

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**КАФЕДРА ФИЗИКИ НЕРАВНОВЕСНЫХ ПРОЦЕССОВ МЕТРОЛОГИИ И
ЭКОЛОГИИ им. И.Л. ПОВХА**

УТВЕРЖДАЮ:

проректор по научно-методической

и учебной работе

Е.И. Скафа

«22» апреля 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Механика гетерогенных потоков»

название учебной дисциплины

Направление подготовки: 16.04.01 Техническая физика

Магистерская программа:

Образовательная программа: академическая магистратура

Квалификация: магистр

Форма обучения: очная, заочная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана физико - технического
факультета



С.А. Фоменко

подпись

«17» апреля 2020 г.

МП

Программа учебной дисциплины «Механика гетерогенных потоков» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования направления подготовки 16.04.01 Техническая физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «21» ноября 2014 г. № 1486;

на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики (ГОС ВПО ДНР) направления подготовки 16.04.01 Техническая физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от «16» мая 2019 г. №640;

Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.;

учебного плана и основной образовательной программы магистратуры, направления подготовки 16.04.01 Техническая физика, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Профессор кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И.Л. Повха

Недопекин Ф.В.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И.Л. Повха

Протокол №17 от «02» апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой

Белоусов В.В.

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 5 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической
комиссии физико-технического факультета

Котенко В.Н.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Дисциплина «Дополнительные Механика гетерогенных потоков» является частью учебного плана по подготовке студентов-магистров по специальности «Техническая физика».

Основу данной дисциплины включают знания по дисциплинам, которые были получены студентом ранее в университете такие как: «Высшая математика», «Физика», «Химия», «Математическая физика», «Процессы переноса в сплошных средах», «Численные методы технической физики».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при изучении последующих дисциплин учебного плана и прохождении государственной итоговой аттестации.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Характеристика учебной дисциплины	очная форма обучения на базе		заочная форма обучения на базе		
	ОСО*	СПО (ускор.)*	ОСО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)*
Уровень высшего профессионального образования	Магистратура				
Образовательно-квалификационный уровень	Магистр				
Направления подготовки	16.04.01 «Техническая физика»				
Количество содержательных модулей (тем)	3(14)				
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы ¹	Дисциплина базовой части				
Формы контроля	Зачет и модульный контроль в 2 семестре				
Показатели	очная форма обучения на базе		заочная форма обучения на базе		
	ОСО*	СПО (ускор.)*	ОСО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)*
Год начала подготовки	2020				
Семестр	2				
Количество зачетных единиц (кредитов)	4				
Количество часов, в т.ч.	144				
- лекционных	14				
Показатели	очная форма обучения на базе		заочная форма обучения на базе		
	ОСО*	СПО (ускор.)*	ОСО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)*
- практических, семинарских	14				
- лабораторных	14				
- самостоятельной работы	102				
в т.ч. индивидуальное задание					
Недельное количество часов, в т.ч.					

аудиторных	42							
------------	----	--	--	--	--	--	--	--

Примечание: * - ОСО - общее среднее образование, СПО - среднее профессиональное образование,
ВПО - высшее профессиональное образование,
¹ - в соответствии с ООП (основной образовательной программой)

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи: сформировать у будущих специалистов начальные теоретические знания и представления в области математического моделирования тепловых процессов в неоднородных сплошных средах, с наличием фазовых и химических превращений. Основное внимание уделяется общим подходам к описанию основных рассматриваемых процессов, постановкам задач и физической интерпретации математических элементов моделей. Общей стратегической целью в процессе обучения является совершенствование навыков исследовательской деятельности в прикладных задачах, работы с научной литературой и разнообразными информационными источниками с привлечением новых информационных технологий.

Основные задачи дисциплины:

- знать методы описания движения сплошных сред Эйлера и Лагранжа, находящихся в различном агрегатном состоянии;
- знать различные типы внутренних связей в гетерогенных средах как континуальных механических системах и методы их задания;
- знать методы описания движения сплошных сред;
- знать основы геометрического подхода к описанию свойств сплошной среды с внутренними структурами различного типа;
- знать методы редукции сложных моделей гетерогенных сред к упрощенным инженерным моделям.

Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по вышеуказанному направлению подготовки (профилю):

-общекультурных (ОК): способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-2); готовностью к активному общению в научной, производственной и социально-общественной сферах деятельности, способностью свободно пользоваться государственным и иностранным языками как средством делового общения (ОК-3); способностью к организации научно-исследовательских и научно-производственных работ и управлению коллективом, готовностью оценивать качество результатов деятельности (ОК-4); готовностью действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения (ОК-5); способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности (ОК-6).

-общепрофессиональных (ОПК): способностью к профессиональной эксплуатации современного научного и технологического оборудования и приборов (в соответствии с целями программы магистратуры) (ОПК-1); способностью демонстрировать и использовать углубленные теоретические и практические знания фундаментальных и прикладных наук (ОПК-2); способностью осуществлять научный поиск и разработку новых перспективных подходов и методов к решению профессиональных задач, готовность к профессиональному росту

(ОПК-5).

- **профессиональных (ПК):** применению физических методов теоретического и экспериментального исследования, методов математического анализа и моделирования для создания инновационных принципов, постановок задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий (ПК-1);

критическому анализу современных проблем технической физики, поставлению задачи и разработки программы исследования, выбору адекватных способов и методов решения экспериментальных и теоретических задач, интерпретации, представлению и применению полученных результатов (ПК-5);

самостоятельному выполнению физико-технических научных исследований для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств (ПК-6);

освоению и применению современных физико-математических методов и методов искусственного интеллекта для решения профессиональных задач, составлению практических рекомендаций по использованию полученных результатов (ПК-7);

представлению результатов исследования в формах отчетов, рефератов, публикаций и презентаций (ПК-8).

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- основные элементы моделей механики многофазных сред;
- базовые физические законы рассматриваемых процессов;
- основные факты и положения для элементов модели;
- постановку начальных и краевых условий для полученных моделей;

уметь:

- формировать математическую модель в рамках рассматриваемых явлений;
- формулировать дополнительные условия в модели;
- определять область применимости данной модели;
- проводить упрощение в модели с целью первичного анализа;
- рассмотреть простейший вариант прикладной задачи, решаемой данной моделью;
- работать с литературой и использовать современные информационные технологии

владеть:

- навыками исследования и анализа задач для простейших прикладных задач;
- математическим аппаратом уравнений в частных производных, методами анализа корректности полученных задач.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
	Содержательный модуль 1 Начальные понятия механики гетерогенных потоков (МГП).
Тема 1. Основные сведения из тензорного анализа. Начальные понятия механики гетерогенных потоков (МГП).	Векторные пространства и пространства линейных функций. Базисные векторы. Координаты векторов. Ковариантный и контравариантный законы преобразования. Прямое произведение. Тензоры высшего ранга. Скалярное произведение. Метрический тензор. Дискриминантный тензор. Векторное произведение. Коэффициенты связности.

	Символы Кристоффеля. Ковариантная производная. Основные дифференциальные операторы над тензорами. Понятие сплошной среды. Гетерогенные и гомогенные среды. Связь тензора скоростей деформаций и тензора напряжений. Тензор моментов. Условия совместности в МГП. Обратимые процессы. Определяющие соотношения. Вязкая жидкость. Лагранжев и Гамильтонов подход в МГП.
Тема 2. Основные законы механики гетерогенных потоков. Условия совместности и несовместности в механике гетерогенных потоков.	Модели неоднородной вязкой несжимаемой жидкости с диффузией. Постановка задач. Примеры. Обобщение вариационного метода Лагранжа, метод Л.И. Седова. Необратимые процессы в МГП. Осреднение в МГП. Методы построения функции Гамильтона для неконсервативных систем. Уравнения Лиувилля и Остроградского-Гамильтона-Якоби. Евклидово и риманово пространства. Тензор Римана-Кристоффеля. Тензор Риччи. Гомогенная среда как область евклидова пространства. Условия совместности конечных и малых деформаций как условия отсутствия кривизны пространства. Условия несовместности деформаций. Тензор плотности дислокаций и его связь с тензором кривизны пространства. Условия совместности и несовместности как внутренние связи 3 рода.
Тема 3. Замыкающие соотношения и некоторые виды моделей.	О проблеме замыкания моделей механики гетерогенных сред. Модель движения двухкомпонентной среды. Движение твердых частиц в вязкой жидкости. Движение вязких капель в газе.
Тема 4. Деформированное состояние сплошной среды	Начальный и актуальный векторные базисы. Градиенты места. Меры деформации Коши-Грина, Альманси, Фингера и им обратные. Метрический тензор сплошной среды. Тензоры деформации Грина и Альманси. Тензор дисторсии. Шаровой тензор и девиатор тензора деформации. Относительное удлинение и угловая деформация. Объемное расширение и ориентированная площадка. Тензор вращения и вектор вращения в точке сплошной среды.
	Содержательный модуль 2 Деформации. Тензоры напряжений.
Тема 5. Связь тензоров деформации и вектора перемещения. Скорости деформаций.	Инварианты тензоров деформации. Связь тензоров деформации и вектора перемещения. Условия интегрируемости поля тензора деформации. Уравнения совместности деформаций. Определение поля вектора перемещения по полю тензора деформации. Формула Чезаро. Тензор малых деформаций. Геометрический смысл компонентов тензоров

	<p>деформаций. Соотношения Коши линейно деформируемой среды. Тензор скоростей деформаций. Вихрь поля. Соотношения Стокса. Кинематический смысл компонент тензора скоростей деформаций. Связь тензора скоростей деформаций с тензором деформаций и вектором скорости. Тензор скоростей малых деформаций. Инварианты тензоров скоростей деформаций. Материальные производные по времени от элементов разной размерности. Материальные производные по времени от интегральных величин. Тензор напряжений в эйлеровых переменных. Механический смысл компонентов тензора напряжений. Тензор истинных напряжений Коши. Тензоры напряжения Пиолы и Кирхгоффа. Энергетический тензор напряжения. Симметрия тензора Коши. Несимметрия тензора напряжений Коссера. Тензор моментов. Инварианты тензора напряжений. Главные напряжения и главные площадки. Шаровой тензор и девиатор напряжений.</p>
	<p>Содержательный модуль 3 Механика сплошных сред</p>
<p>Тема 6. Вариационные принципы механики систем с внутренними связями.</p>	<p>Вариационный подход к описанию движения сплошной среды. Работа поля сил. Вариационные принципы Лагранжа, Даламбера-Лагранжа, Журдена, наименьшего принуждения по Гауссу, Гамильтона-Остроградского. Различие постановки задач для свободных систем и систем с внутренними связями. Вариационная задача нахождения условного экстремума функционала. Метод множителей Лагранжа.</p>
<p>Тема 7. Реакции внутренних связей в сплошной среде. Тензор напряжений. Уравнения движения сплошной среды.</p>	<p>Вариационная постановка задачи описания движения сплошной среды в переменных 1 или 2 рода. Тензор множителей Лагранжа как мера реакций внутренних связей в сплошной среде. Уравнения движения сплошной среды относительно различных тензоров напряжения. Теоремы об изменении количества движения и момента количества движения. Уравнение неразрывности. Постановка начально-краевой задачи. Тензор кинетических напряжений.</p>

<p>Тема 8. Определяющие соотношения в механике сплошных сред</p>	<p>Незамкнутость континуальных механических систем. Понятие об определяющих параметрах. Пространство состояний сплошной среды. Полная и внутренняя энергия системы. Первый закон термодинамики. Закон сохранения энергии. Энтропия. Второй закон термодинамики. Уравнение притока тепла. Неравенство Клаузиуса-Дюгема. Обратимые процессы. Диссипативная функция.</p>
<p>Тема 9. Замкнутые системы механики сплошных сред. Обратимые процессы</p>	<p>Определяющие соотношения. Замкнутые системы механики сплошной среды. Идеальная жидкость. Уравнение Бернулли. Циркуляция. Потенциальное течение. Вязкая жидкость. Тензор вязких напряжений. Баротропные течения. Стоксовы жидкости. Ньютоновы жидкости. Уравнения Навье-Стокса-Дюгема. Структурные модели континуумов. Основные реологические элементы и методы их комбинирования.</p>
<p>Тема 10. Лагранжева механика сплошных сред. Уравнения Лагранжа 2 рода</p>	<p>Уравнения Лагранжа 2 рода в переменных поля 1 и 2 рода. Выражение компонентов тензора кинетических напряжений через плотность функции Лагранжа. Определение реакций связей 3 и 4 рода. Континуальная теория дислокаций. Уравнения Лагранжа 2 рода в переменных 3 рода и их приложение к теориям дислокаций и пластических деформаций. Линеаризация уравнений в переменных 3 и 4 рода.</p>
<p>Тема 11. Гамильтонова механика сплошных сред. Квазиканонические уравнения Гамильтона</p>	<p>Метод Гамильтона описания движения механических систем. Тензор энергии-импульса и тензор плотности функции Гамильтона. Функция Гамильтона – де Дондера и функция Каратеодори. Плотность обобщенных импульсов и их физический смысл. Квазиканонические уравнения движения элемента сплошной среды и их вывод на основе принципа Гамильтона-Остроградского. Постановка начально-краевых задач. Естественные краевые условия.</p>
<p>Тема 12. Понятие о геометрической механике. Модель среды с источниками внутренних напряжений</p>	<p>Геометрия деформируемой сплошной гетерогенной среды как геометрия пространства с кривизной. Связь механики гетерогенных сред и общей теории относительности. Напряжения, порождаемые кривизной. Постановка начально-краевой задачи движения сплошной среды относительно тензора энергии-импульса. Условия сохранения энергии-импульсов. Механика сплошной среды с внутренними источниками напряжений.</p>

