

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Вишневский Дмитрий Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 30.04.2025 11:55:50
Уникальный программный ключ:
03474917c4d012283e5ad996a48a5e70bf8da057

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБРНАУКИ РОССИИ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ДонГТУ»)

Факультет горно-металлургической промышленности и строительства
Кафедра металлургических технологий



УТВЕРЖДАЮ
И. о. проректора
по учебной работе
Д. В. Мулов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теплоперенос в гетерогенных системах

(наименование дисциплины)

18.04.01 Химическая технология

(код, наименование специальности)

Химическая технология природных энергоносителей и
углеродных материалов

(магистерская программа)

Квалификация

магистр

(бакалавр/специалист/магистр)

Форма обучения

очная, очно - заочная

(очная/заочная)

Алчевск, 2024

1 Цели и задачи изучения дисциплины

Целью освоения дисциплины является: ознакомление студентов с основными положениями теории теплопереноса в гетерогенных системах.

Задача курса заключается в том, чтобы на основе теоретических положений и примеров научить студентов качественно анализировать тепловые явления в реальных технологических процессах.

Дисциплина нацелена на формирование профессиональной (ПК-3) компетенции выпускника.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Логико-структурный анализ дисциплины: курс входит в элективную часть Блока 1 «Элективные дисциплины (модули)» подготовки студентов по направлению 18.04.01 «Химическая технология», профиль «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов».

Дисциплина реализуется кафедрой металлургических технологий.

Входные знания студента базируются на изученных дисциплинах: «Физика», «Термодинамика», «Современные проблемы химической технологии».

Приобретенные знания могут быть использованы при изучении дисциплины «Теоретические и экспериментальные методы исследования в химии», «Выпускная квалификационная работа (магистерская работа)».

Общая трудоемкость освоения дисциплины для очной формы обучения составляет 4 зачетные единицы, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (9 ак.ч.), практические (27 ак.ч.) занятия, лабораторные работы (18 ак.ч.) и самостоятельная работа студента (90 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 2 курсе в 3 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины для очно-заочной формы обучения составляет 4 зачетных единицы, 144 ак.ч. Программой дисциплины предусмотрены лекционные (4 ак.ч.), практические (8 ак.ч.) занятия, лабораторные работы (8 ак.ч.) и самостоятельная работа студента (124 ак.ч.).

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре. Форма промежуточной аттестации – зачет.

3. Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Теплоперенос в гетерогенных системах» направлен на формирование компетенций, представленных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, обязательные к освоению

Содержание компетенции	Код компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции		
Готов к решению профессиональных производственных задач – контролю технологического процесса, разработке норм выработки, технологических нормативов на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, к выбору оборудования и технологической оснастки	ПК-3	<p>ПК-3.1 Знает: принципы работы и области применения систем контроля технологического процесса; принципы подбора оборудования и технологической оснастки процессов коксохимии</p> <p>ПК-3.2 Умеет: подбирать технологическое оборудование и оснастку для осуществления процессов коксохимии; разрабатывать систему контроля технологического процесса; определять нормы на расходные материалы, полупродукты, топливо и электроэнергию.</p> <p>ПК-3.3 Владеет: навыками расчета и подбора оборудования и технологической оснастки, расчета нормативов на сырье, расходные материалы, топлива и электроэнергии</p>

4 Объём и виды занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единиц, 144 ак.ч.

Самостоятельная работа студента (СРС) включает проработку материалов лекций, подготовку к практическим и лабораторным занятиям, текущему контролю, самостоятельное изучение материала.

