

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

Дополнительные главы физико-химической

гидродинамики

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

подпись

С.А. Фоменко

«17» апреля 2020 г.

МП

Программа учебной дисциплины
гидродинамики

Дополнительные главы физико-химической

название дисциплины

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 главы физико-химической гидродинамики» 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.

Учебно-методические материалы разработаны в соответствии с требованиями Государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования и Основных образовательных программ по направлениям подготовки 16.04.01 «Техническая физика».

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	16.04.01 Техническая физика	
Магистерская программа		
Образовательная программа	академическая магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	3(6)	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	Дисциплина вариативной части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	Зачет, модульный контроль	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	4	4
Год подготовки	2020	2020
Семестр	2	2
Количество часов	144	144
- лекционных	14	2
- практических, семинарских	14	4
- лабораторных		
- самостоятельной работы	102	136
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	10	
в т.ч. аудиторных	3	8

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Изучить основы неравновесной термодинамики, механизмы и количественные закономерности процессов переноса вещества, энергии и импульса через межфазную границу в гетерогенных системах, а также при химических и фазовых превращениях на границе раздела фаз.

Основными объектами исследования являются подвижные среды - жидкие, газообразные, псевдожизненные и их физико-химические взаимодействия с ограничивающими твердыми стенками. Процессы переноса, изучаемые физико-химической гидродинамикой, протекают в газо-жидкостных химических реакторах, ректификационных колоннах, абсорберах, скрубберах, отстойниках, кристаллизаторах, электролизерах и др., при сжигании топлива и теплообмене.

Основные задачи дисциплины:

- сформировать знания о процессах тепломассопереноса при ламинарном и турбулентном течении в трубах;
- рассмотреть обтекания пластины мало - и высоко - теплопроводной жидкостью;
- рассмотреть естественную конвекцию при обтекании пластины;
- рассмотреть термогравитационную конвекцию в жидком ядре затвердевающего слитка;
- рассмотреть уравнения баланса макроконтинуального состояния двухфазной зоны затвердевающего расплава;
- рассмотреть существующие математические модели процессов теплопереноса;
- изучить основы субстанциональной теории для получения уравнений переноса энергии, массы, импульса для многокомпонентной среды с учетом химических реакций.

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:

- классификацию краевых условий; физический смысл чисел подобия;
- решение одномерных краевых задач со стационарной теплопроводностью применительно к плоской, цилиндрической и шаровой стенок;
- решать задачи со нестационарной теплопроводностью в случае охлаждения неограниченной пластины;
- решение задачи теплопереноса при ламинарном движении жидкости в круглых трубах с учетом диссипации;
- уравнения турбулентного движения и теплопереноса несжимаемой жидкости;
- решение задачи на обтекание пластины: малотеплопроводной жидкости, приближении пограничного слоя и высокотеплопроводной жидкости в приближении Буссинеска;
- решение задачи теплопереноса при естественной температурной конвекции для: холодной вертикальной пластины и затвердевания расплава в замкнутом объеме;
- решение задач затвердевания полупространства, заполненного перегретым расплавом при постоянной температуре границы (обобщенная задача Стефана) и теплоперенос при обтекании полубесконечной пластины металлическим расплавом;

уметь:

- задавать и объяснять различные типы граничных условий; выводить безразмерные уравнения: Навье-Стокса, теплопереноса и массопереноса;
- рассматривать обобщенный метод решения одномерных краевых задач стационарной теплопроводности применительно к плоской, цилиндрической и шаровой стенок;
- применять метод Фурье при решении задач с нестационарной теплопроводностью
- рассматривать процессы тепломассопереноса при ламинарном и турбулентном течениях жидкости в трубах;
- записывать системы уравнений по теплопереносу и решать гидродинамическую часть задачи;
- решать задачи по теплопереносу при постоянной температуре поверхности трубы методом разделения переменных;
- решать задачи по теплопереносу при периодическом изменении температуры поверхности трубы методом преобразования Лапласа;
- выполнять математическую постановку задачи тепломассопереноса при отверждении: бинарного расплава и слитка в случае термоконцентрационной и смешанной конвекции;
- рассматривать класс явлений теплопереноса в областях с подвижными границами, на которых происходит превращение расплава в твердое тело (или наоборот, твердого тела в расплав) решать задачу об устойчивости слоя жидкости, подогреваемой снизу;
- замыкать систему уравнений переноса;
- формулировать линейные, нелинейные и специальные граничные условия для практических задач.

4. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
-------------------------	-------------------------

	<p>Содержательный модуль 1</p> <p>Передача тепла теплопроводностью</p> <p>стационарное и нестационарное тепловое состояние.</p> <p>Конвективный теплообмен.</p>
<p>Тема 1. Передача тепла теплопроводностью стационарное и нестационарное тепловое состояние</p>	<p>Виды теплообмена. Общие понятия. Теплопроводность. Поле температур и концентраций. Градиент температур. Плотность теплового потока. Коэффициент теплопроводности. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности с использованием энтальпии и плотности теплового потока. Диффузионный поток. Второе уравнение диффузии (2-го уравнения Фика). Решение 2-го уравнения диффузии (2-го уравнения Фика). Некоторые аналитические методы решения 2-го уравнения Фика. Численный метод решения дифференциального уравнения диффузии.</p>
<p>Тема 2. Конечно-разностный метод</p>	<p>Определение концентрации вещества во внутренних точках тела. Определение концентрации вещества в граничных точках. Метод прогонки</p>
<p>Тема 3. Конвективный теплообмен</p>	<p>Дифференциальные уравнения теплообмена. Понятие о теории подобия и моделирование. Общие понятия. Гидродинамическое подобие. Тепловое подобие. Диффузионное подобие. Подобие при естественной конвекции. Турбулентное и ламинарное движение</p>
<p>Тема 4. Конвекция при свободном движении</p>	<p>Тепловая конвекция от холодной вертикальной пластины. Пограничный слой при тепловой конвекции. Теплоотдача при свободном движении в неограниченном пространстве. Теплоотдача при свободном движении в ограниченном пространстве.</p>

	<p align="center">Содержательный модуль 2</p> <p align="center">Вынужденная конвекция. Теплоотдача при течении жидкости в трубах. Теплоотдача при турбулентном режиме.</p>
<p>Тема 5. Вынужденная конвекция. Теплоотдача при течении жидкости в трубах. Теплоотдача при турбулентном режиме</p>	<p>Гидродинамические условия развития процесса при продольном омывании плоской поверхности. Теплоотдача при продольном омывании плоской поверхности. Обтекание пластины малотеплопроводными и высокотеплопроводными жидкостями. Теплоотдача при течении жидкости в трубах. Особенности движения и теплообмена в трубах. Теплоотдача при ламинарном режиме. Математическая модель процесса. Решение гидродинамической части задачи. Теплоперенос вследствие диссипации механической энергии потока. Теплоперенос при постоянной температуре поверхности трубы. Теплоперенос при периодическом изменении температуры поверхности трубы. Определение средней температуры жидкости. Уравнения турбулентного движения и теплопереноса несжимаемой жидкости. Математическая модель турбулентного движения и теплопереноса в круглых трубках, решение и обсуждение сформулированной задачи. Теплоперенос при течении высокотеплопроводных и малотеплопроводных жидкостей. Теплоотдача при поперечном обтекании труб</p>
	<p align="center">Содержательный модуль 3</p> <p align="center">Теплоотдача при конденсации пара. Теплообмен. Передача тепла. Теплообменные аппараты. Нагрев.</p>
<p>Тема 6. Теплоотдача при конденсации пара. Теплообмен при кипении</p>	<p>Теплоотдача при пленочной конденсации пара. Теплоотдача при конденсации в трубах. Влияние перегрева пара. Общие представления о процессе кипения. Теплообмен при пузырьковом кипении жидкости в большом объеме при свободной конвекции. Теплообмен при пленочном кипении</p>
<p>Тема 7. Передача тепла излучением</p>	<p>Общие сведения и основные понятия. Природа лучистой энергии. Виды лучистых потоков. Законы теплового излучения. Черные температуры. Лучистый теплообмен между телами. Угловые коэффициенты и свойства лучистых потоков. Теплообмен излучением между двумя поверхностями через лучепрозрачную среду. Излучение в окружающее пространство. Излучение через отверстия в печных стенках. Теплообмен в рабочем пространстве печи. Теплообмен при установке экрана. Излучение газов и паров. Закон Бугера. Теплообмен излучением между газом и стенкой.</p>