<p>Тема 13. Общий подход к построению математических моделей гетерогенных сред со сложными свойствами</p>	<p>Математические модели сложных механических систем и их построение на основе введения дополнительных степеней свободы и уравнений внутренних связей. Обобщение вариационного принципа Лагранжа. Метод Л. И. Седова и его применение к моделированию сплошной среды. Градиентные модели континуумов со сложными свойствами. Негладкие модели. Условия на разрывах.</p>
<p>Тема 14. Применение Гамильтонова подхода</p>	<p>Формализм Гамильтона – де Дондера – Вайля. Формализм Гамильтона – Каратеодори. Уравнение Лиувилля. Уравнения Остроградского – Гамильтона – Якоби в форме де Дондера – Вайля и Каратеодори. Метод Гамильтона – Якоби в механике континуума. Каноническое преобразование Хёльдера и канонические уравнения континуальной системы. Понятие о формализме Намбу и его приложении к механике систем со связями. Методы построения плотности функции Гамильтона для неконсервативных систем. Виды непотенциальных сил. Гироскопические силы. Понятие об отрицательном трении и отрицательном времени в непотенциальных системах. Уравнения Лиувилля для непотенциальных систем. Связь решений уравнений Лиувилля и Остроградского – Гамильтона – Якоби.</p>

	Содержательный модуль 1																						
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов																						
	Очная форма						Заочная форма																
							на базе общего среднего образования					на базе среднего профессионального образования					на базе высшего профессионального образования						
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
лекции		практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа	лекции		практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа	лекции		практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа	лекции		практические	самостоятельная работа	индивидуальная работа	
Тема 1. Основные сведения из тензорного анализа. Начальные понятия механики гетерогенных потоков (МГП).	10	1	1	1	7																		
Тема 2. Основные законы механики гетерогенных потоков. Условия совместности и несовместности в механике гетерогенных потоков.	10	1	1	1	7																		
Тема 3. Замыкающие соотношения и некоторые виды моделей.	10	1	1	1	7																		
Тема 4. Деформированное состояние сплошной среды	10	1	1	1	7																		
Итого по 1-му содержательному модулю	40	4	4	4	28																		

	Содержательный модуль 2																						
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов																						
	Очная форма						Заочная форма																
							на базе общего среднего образования					на базе среднего профессионального образования					на базе высшего профессионального образования						
	всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.			
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 5. Связь тензоров деформации и вектора перемещения. Скорости деформаций.	14	1	1	1	11																		
Итого по 2-му содержательному модулю	14	1	1	1	11																		

Название содержательных модулей и тем	Содержательный модуль 3																						
	Количество часов																						
	Очная форма						Заочная форма																
	всего	В.Т.Ч.					всего	В.Т.Ч.					всего	В.Т.Ч.					всего	В.Т.Ч.			
лекции		практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа	лекции		практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа	лекции		практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа	лекции		практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 6. Вариационные принципы механики систем с внутренними связями.	10	1	1	1	7																		
Тема 7. Реакции внутренних связей в сплошной среде. Тензор напряжений. Уравнения движения сплошной среды.	10	1	1	1	7																		
Тема 8. Определяющие соотношения в механике сплошных сред	10	1	1	1	7																		
Тема 9. Замкнутые системы механики сплошных сред. Обратимые процессы	10	1	1	1	7																		
Тема 10. Лагранжева механика сплошных сред. Уравнения Лагранжа 2 рода	10	1	1	1	7																		

Название содержательных модулей и тем	Содержательный модуль 3																							
	Количество часов																							
	Очная форма						Заочная форма																	
	всего	В.Т.Ч.					всего	В.Т.Ч.					всего	В.Т.Ч.					всего	В.Т.Ч.				
лекции		практич	лаборат	орные	самосто	ятельная		ндивиду	альная	лекции	практич	лаборат		самосто	ятельная	ндивиду	альная	лекции		практич	лаборат	самосто	ятельная	ндивиду
Тема 11. Гамильтонова механика сплошных сред. Квазиканонические уравнения Гамильтона	10	1	1	1	7																			
Тема 12. Понятие о геометрической механике. Модель среды с источниками внутренних напряжений	10	1	1	1	7																			
Тема 13. Общий подход к построению математических моделей гетерогенных сред со сложными свойствами	10	1	1	1	7																			
Тема 14. Применение Гамильтонова подхода	10	1	1	1	7																			
Итого по 3-му содержательному модулю	90	9	9	9	63																			

6. Темы семинарских занятий

Семинарские занятия не предусмотрены

7. Темы практических занятий.

1. Основы тензорной алгебры. Метрический тензор.
2. Основы тензорного анализа. Ковариантное дифференцирование.
3. Закон движения, вектора перемещения, скорости и ускорения сплошной среды. Эквивалентность подходов по Эйлеру и Лагранжу.
4. Тензоры деформаций Грина и Альманси. Малые деформации. Геометрический смысл компонент тензоров деформаций.
5. Компоненты вектора напряжения. Тензор напряжений. Инварианты тензора напряжений. Главные напряжения и главные площадки.
6. Уравнения движения среды Коши. Уравнения движения среды Коссера.
7. Уравнения движения сплошной среды с сохраняющимися дислокациями.
8. Применение гамильтоновой механики сплошной среды к описанию волнового движения в одномерных системах.
9. Уравнения течения двухкомпонентной сплошной среды

8. Темы лабораторных занятий.

1. Определение плотности жидкого вещества. Обтекание круглого цилиндра.
2. Потеря напора при внезапном расширении канала прямоугольного сечения.
3. Определение режима течения жидкости. Изучение течения в диффузорах. Потеря напора при внезапном сужении канала прямоугольного сечения.
4. Профили скорости на начальном и стабилизированном участках течения в пограничном слое.
5. Изучение поля скоростей: потери напора по длине в круглой трубе.
6. Изучение поля скоростей: профили скорости на начальном и стабилизированном участках течения в трубе.
7. Моделирование термогравитационной конвекции в жидком ядре затвердевающего слитка.
8. Расчет уравнений баланса для макроточки двухфазной зоны, неразрывности, теплопереноса, массопереноса, переноса вихря скорости и фильтрации в двухфазной зоне.

9. Самостоятельная работа.

Самостоятельная работа студентов по курсу «Дополнительные главы физико-химической гидродинамики» предусматривает:

- систематическое посещение лекционных занятий, ведение конспекта лекций;
- повседневное изучение лекционного материала и содержания технической литературы, рекомендуемые этой программой и рабочим учебным планом;
- добросовестную подготовку к лабораторным занятиям;
- своевременное и качественное оформление отчётов по лабораторным работам.

Темы для дополнительной самостоятельной работы:

1. Соответствие между моделями механики системы материальных точек и механики сплошной среды.

2. Идеальные и неидеальные, голономные и неголономные связи. Внутренние связи 1, 2, 3, 4 рода.
3. Связи вектора перемещения и тензора деформации, вектора скорости и тензора скоростей деформаций как внутренние связи 1 и 2 рода.
4. Различные формулировки уравнений внутренних связей.
5. Неидеальность внутренних связей в сплошной среде.
6. Евклидово и риманово пространства.
7. Тензор Римана-Кристоффеля.
8. Тензор Риччи. Γ
9. Гомогенная среда как область евклидова пространства.
10. Условия совместности конечных и малых деформаций как условия отсутствия кривизны пространства.
11. Условия несовместности деформаций.
12. Тензор плотности дислокаций и его связь с тензором кривизны пространства.
13. Условия совместности и несовместности как внутренние связи 3 рода.

10. Индивидуальные задания.

Индивидуальные задания не предусмотрены

11. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

1. Способы описания деформации сплошного тела. Тензоры деформации.
2. Соотношения Коши, соотношения совместности Папковича и Сен-Венана, свободные и стесненные деформации. Кинематические модели сред теории упругости, сред с полями дефектов, градиентной упругости.
3. Определяющие соотношения, тензор напряжений, тензоры модулей упругости четвертого ранга.
4. Вариационные методы построения моделей адгезионных взаимодействий. Принцип возможных перемещений, вариационный принцип Лагранжа, вариационно-кинематический принцип. Вариационные модели теории адгезионных взаимодействий.
8. Обобщенная модель Лапласа – Янга. Структура модулей упругости в модели «идеальной» теории
5. Краевые задачи теории упругости, уравнения Ламе, Краевые задачи градиентной упругости, неклассические краевые задачи в теории адгезии Лапласа Янга. Теорема Нейбера- Папковича, обобщение теоремы Нейбера- Папковича для градиентной упругости и теории адгезии.
6. Краевые задачи для гармонических задач, неклассические краевые задачи адгезии.
7. Краевые задачи теории адгезии для бигармонического уравнения.
8. Трехмерные краевые задачи теории упругости с адгезионными краевыми условиями.
9. Методы математического анализа, математической физики и спектрального анализа, метод разделения переменных, интегральное преобразование Гильберта, интегральное преобразование Фурье.
10. Метод осреднения в механике композитов. Энергетические методы, метод Эшелби трех фаз, асимптотический метод осреднения.
11. Эффективные свойства наполненных композитов, масштабные эффекты, эффект «насыщения».
12. Градиентная термоупругость и теплопроводность. Адгезионные модели и эффект Капицы
13. Адгезионные эффекты в теории тонких пленок и пластин.

12. Образец экзаменационного билета



Минобрнауки ДНР
ГООУ ВПО «Донецкий национальный университет»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

по дисциплине: Механика гетерогенных потоков

Содержание билета

1. Краевые задачи для гармонических задач, неклассические краевые задачи адгезии.
2. Эффективные свойства наполненных композитов, масштабные эффекты, эффект «насыщения».

Составил: _____ /
« ____ » _____ 200 ____ г.

/ Утверждаю:
Зав.кафедрой: _____ /

13. Образец тестового задания (при наличии)

14. Критерии оценивания (разрабатываются и утверждаются кафедрой)

Оценка по 100-балльной шкале, которая действует в ДОНУ	По шкале ECTS	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет, зачёт)	Определение
90–100	A	«Отлично» (5) (зачтено)	отлично – отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
80–89	B	«Хорошо» (4) (зачтено)	хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%)
75–79	C		хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%)
70–74	D	«Удовлетворительно» (3) (зачтено)	удовлетворительно – неплохо, но со значительным количеством недостатков
60–69	E		достаточно – выполнение удовлетворяет минимальные критерии

35–59	FX	«Неудовлетворительно» с возможностью повторной аттестации (2) (не зачтено)	неудовлетворительно – надо поработать над тем, как получить положительную оценку
0-34	F	2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов

15. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

15.1.1. Перечень наглядных пособий:

Процессы переноса импульса, энергии и массы в сплошных средах

Основы механики сплошных сред

16. Оборудование

16.1. Большая аэродинамическая труба АТ-5

16.2. Малая аэродинамическая труба замкнутого типа с открытой рабочей частью

16.3. Аэродинамический стенд для градуировки пневматических измерителей скорости и термоанемометров при различных температурах и градуировки термопар

16.4. Горизонтальная разомкнутая аэродинамическая труба

16.5. Замкнутая аэродинамическая труба с частотным регулятором

16.6. Измерители давления ММН-240, МКВ-250

16.7. Термоанемометры: а) с нагретой нитью; б) с термистерным преобразователем для измерения средней скорости, средней температуры, пульсации скорости и пульсации температуры

16.8. Пневматические измерители скорости и векторы скорости в плоском и трехмерном: напорные трубки Пито-Прандтля, цилиндрические и шаровые зонды

16.9. Установка для измерения коэффициента температуропроводности твердых материалов

16.10. Установка для измерений температур структурно-фазового перехода

17. Рекомендованная литература

Основная:

1. Недопекин, Ф. В. Процессы переноса импульса, энергии и массы в сплошных средах : учеб. пособие / Ф. В. Недопекин ; Донецкий нац. ун-т. - Донецк : ДонНУ, 2013. - 461 с.
2. Недопекин, Ф. В. Процессы переноса импульса, энергии и массы в сплошных средах : учеб. пособие / Ф. В. Недопекин ; Донецкий нац. ун-т. - Изд. 2-е. - Донецк: ДонНУ, 2013. - 421 с.

Дополнительная:

1. Недопекин Ф.В. Физико-химическая гидродинамика. Раздел "Теплоперенос" (текст лекций). - Донецк: ДонГУ, 1990 – 103 с.
2. Недопекин Ф.В. Теория тепломассопереноса (уч.пособие). - Донецк: ДонГУ, 1991 – 172 с.
3. Недопекин Ф.В., Ступин А.Б. Статистическая теория неравновесных процессов (текст лекций). - Донецк: ДонГУ, 1994 – 59 с.
4. Недопекин Ф.В., Ступин А.Б. Феноменологическая теория неравновесных процессов. - Донецк: ДонГУ, 1997 – 57 с.

5. Недопекин Ф.В., Ступин А.Б., Фиошин Н.В. Экологическая гидродинамика: Учебное пособие. - Донецк: ДонНУ, 2001. – 143 с.
6. Недопекин Ф.В. Физико-химическая гидродинамика: Учебное пособие. - Донецк: УкрНТЭК, 2002. – 106 с.
7. Недопекин Ф.В. Основы гидравлики и теплотехники: учебное пособие. - Донецк: ДонНУ, 2002. – 221 с.
8. Недопекин Ф.В., Калюжный Г.С., Коваленко А.А., Соколов В.И. Диффузионные процессы в стационарных газовых потоках: Учебное пособие. - Луганск: Из-во Восточноукраинского национального университета им. В. Даля, 2004. – 160 с.
9. Недопекин Ф.В., Ступин А.Б. Феноменологическая теория неравновесных процессов. - Донецк: ДонНУ, 2006. – 119 с.
10. Недопекин Ф.В. Теория тепломассопереноса: учебное пособие. (Издание второе, дополненное и переработанное). - Донецк: ДонНУ, 2007. – 174 с.
11. Недопекин Ф.В., Калюжный Г.С., Коваленко А.О., Соколов В.И., Андрийчук М.Д. Диффузионные процессы в стационарных газовых потоках: Учебное пособие. (Издание второе, дополненное и переработанное). - Луганск: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2007. – 224 с.
12. Недопекин Ф.В., Лейбензон В.А., Пилюшенко В.Л., Кондратенко В.М., Белоусов В.В., Хрычиков В.Е., Дмитриев Ю.В. Затвердевание металлов и металлических композиций (учебник для ВУЗов под грифом МОН Украины). - Киев: Наукова думка НАН Украины 2009. – 411 с.
13. Недопекин Ф.В., Лейбензон В.О., Пілюшенко В.Л., Кондратенко В.М., Хричиков В.Е., Білоусов В.В. Твердіння металів і металевих композицій / Підручник для ВНЗ під грифом МОН України. Видання друге, доопрацьоване. - Київ: Наукова думка НАН України, 2009. – 448 с.
14. Недопекин Ф.В., Грес О.В., Огурцов А.П. Дослідження, моделювання та оптимізація ливарних систем: навчальний посібник під грифом МОН України. - Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2012. – 287 с.
15. Недопекин Ф.В. Процессы переноса импульса, энергии и массы в сплошных средах. - Донецк: ДонНУ, 2013. - 462 с.
16. Недопекин Ф.В., Гинкул С.И., Новикова Е.В. Теоретические и прикладные аспекты теплопереноса. - Донецк: ДонНУ, 2013. - 321 с.
17. Недопекин, Ф. В. Процессы переноса импульса, энергии и массы в сплошных средах [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов, магистров специальности "Физика", "Компьютерная аэрогидродинамика и теплофизика" / Ф. В. Недопекин ; Донецкий нац. ун-т, каф. ФНПМиЭ им. И. Л. Повха. - Изд. 2-е. - Донецк : ДонНУ, 2013. - электрон. дан. (1 файл).
18. Недопекин Ф.В., Коваленко А.А., Соколов В.И., Андрейчук Н.Д., Гусенцова Я.А. Основы механики сплошных сред: учебное пособие под грифом МОН Украины. - Луганск: Изд-во ВНУ им В. Даля, 2010. – 277 с.

18. Информационные ресурсы

19. Программное обеспечение (при наличии)

Для каждой конкретной дисциплины в разделе «Тематический план изучения дисциплины» не обязательно наличие всех подразделов, так как могут быть предусмотрены не все виды работ.

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 201 ____ год. Протокол заседания кафедры № ____ от ____ .
Зав. кафедрой _____