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются формы и распределение бюджета времени на СРС для очной формы обучения в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Распределение бюджета времени на СРС

Вид учебной работы	Всего ак.ч.	Ак.ч. по семестрам
		3
Аудиторная работа, в том числе:	54	54
Лекции (Л)	9	9
Практические занятия (ПЗ)	27	27
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Курсовая работа/курсовой проект	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	90	90
Подготовка к лекциям	2	2
Подготовка к лабораторным работам	18	18
Подготовка к практическим занятиям / семинарам	27	27
Выполнение курсовой работы / проекта	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат (индивидуальное задание)	-	-
Домашнее задание	-	-
Подготовка к контрольной работе	-	-
Подготовка к коллоквиуму	6	6
Аналитический информационный поиск	13	13
Работа в библиотеке	12	12
Подготовка к экзамену/диф.зачёту/зачету	12	12
Промежуточная аттестация – экзамен/диф.зачёт/зачёт	3(2)	3(2)
Общая трудоёмкость дисциплины		
	ак.ч.	144
	з.е.	4

5 Содержание дисциплины

С целью освоения компетенций, приведенных в п.3 дисциплина разбита на 4 темы:

- тема 1 (Основные положения теории теплообмена в гетерогенных системах);
- тема 2 (Теплоотдача при изменении агрегатного состояния);
- тема 3 (Конвективный теплообмен в газожидкостных системах);
- тема 4 (Теплоотдача в дисперсных системах с твердой фазой).

Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов для очной и очно-заочной формы обучения приведены в таблицах 3 и 4 соответственно.

Таблица 3 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
1	Основные положения теории теплообмена в гетерогенных системах	Основные понятия конвективного теплообмена. Дифференциальные уравнения конвективного переноса теплоты. Механизм процесса теплоотдачи. Тепловой пограничный слой. Уравнение теплоотдачи. Двухфазный теплоперенос между одиночными частицами и несущей средой. Теплоотдача при плёночном течении. Определение коэффициентов теплоотдачи при наличии фазового перехода	2	Определение коэффициентов теплоотдачи при наличии фазового перехода	6	Изучение кинетики химического растворения	2
2	Теплоотдача при изменении агрегатного состояния	Теплоотдача при конденсации насыщенных паров. Виды конденсации. Конденсация паров по пленочному механизму. Уравнения, описывающие процесс теплоотдачи при конденсации. Теплообмен при парообразовании. Механизм процесса теплоотдачи при пузырьковом и пленочном кипении. Особенности процесса теплообмена при пузырьковом кипении.	2	Расчет теплоотдачи при конденсации Расчет теплоотдачи при кипении	8	Исследование теплоотдачи при пленочной конденсации пара на вертикальной поверхности	4

Продолжение таблицы 3							
№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		Условия зарождения парового пузыря на теплоотдающей поверхности. Уравнения, описывающие процесс теплообмена при пузырьковом кипении. Кризис кипения. Зависимости для расчета плотности критического теплового					
3	Конвективный теплообмен в газожидкостных системах	Особенности конвективного теплообмена в двухфазных потоках Теплообмен в дисперсных потоках жидкость-газ. Теплоотдача при стекании пленки жидкости. Теплообмен в насадочных аппаратах и скрубберах. Теплообмен при испарении жидкости в парогазовую среду Теплоотдача при непосредственном контакте теплоносителей. Смесительные теплообменники.	2	Теплоотдача при непосредственном контакте теплоносителей	8	Изучение процесса передачи тепла от газов к твердому обрабатываемому материалу.	6
4	Теплоотдача в дисперсных системах с твердой фазой	Теплообмен в дисперсных потоках газ - твердые частицы. Регенеративные теплообменники. Теплообмен в неподвижном или движущемся зернистом слое. Теплообмен между твердой поверхностью и псевдооживленным слоем частиц. Теплоотдача при перемешивании.	3	Теплообмен между кипящим слоем и теплообменной поверхностью	5	Изучение процесса теплоотдачи в аппаратах с механическими мешалками.	6
Всего аудиторных часов			9		27		18

Таблица 4 – Виды занятий по дисциплине и распределение аудиторных часов (очно-заочная форма обучения)

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо-емкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоем-кость в ак.ч	Темы лабораторных занятий	Трудоем-кость в ак.ч.
1	Основные положения теории теплообмена в гетерогенных системах	Основные понятия конвективно-го теплообмена. Дифференциальные уравнения конвективного переноса теплоты. Механизм процесса теплоотдачи. Тепловой пограничный слой. Уравнение теплоотдачи. Двухфазный тепло-перенос между одиночными ча-стицами и несущей средой. Теп-лоотдача при плёночном тече-нии. Определение коэффициен-тов теплоотдачи при наличии фазового перехода	1	Определение коэффициен-тов теплоотдачи при нали-чии фазового перехода	6	Изучение кинетики хими-ческого растворения	2
2	Теплоотдача при измене-нии агрегат-ного состоя-ния	Теплоотдача при конденсации насыщенных паров. Виды кон-денсации. Конденсация паров по пленочному механизму. Уравне-ния, описывающие процесс теп-лоотдачи при конденсации. Теп-лообмен при парообразовании. Механизм процесса теплоотдачи при пузырьковом и пленочном кипении. Особенности процесса теплообмена при пузырьковом кипении.	1	Расчет теплоотдачи при конденсации Расчет теплоотдачи при кипении	8	Исследование теплоотдачи при пленочной конденса-ции пара на вертикальной поверхности	4

Продолжение таблицы 4							
№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак.ч.	Темы практических занятий	Трудоемкость в ак.ч	Темы лабораторных занятий	Трудоемкость в ак.ч.
		Условия зарождения парового пузыря на теплоотдающей поверхности. Уравнения, описывающие процесс теплообмена при пузырьковом кипении. Кризис кипения. Зависимости для расчета плотности критического теплового					
3	Конвективный теплообмен в газожидкостных системах	Особенности конвективного теплообмена в двухфазных потоках Теплообмен в дисперсных потоках жидкость-газ. Теплоотдача при стекании пленки жидкости. Теплообмен в насадочных аппаратах и скрубберах. Теплообмен при испарении жидкости в парогазовую среду Теплоотдача при непосредственном контакте теплоносителей. Смесительные теплообменники.	1	Теплоотдача при непосредственном контакте теплоносителей	8	Изучение процесса передачи тепла от газов к твердому обрабатываемому материалу.	6
4	Теплоотдача в дисперсных системах с твердой фазой	Теплообмен в дисперсных потоках газ - твердые частицы. Регенеративные теплообменники. Теплообмен в неподвижном или движущемся зернистом слое. Теплообмен между твердой поверхностью и псевдооживленным слоем частиц. Теплоотдача при перемешивании.	1	Теплообмен между кипящим слоем и теплообменной поверхностью	5	Изучение процесса теплоотдачи в аппаратах с механическими мешалками.	6
Всего аудиторных часов			4		8		8

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины

6.1 Критерии оценивания

В соответствии с Положением о кредитно-модульной системе организации образовательного процесса ФГБОУ ВО «ДонГТУ» (https://www.dstu.education/images/structure/license_certificate/polog_kred_modul.pdf) при оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала. Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний в таблице 5.

Таблица 5 – Перечень компетенций по дисциплине и способы оценивания знаний

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ПК-3	Зачет	Комплект контролирующих материалов для зачета

Всего по текущей работе в семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

- тестовый опрос на 2-х коллоквиумах – всего 20 баллов;
- лабораторные работы – всего 35 баллов;
- практические работы – всего 45 баллов.

Зачет проставляется автоматически по результатам работы в семестре, если студент набрал в течение семестра не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную точку. Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет 60 % от максимального. Если полученная сумма баллов не устраивает студента, он имеет право повысить итоговую оценку либо в форме устного собеседования по приведенным ниже вопросам (п.п. 6.6), либо в результате тестирования.

Шкала оценивания знаний при проведении промежуточной аттестации приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Шкала оценивания знаний

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	Оценка по национальной шкале зачет/экзамен (диф.зачет)
0-59	Не зачтено/неудовлетворительно
60-73	Зачтено/удовлетворительно
74-89	Зачтено/хорошо
90-100	Зачтено/отлично

6.2 Домашнее задание

Домашнее задание не предусмотрено

6.3 Темы для рефератов

Не предусмотрено

6.4 Оценочные средства для самостоятельной работы, для текущего контроля успеваемости на коллоквиумах

Тема 1 Основные положения теории теплообмена в гетерогенных системах

- 1) Каков физический смысл коэффициента теплопроводности?
- 2) Охарактеризуйте распределение температур по толщинам плоской и цилиндрической стенок.
- 3) Укажите размерность коэффициента теплопроводности.
- 4) Сделайте вывод дифференциального уравнения теплопроводности.
- 5) Что называют теплоотдачей?
- 6) В каких единицах измеряется коэффициент теплоотдачи?
- 7) Объясните механизм конвективного теплообмена.
- 8) Раскройте физический смысл критериев теплового подобия.
- 9) Какой критерий теплового подобия является определяемым?
- 10) Напишите обобщенное критериальное уравнение для теплоотдачи.
- 11) От каких факторов зависит величина коэффициента теплоотдачи?
- 12) Напишите основное уравнение теплопередачи.
- 13) Какую размерность имеет плотность теплового потока?
- 14) Укажите особенности теплообмена в гетерогенных системах.
- 15) Какими методами можно интенсифицировать процесс теплоотдачи в гетерогенных системах?

Тема 2 Теплоотдача при изменении агрегатного состояния

- 1) Какие виды теплоотдачи протекают при изменении агрегатного состояния?
- 2) В чем особенность процессов теплоотдачи при изменении агрегатного состояния?
- 3) Приведите общую формулу критериальных соотношений для расчета коэффициентов теплоотдачи при конденсации.
- 4) Каким образом происходит процесс конденсации пара на поверхности?
- 5) Какие условия необходимы для процесса конденсации?
- 6) Назовите виды конденсации на поверхности стенки.
- 7) Укажите особенности теплоотдачи при конденсации насыщенных паров.
- 8) Как расположение труб влияет на значение коэффициента теплоотдачи?

- 9) Какова критериальная зависимость для коэффициента теплоотдачи при конденсации?
 - 10) Какие численные значения имеют коэффициенты теплоотдачи при конденсации?
 - 11) В каких процессах химической технологии встречается теплоотдача при кипении.
 - 12) Назовите условия для возникновения кипения.
 - 13) Охарактеризуйте различные виды кипения.
 - 14) Что понимают под критической разностью температур при кипении?
 - 15) Опишите механизм кризиса кипения
- Тема 3 Конвективный теплообмен в газожидкостных системах*
- 1) Укажите особенности теплоотдачи при непосредственном соприкосновении теплоносителей.
 - 2) Какие теплообменники называются смесительными теплообменниками?
 - 3) Приведите классификацию смесительных теплообменников.
 - 4) Опишите устройство градирни для охлаждения воды.
 - 5) Как определяют расход воды в градирнях?
 - 6) Укажите достоинства охлаждения теплоносителей водой и воздухом.
 - 7) От каких факторов зависит теплоотдача при движении теплоносителя по вертикальной поверхности в виде пленки?
 - 8) Что является определяющим геометрическим размером в критерии Нуссельта при стекании пленки жидкости по вертикальной поверхности?
 - 9) Что представляет собой линейная плотность орошения?
 - 10) Какая температура является определяющей при стекании пленки жидкости?
 - 11) Напишите критериальное уравнение для теплоотдачи при стекании пленки.
 - 12) Опишите устройство барометрических конденсаторов смешения.
 - 13) Напишите уравнение теплового баланса барометрического конденсатора.
 - 14) Укажите основные факторы, влияющие на интенсивность теплопереноса в дисперсных потоках жидкость-газ.
 - 15) В каких случаях целесообразно нагревание с погружными горелками?
- Тема 4 Теплоотдача в дисперсных системах с твердой фазой*
- 1) Укажите способы регенерации теплоты с помощью твердых материалов.
 - 2) Опишите принцип действия регенеративных теплообменников?
 - 3) Укажите достоинства и недостатки нагрева топочными газами.
 - 4) Назовите способы теплопереноса в псевдооживленном слое.
 - 5) Охарактеризуйте основные факторы, влияющие на теплоперенос в псевдооживленных средах.

- 6) Как зависит коэффициент теплоотдачи от диаметра частиц в псевдоожигенном слое?
- 7) Охарактеризуйте взаимосвязь скорости газа и порозности с теплообменом.
- 8) Чем обусловлен максимум зависимости коэффициента теплоотдачи от скорости движения газа при псевдоожигении.
- 9) Назовите методы интенсификации процессов теплопереноса в псевдоожигенных средах.
- 10) Опишите теплоотдачу в аппаратах с мешалками.
- 11) От каких факторов зависит теплоперенос при перемешивании?
- 12) Какие критерии входят в корреляционное соотношение для коэффициента теплоотдачи при перемешивании?
- 13) Что является определяющим размером в критерии Нуссельта при перемешивании?
- 14) Укажите способы оформления теплообменной поверхности в аппаратах с мешалками.
- 15) Какими методами можно интенсифицировать процесс теплоотдачи при перемешивании?

6.5 Вопросы к коллоквиуму (тестовому коллоквиуму)

Коллоквиум № 1

Вариант № 1 (Пример)

1. Какие виды теплообмена имеют место при теплопередаче тепла через металлическую стенку от потока горячего воздуха к потоку воды?
- теплопроводность и конвекция;
 - конвекция;
 - теплопроводность;
 - излучение и конвекция.
2. В каких средах возможен конвективный теплообмен?
- в огнеупорных материалах;
 - в металлах при температурах ниже точки плавления;
 - в жидких и газообразных средах;
 - только в газообразной среде.
3. Плотность теплового потока через плоскую стенку толщиной 50 мм составляет 70 Вт/м^2 . Определить разность температур на поверхностях стенки, если она выполнена из красного кирпича с коэффициентом теплопроводности $0,7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$.
- $0,05 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - $5 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - $35 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - $50 \text{ }^\circ\text{C}$.

4. Плотность теплового потока через плоскую стенку толщиной 50 мм составляет 70 Вт/м^2 . Определить градиент температуры в стенке, если она выполнена из латуни с коэффициентом теплопроводности $70 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$.

- а) $\text{grad } t = -1^\circ\text{C/м}$;
- б) $\text{grad } t = -10^\circ\text{C/м}$;
- в) $\text{grad } t = 1^\circ\text{C/м}$;
- г) $\text{grad } t = 10^\circ\text{C/м}$.

5. Какие единицы измерения используются для измерения тепловой мощности?

- а) Дж;
- б) Вт;
- в) Вт/м^2 ;
- г) Дж/м^2 .

6. Как правильно записать формулу Фурье для передачи тепла теплопроводностью при стационарном режиме?

- а) $q = -\lambda \text{grad } t$;
- б) $q = \lambda(\partial t / \partial \tau)$;
- в) $q = \pm \lambda(\partial t / \partial x)$;
- г) $q = \lambda(\partial Q / \partial n)$.

7. При использовании какого материала величина плотности потока будет максимальной при неизменной толщине однослойной стенки?

- а) силикатный кирпич;
- б) углеродистая сталь;
- в) стекло;
- г) медь.

8. Какому веществу соответствует коэффициент теплопроводности, равный $74,4 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$?

- а) строительный кирпич;
- б) огнеупорный кирпич;
- в) асбест;
- г) железо.

9. Что понимается под начальными условиями при решении дифференциального уравнения теплопроводности?

- а) условия подвода теплоты к телу в начальный момент его нагрева (охлаждения);
- б) распределение температуры в теле к началу его нагрева (охлаждения);
- в) закон изменения температуры на поверхности или в центре тела в начальный период его нагрева (охлаждения);
- г) теплофизические характеристики тела (плотность, удельная теплоёмкость, коэффициент теплопроводности) в начальный момент его нагрева (охлаждения).

10. Потенциалом тепловой энергии является:

- а) плотность;

- б) теплоемкость;
- в) удельный тепловой поток;
- г) температура.

Коллоквиум № 2

Вариант № 1 (Пример)

1. Могут ли изотермические поверхности пересекаться?
 - а) могут в любых случаях;
 - б) нет, не могут;
 - в) могут, только в твердых телах;
 - г) могут, только в жидкостях.
2. На каком физическом явлении основан процесс передачи тепла теплопроводностью?
 - а) за счет распространения электромагнитных волн;
 - б) за счет движения ионов от более холодной к более нагретой части тела;
 - в) за счет повышения интенсивности броуновского движения молекул;
 - г) за счет переноса энергии от более нагретых частей тела к менее нагретым посредством распространения упругих волн, а также движения электронов.
3. Что такое для цилиндрической стенки линейная плотность теплового потока?
 - а) количество теплоты, передаваемое через один погонный метр любой цилиндрической поверхности стенки в единицу времени;
 - б) количество теплоты, передаваемое через один квадратный метр наружной поверхности стенки;
 - в) количество теплоты, передаваемое через один квадратный метр наружной поверхности стенки в единицу времени;
 - г) количество теплоты, передаваемое через поверхность среднего диаметра стенки в единицу времени.
4. Какую размерность имеет коэффициент температуропроводности?
 - а) $\text{м}^2/\text{с}$;
 - б) $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
 - в) $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$;
 - г) $\text{с}/\text{м}^2$.
5. Какую размерность имеет коэффициент теплопроводности?
 - а) $\text{м}^2/\text{с}$;
 - б) $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$;
 - в) $\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$;
 - г) $\text{с}/\text{м}^2$.
6. Сколько решений имеет дифференциальное уравнение теплопроводности?
 - а) одно;
 - б) два;

- в) три;
 - г) множество.
7. Как изменяется величина безразмерной температуры $\theta = (t - t_{\text{ж}})/(t_{\text{ст}} - t_{\text{ж}})$ в режиме охлаждения твердого тела?
- а) возрастает от нуля до единицы;
 - б) остается неизменной;
 - в) убывает от единицы до нуля;
 - г) принимает отрицательные значения.
8. Потенциалом тепловой энергии является:
- а) плотность;
 - б) теплоемкость;
 - в) удельный тепловой поток;
 - г) температура.
9. Коэффициент температуропроводности характеризует:
- а) способность тела проводить тепло;
 - б) способность тела накапливать тепло;
 - в) отношение способностей тела проводить тепло и аккумулировать его;
 - г) отношение способностей тела отражать тепло и аккумулировать его.
10. Перенос тепла за счет разности плотностей нагретого и холодного воздуха – это:
- а) вынужденная конвекция;
 - б) естественная конвекция;
 - в) излучение;
 - г) теплопередача.

6.6 Вопросы для подготовки к зачету

- 1) Приведите примеры двухкомпонентных сред.
- 2) Что такое диффузия?
- 3) Чем отличаются молярная и молекулярная диффузии?
- 4) Дайте определение потока массы и плотности потока массы.
- 5) Концентрационная диффузия. Закон Фика. Коэффициент диффузии.
- 6) Дайте определение термической диффузии и бародиффузии.
- 7) Перечислите и напишите дифференциальные уравнения тепло- и массообмена.
- 8) Дайте объяснение тройной аналогии.
- 9) Что является особенностью процессов теплообмена в двухфазных потоках?
- 10) Какие фазы обычно различают в двухфазном потоке?
- 11) Как определяется средняя относительная объемная концентрация дисперсной фазы?
- 12) Что такое объемная доля дисперсионной (внешней) среды?
- 13) Какую величину называют порозностью потока?

- 14) Охарактеризуйте теплообмен в насадочных аппаратах и скрубберах.
- 15) Опишите теплообмен в дисперсных потоках жидкость-газ.
- 16) Охарактеризуйте теплообмен в дисперсных потоках газ-твердые частицы.
- 17) Дайте характеристику теплообмену в неподвижном или движущемся зернистом слое.
- 18) Опишите теплообмен во взвешенном слое частиц.
- 19) Дайте характеристику теплообмену между твердой поверхностью и псевдооживленным слоем частиц.
- 20) Перечислите и охарактеризуйте типы мешалок для перемешивания ньютоновских жидкостей.
- 21) Как определяют коэффициент теплоотдачи в аппаратах с наружными рубашками?
- 22) В каких аппаратах наибольшая интенсивность теплоотдачи?
- 23) Какие мешалки применяют для перемешивания очень вязких жидкостей?
- 24) Какими формулами описывается интенсивность теплообмена между частицами и обтекающим потоком жидкости (газа) в случае малых размеров твердых частиц и высокой их теплопроводности?
- 25) Какими формулами пользуются для определения коэффициента теплоотдачи от потока газовой взвеси к поверхности теплообмена?
- 26) Как определяется скорость химической реакции?
- 27) Какие переменные входят в кинетические уравнения?
- 28) Сформулируйте закон действующих масс.
- 29) Что такое молекулярность реакции?
- 30) Что такое порядок реакции?
- 31) Что такое константа скорости реакции?
- 32) Какие параметры реакции связывает уравнение Аррениуса?
- 33) Что характеризует энергия активации в уравнении Аррениуса?
- 34) Как влияет температура на скорость химических реакций?
- 35) Какие вещества называют катализаторами?
- 36) Что такое катализ?
- 37) Что такое гомогенный катализ?
- 38) Что такое гетерогенный катализ?
- 39) Приведите примеры каталитических процессов в природе.
- 40) Что такое каталитический цикл?
- 41) Как влияет строение поверхности твердых тел на каталитическую активность?
- 42) Каковы особенности реакций с участием твердых фаз?
- 43) Каково влияние неравновесных дефектов на скорость и механизм твердофазного взаимодействия?
- 44) Какова роль диффузионных процессов в твердофазных реакциях?
- 45) Поясните суть кинетических моделей твердофазных реакций.

- 46) Поясните суть диффузионных моделей твердофазных реакций. Поясните суть моделей зародышеобразования в твердофазных реакциях.
- 47) Поясните суть микроскопических методов исследования кинетики и механизма твердофазных реакций.
- 48) Поясните суть термических методов исследования кинетики и механизма твердофазных реакций.
- 49) Поясните суть дифракционных методов исследования кинетики и механизма твердофазных реакций.
- 50) Поясните суть спектроскопических методов исследования кинетики и механизма твердофазных реакций.
- 51) Поясните суть дилатометрического метода исследования кинетики и механизма твердофазных реакций.

6.6 Примерная тематика курсовых работ.

Не предусмотрено

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1 Рекомендуемая литература

Основная литература

1 Иртюго, Л. А. Кинетика гетерогенных процессов: учебное пособие / Л. А. Иртюго, А. А. Шубин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский федеральный университет. — Красноярск: СФУ, 2021. — 128 с. - URL:

<https://www.litres.ru/book/a-a-shubin/kinetika-geterogennyh-processov-65681141/>. [Текст: электронный] Дата обращения 25.08 2024

2. Теплопередача: учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1. Основы теории теплопередачи / В. С. Чередниченко, В. А. Сеницын, А. И. Алиферов, Ю. И. Шаров ; под ред. В. С. Чередниченко. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 221 с. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1001086>

3. Теплопередача: учебное пособие: в 2 ч. Ч. 2. Упражнения и задачи / В. С. Чередниченко, В. А. Сеницын, А. И. Алиферов, Ю. И. Шаров ; под общ. ред. В. С. Чередниченко, А. И. Алиферова. — Москва: ИНФРА-М, 2020. — 348 с. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1001096>

4. Цирельман, Н. М. Теория и прикладные задачи теплообмена: учебное пособие / Н. М. Цирельман. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 504 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206651>

5. Ведерникова, М. И. Тепловые и массообменные процессы : учебно-методическое пособие / М. И. Ведерникова, Л. Г. Старцева, И. К. Гиндулин ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский государственный лесотехнический университет. — Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. — 158 с. — Режим доступа:

https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12711/1/Vedernikova_23.pdf

6. Основы высокотемпературной теплотехнологии: учебное пособие / А.В. Бараков, Д.А. Прутских, А.А. Надеев, В.Ю. Дубанин; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». — Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. — 91 с. — Режим доступа:

<https://cchgeu.ru/upload/iblock/1a5/ccc2xcqb8tlywzcmves7ehfpn7c9h3h7/Osnovy-vysokotemp.-teplotekhn. Ucheb.-posobie 2022- VTPiU .pdf>

Дополнительная литература

1. Примеры и задачи по теплообмену: учебное пособие / В. С. Логинов, А. В. Крайнов, В. Е. Юхнов [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2019. — 256 с.— URL: <https://e.lanbook.com/book/112072>

Учебно-методическое обеспечение

1. Теплообмен в гетерогенных системах : метод. указания к практ. занятиям для студентов магистратуры направления 18.04.01 / сост. О. В. Зыря-

нова ; науч. ред. Н. К. Кондрашева. - СПб. : Горн. ун-т, 2016. – 38 с. .— URL: http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=I=548%2F%D0%A2%2034%2D121622110

7.2 Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная библиотека ДонГТУ: официальный сайт.— Алчевск. — URL: library.dstu.education.— Текст: электронный.
2. Научно-техническая библиотека БГТУ им. Шухова : официальный сайт. — Белгород. — URL: <http://ntb.bstu.ru/jirbis2/>.— Текст: электронный.
3. Консультант студента: электронно-библиотечная система.— Москва. — URL: <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x>.— Текст: электронный.
4. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система.— URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red.— Текст: электронный.
5. IPR BOOKS: электронно-библиотечная система.—Красногорск. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/>. —Текст: электронный.
6. ЭБС Издательства "Университетская библиотека онлайн" <http://e.lanbook.com/>
7. ЭБС Издательства "ЛАНЬ": [сайт]. – <https://e.lanbook.com/>
8. Цифровая библиотека IPR SMART: [сайт]. – <https://www.iprbookshop.ru/>
9. Национальная электронная библиотека: [сайт]. – <https://rusneb.ru/>
10. Российская Государственная Библиотека: [сайт]. – <https://diss.rsl.ru/>
11. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: [сайт]. – <https://cyberleninka.ru/>
12. Научная электронная библиотека eLIBRARY: [сайт]. – <https://elibrary.ru/defaultx.asp?/>
13. Электронная библиотека «Астраханский государственный университет» – <https://biblio.asu.edu.ru>
14. ЭБС «Университетская Библиотека Онлайн» <https://biblioclub.ru>
15. Информационно-библиотечный комплекс «Политех» <https://library.spbstu.ru>
16. Электронная библиотека РУНЕТА: [сайт].– <https://libcats.org>

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база обеспечивает проведение всех видов деятельности в процессе обучения, соответствует требованиям ФГОС ВО.

Материально-техническое обеспечение представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Материально-техническое обеспечение

Наименование оборудованных учебных кабинетов	Адрес (местоположение) учебных кабинетов
Интерактивная доска, компьютеры, планшеты, раздаточный материал для лабораторных работ, вытяжной шкаф, лабораторный стол преподавателя, лабораторные столы для студентов, учебный стенд, оборудование для лабораторных работ. Численность посадочных мест- 30 человек	406 главный корпус Лаборатория общей химии

Лист согласования РПД

Разработал
старший преподаватель кафедры
металлургических технологий
(должность)


Е.Ю. Рамазанова
(подпись) (Ф.И.О.)

И.о. заведующего кафедрой МТ


Н.Г. Митичкина
(подпись) (Ф.И.О.)

Протокол № 1 заседания кафедры
металлургических технологий

от 30.08.2024г.

И. о. декана факультета горно-
металлургической
промышленности и
строительства


О. В. Князьков
(подпись) (Ф.И.О.)

Согласовано

Председатель методической
комиссии по направлению подготовки
18.04.01 «Химическая технология»
Магистерская программа «Химическая технология
природных энергоносителей и
углеродных материалов»


Н.Г. Митичкина
(подпись) (Ф.И.О.)

Начальник учебно-методического центра


О.А. Коваленко
(подпись) (Ф.И.О.)

Лист изменений и дополнений

Номер изменения, дата внесения изменения, номер страницы для внесения изменений	
ДО ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:	ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ:
Основание:	
Подпись лица, ответственного за внесение изменений	