	Сложный теплообмен. Коэффициент теплоотдачи излучением.
Тема 8. Передача тепла теплопроводностью при стационарном тепловом состоянии	Передача тепла теплопроводностью через плоскую однослойную стенку (граничные условия 1-го рода). Передача тепла теплопроводностью через плоскую многослойную стенку (граничные условия 1-го рода). Передача тепла теплопроводностью через цилиндрическую однослойную стенку (граничные условия 1-го рода). Передача тепла теплопроводностью через цилиндрическую многослойную стенку (граничные условия 1-го рода). Передача тепла теплопроводностью через шаровую стенку (граничные условия I рода). Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла
Тема 9. Стационарный режим теплообмена между средами	Передача тепла от одной среды к другой через разделительную однородную и многослойную плоскую стенку. Передача тепла от одной среды к другой через цилиндрическую однослойную стенку. Передача тепла от одной среды к другой через цилиндрическую многослойную стенку. Тепловая изоляция трубопроводов. Критический радиус изоляции. Передача тепла от одной среды к другой через шаровую стенку.
Тема 10. Нестационарное тепловое состояние	Аналитическое описание процесса. Решение задачи об охлаждении пластины при граничных условиях III рода. Математическое описание процесса. Постановка задачи. Решение дифференциального уравнения. Подчинение решения начальным и граничным условиям. Анализ трансцендентного уравнения. Частное решение задачи. Окончательное решение. Определение количества тепла, отданного пластиной в процессе охлаждения
Тема 11. Охлаждение и решения дифференциального уравнения теплопроводности	Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Охлаждение цилиндра конечной длины. Определение средней температуры. Численный метод решения дифференциального уравнения теплопроводности. Конечно-разностный метод. Определение температуры во внутренних точках тела.
Тема 12. Определение температуры в граничных точках. Метод прогонки.	Определение температуры в граничных точках. Метод прогонки.
Тема 13. Теория нагрева	Понятие о термически тонких и массивных телах. Влияние формы тела на скорость нагрева. Коэффициент материальной нагрузки. Нагрев термически тонких тел ($Bi \rightarrow 0$) постоянным тепловым потоком. Нагрев термически тонких тел ($B \rightarrow 0$) в печи с постоянной температурой. Нагрев термически массивных тел ($Bi \rightarrow \infty$) постоянным тепловым потоком. Нагрев термически массивных тел

	($Bi \rightarrow \infty$) в печи с постоянной температурой. Несимметричный нагрев тел.
Тема 14. Теплообменные аппараты	Теплообменные аппараты. Рекуперативные теплообменники. Основные положения теплового расчета. Средний температурный напор. Коэффициент теплопередачи. Расчет конечной температуры рабочих жидкостей.

	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. Передача тепла теплопроводностью стационарное и нестационарное тепловое состояние	10	1	1	1	7																		
Тема 2. Конечно-разностный метод	10	1	1	1	7																		
Тема 3. Конвективный теплообмен	10	1	1	1	7																		
Тема 4. Конвекция при свободном движении	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. Вынужденная конвекция. Теплоотдача при течении жидкости в трубах. Теплоотдача при турбулентном режиме.	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	всего		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа
Тема 6. Теплоотдача при конденсации пара. Теплообмен при кипении	10	1	1	1	7																		
Тема 7. Передача тепла излучением	10	1	1	1	7																		
Тема8.Передача тепла теплопроводностью при стационарном тепловом состоянии	10	1	1	1	7																		
Тема9. Стационарный режим теплообмена между средами	10	1	1	1	7																		
Тема 10.Нестационарное тепловое состояние	10	1	1	1	7																		
Тема 11. Охлаждение и решения дифференциального уравнения теплопроводности	10	1	1	1	7																		
Тема12.Определение температуры в граничных точках. Метод прогонки.	10	1	1	1	7																		
Тема 13. Теория нагрева	10	1	1	1	7																		
Тема 14.Теплообменные аппараты	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. Термодинамика. Гетерогенные равновесия.
2. Правило фаз Гиббса. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах.
3. Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах. Химическое равновесие.
4. Растворы неэлектролитов. Коллигативные свойства растворов.
5. Растворимость. Адсорбция.
6. Основные понятия химической кинетики. Кинетика реакций целого порядка.
7. Методы определения порядка реакции.
8. Влияние температуры на скорость химических реакций.
9. Кинетика сложных реакций.
10. Приближенные методы химической кинетики.

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 отчетов по лабораторным работам.

Темы для дополнительной самостоятельной работы:

1. Теплоперенос в различных металлах. Приближение идеальной жидкости.
2. Теплоперенос в расплаве при наполнении питательных форм и изложниц.
3. Теплоперенос при продольном обтекании полубесконечной пластины металлическими расплавами.
4. Разностная аппроксимация математической модели тепловой конвекции в замкнутом объеме.

5. Решение уравнения Пуассона для функции тока и анализ результата численного моделирования тепловой конвекции.
6. Математическая модель тепловой конвекции при затвердевании расплава в замкнутом объеме.
7. Обобщенная математическая модель процессов переноса при затвердевании бинарных расплав

10. Индивидуальные задания.

Индивидуальные задания не предусмотрены

11. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

1. Гидродинамические условия развития процесса при продольном омывании плоской поверхности.
2. Теплоотдача при продольном омывании плоской поверхности. Обтекание пластины малотеплопроводными и высокотеплопроводными жидкостями.
3. Теплоотдача при течении жидкости в трубах. Особенности движения и теплообмена в трубах.
4. Теплоотдача при ламинарном режиме. Математическая модель процесса. Решение гидродинамической части задачи.
5. Теплоперенос вследствие диссипации механической энергии потока.
6. Теплоперенос при постоянной температуре поверхности трубы.
7. Теплоперенос при периодическом изменении температуры поверхности трубы.
8. Определение средней температуры жидкости. Уравнения турбулентного движения и теплопереноса несжимаемой жидкости.
9. Математическая модель турбулентного движения и теплопереноса в круглых трубках, решение и обсуждение сформулированной задачи.
10. Теплоперенос при течении высокотеплопроводных и малотеплопроводных жидкостей. Теплоотдача при поперечном обтекании труб.
11. Теплоотдача при конденсации пара.
12. Теплоотдача при пленочной конденсации пара. Теплоотдача при конденсации в трубах.
13. Влияние перегрева пара. Общие представления о процессе кипения. Теплообмен при пузырьковом кипении жидкости в большом объеме при свободной конвекции.
14. Теплообмен при пленочном кипении
15. Природа лучистой энергии. Виды лучистых потоков.
16. Законы теплового излучения. Черные температуры. Лучистый теплообмен между телами.
17. Угловые коэффициенты и свойства лучистых потоков. Теплообмен излучением между двумя поверхностями через лучепрозрачную среду.
18. Излучение в окружающее пространство.
19. Излучение через отверстия в печных стенках . Теплообмен в рабочем пространстве печи. Теплообмен при установке экрана.
20. Излучение газов и паров. Закон Бугера. Теплообмен излучением между газом и стенкой. Сложный теплообмен.
21. Коэффициент теплоотдачи излучением. Передача тепла теплопроводностью через плоскую однослойную стенку (граничные условия 1-го рода).
22. Передача тепла теплопроводностью через плоскую многослойную стенку (граничные условия 1-го рода).
23. Передача тепла теплопроводностью через цилиндрическую однослойную стенку (граничные условия 1-го рода).

24. Передача тепла теплопроводностью через цилиндрическую многослойную стенку (граничные условия 1-го рода).
25. Передача тепла теплопроводностью через шаровую стенку (граничные условия I рода).
26. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла. Передача тепла от одной среды к другой через разделительную однородную и многослойную плоскую стенку.
27. Передача тепла от одной среды к другой через цилиндрическую однослойную стенку. Передача тепла от одной среды к другой через цилиндрическую многослойную стенку.
28. Тепловая изоляция трубопроводов. Критический радиус изоляции. Передача тепла от одной среды к другой через шаровую стенку.
29. Аналитическое описание процесса. Решение задачи об охлаждении пластины при граничных условиях III рода.
30. Математическое описание процесса. Постановка задачи. Решение дифференциального уравнения.
31. Подчинение решения начальным и граничным условиям. Анализ трансцендентного уравнения. Частное решение задачи. Окончательное решение.
32. Определение количества тепла, отданного пластиной в процессе охлаждения. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. Охлаждение цилиндра конечной длины.
33. Определение средней температуры. Численный метод решения дифференциального уравнения теплопроводности.
34. Конечно-разностный метод.
35. Определение температуры во внутренних точках тела.
36. Определение температуры в граничных точках. Метод прогонки. Понятие о термически тонких и массивных телах.
37. Влияние формы тела на скорость нагрева.
38. Коэффициент материальной нагрузки.
39. Нагрев термически тонких тел ($Bi \rightarrow 0$) постоянным тепловым потоком.
40. Нагрев термически тонких тел ($Bi \rightarrow 0$) в печи с постоянной температурой.
41. Нагрев термически массивных тел ($Bi \rightarrow \infty$) постоянным тепловым потоком.
42. Нагрев термически массивных тел ($Bi \rightarrow \infty$) в печи с постоянным тепловым потоком.

12. Образец экзаменационного билета



Минобрнауки ДНР
ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

по дисциплине: Дополнительные главы физико-химической гидродинамики

Содержание билета

1. Определение температуры в граничных точках.
2. Метод прогонки.

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 ДонНУ	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:

Теоретические и прикладные аспекты теплопереноса

Тепломассоперенос

Физико-химическая гидродинамика

Процессы переноса импульса, энергии и массы в сплошных средах

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. Физико-химическая гидродинамика: Учеб. пособие для студентов по специализации "Физика неравновес. процессов" / Ф. В. Недопекин; Донец. нац. ун-т. - Донецк: УкрНТЭК, 2002. - 106 с.
2. Недопекин, Ф. В. Тепломассоперенос: учеб. пособие / Ф. В. Недопекин; Донец. нац. ун-т. Каф. физики неравновес. процессов, метрологии и экологии. - 2-е изд. - Донецк: ДонНУ, 2007. - 174 с.

Дополнительная:

1. Недопекин, Ф. В. Математическое моделирование гидродинамики и тепломассопереноса в слитках. - Ижевск: Изд-во Удмурт. ун-та, 1995. - 236 с.
2. Недопекин, Ф. В. Теоретические и прикладные аспекты теплопереноса: учеб. пособие для студентов, магистров и аспирантов вузов / Ф. В. Недопекин, С. И. Гинкул, Е. В. Новикова; Донецкий нац. ун-т; Донецкий нац. техн. ун-т. - Донецк: ДонНУ, 2013. - 321 с.
3. Диффузионные процессы в стационарных газовых потоках: [Учеб. пособие] / Ф. В. Недопекин, Г. С. Калюжный, А. А. Коваленко, В. И. Соколов; Восточноукр. нац. ун-т им. В. Даля. - Луганск: Изд-во Восточноукр. нац. ун-та им. В. Даля, 2004. - 159 с.
4. Диффузионные процессы в стационарных газовых потоках: [учеб. пособие] / Недопекин Ф., Коваленко А., Соколов В. и др.; Восточноукр. нац. ун-т им. В. Даля; Донец. нац. ун-т. - Изд. 2-е. - Луганск: Изд-во Восточноукр. нац. ун-та им. В. Даля, 2007. - 222 с.
5. Затвердевание металлических композиций: производство и моделирование / В. А. Лейбензон, Ф. В. Недопекин, В. М. Кондратенко и др. - Донецк: Юго-Восток, 2005. - 228 с.
6. Ландау, Лев Д. Теоретическая физика: В 10 т.: Учеб. пособие для студентов физ. специальностей ун-тов. Т. 6: Гидродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; Под ред. Л. П. Питаевского. - 5-е изд. - М.: Физматлит, 2001. - 731 с.
7. Физическая химия: В 2 кн.: Учеб. для вузов. Кн. 1: Строение вещества; Термодинамика / К. С. Краснов, Н. К. Воробьев, И. Н. Годнев и др.; Под. ред. К. С. Краснова. - 3. изд. - М.: Высш. шк., 2001. - 512 с.
8. Химическая гидродинамика: Справ. пособие / А. М. Кутепов, А. Д. Полянин, З. Д. Запрянов и др. - М.: Бюро "Квантум", 1996. - 336 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 _____