : Наука, 1977. - 640 с. : ил. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=464227>

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань» и «Юрайт».

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

сети

Fluid dynamics - http://en.wikipedia.org/wiki/Fluid_dynamics Гидродинамика -

<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%Гидродинамика> - http://old.kpfu.ru/f5/bin_files/posob1.pdf

Образовательный математический сайт - <http://www.exponenta.ru/>

Теоретическая физика: Учебное пособие для вузов. В 10 т. Т. VI. Гидродинамика - <http://www.knigafund.ru/books/87564>

Численное решение краевых задач -

http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=paper&jrnid=sm&paperid=4873&option_lang=rus

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Самостоятельная работа студента является необходимой и крайне важной при изучении любого теоретического или практического учебного курса и должна быть правильно организована. Прежде всего, необходимо, чтобы эта работа была систематической и регулярной. Самостоятельная работа делится между теоретической частью курса и практической, но это деление не носит формального характера, поскольку решение практических задач предусматривает знание основных теоретических понятий и методов, а теоретические знания в свою очередь не могут усваиваться без практической работы с теоретическими конструкциями.

При подготовке к практическому занятию студенту целесообразно познакомиться сначала с теоретическими понятиями, относящимися к данному разделу, чтобы уяснить для себя смысловую часть работы. Для этого рекомендуется прочитать лекции или учебники, в которых освещаются соответствующие вопросы. Естественно, студенту необязательно использовать лишь литературу, указанную в библиографии, но на начальных стадиях изучения материала это делать желательно. Со временем расширение использования литературных источников можно лишь приветствовать. Перед решением домашних задач студенту целесообразно познакомиться сначала с содержанием предыдущего занятия, уяснить для себя методы решения задач рассматриваемого типа. При этом у студента естественно возникают затруднения и вопросы, которые он может

здать преподавателю на следующем практическом занятии. Любое практическое занятие начинается с разборов вопросов и затруднений по домашнему заданию. Форма практических занятий, особенно занятий лабораторных, предусматривает диалог между студентами и преподавателем. Практика показывает, что студенты охотно прибегают к прямому диалогу с преподавателем и умеют извлечь для себя пользу из соответствующего диалога. Каждая большая тема заканчивается итоговой контрольной работой с выставлением оценки. Студент должен получить по каждой контрольной работе хотя бы удовлетворительную оценку, иначе он получает дополнительное задание с обязательным условием отработки неудовлетворительной оценки по соответствующей контрольной работе. Эти отработки принимаются преподавателем, ведущим практические занятия в течение всего семестра.

На зачете студенту предлагается билет с двумя теоретическими вопросами. По получении билета студент имеет возможность в течение 15 минут почитать конспект своих лекций, после чего в течение тридцати минут он должен письменно изложить теоретический материал по билету. Практика показывает, что студент, не изучавший материал, не может действительно воспользоваться лекциями при подготовке к письменному ответу. Наоборот, даже сильному студенту трудно изложить теоретический материал без предварительного просмотра материала в течение 15 минут перед письменным ответом.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

8.1 Перечень информационных технологий.

1. Мультимедиа и коммуникационные технологии.
2. Элементы дистанционных технологий.
3. Мировые информационные образовательные ресурсы.
4. Аудиовизуальные и интерактивные средства обучения.
5. Мобильное обучение.
6. Облачные технологии.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

- MS Office: MS Word, MS Excel, MS PowerPoint
- Matlab
- Fortran

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотечная система издательства «Лань» – тематические коллекции (<http://e.lanbook.com>)
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» – базовая коллекция (www.biblioclub.ru)

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, специально оборудованная мультимедийными демонстрационными комплексами, учебной мебелью
2.	Лабораторные занятия	Помещение для проведения лабораторных занятий

		оснащенное учебной мебелью, доской маркером или мелом
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Помещение для проведения групповых (индивидуальных) консультаций, учебной мебелью, доской маркером или мелом
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Помещение для проведения текущей и промежуточной аттестации, оснащенное учебной мебелью.
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета