

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 25.11.2022 08:59:51  
Уникальный программный ключ:  
b683afe664d7e9f64175886cf9626a198149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Факультет  
Кафедра

*Естественнонаучный*  
*Общей и теоретической физики*

### Рабочая программа дисциплины (модуля)

дисциплина

*ФТД.В.ДВ.01.02 Явление переноса*

часть, формируемая участниками образовательных отношений

Специальность

**21.05.05**

код

***Физические процессы горного или нефтегазового производства***

наименование специальности

Программа

***специализация N 2 "Физические процессы нефтегазового производства"***

Форма обучения

**Заочная**

Для поступивших на обучение в  
**2022 г.**

Разработчик (составитель)

***к.ф.-м.н., доцент***

***Зеленова М. А.***

ученая степень, должность, ФИО

Стерлитамак 2022

<b>1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....</b>	<b>4</b>
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....	4
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам).....	5
<b>5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....</b>	<b>6</b>
<b>6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>9</b>
6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).....	9
6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем .....	9
6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства .....	11
<b>7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) .....</b>	<b>11</b>

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

<b>Формируемая компетенция (с указанием кода)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
ПК-5. Способен разрабатывать текущие и перспективные программы по оценке ресурсов, подсчету и пересчету запасов	ПК-5.1. Применяет технологии проведения, обработки и интерпретации геолого-геофизических работ в профессиональной деятельности.	Обучающийся должен знать: фундаментальные физические законы, методы и способы моделирования и исследования явлений переноса
	ПК-5.2. Подготавливает материалы, используемые при разработке программ геологоразведочных работ по подсчету запасов и управлению запасами.	Обучающийся должен уметь: создавать новые модели явлений переноса, проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в фундаментальных областях физики
	ПК-5.3. Осуществляет разработки перспективных программ геологоразведочных работ с целью уточнения запасов углеводородов на территории деятельности организации.	Обучающийся должен владеть: навыками анализа и моделирования явлений переноса

**2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Цели изучения дисциплины:

дать студентам глубокие и прочные знания основных термодинамических и статистических закономерностей явлений переноса, а также научить применять эти знания к прикладным задачам. Обратить внимание на различие методов, которые характерны для термодинамических и статистических подходов при решении возникающих проблем.

Задачи дисциплины:

Изучив данный курс, студент должен знать основные понятия и фундаментальные законы термодинамики и статистической физики в приложении к явлениям переноса, овладеть методами постановки и решения задач, уметь проводить численные расчеты коэффициентов переноса, ознакомиться с методами исследований явления переноса.

Дисциплина реализуется в рамках части, формируемой участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: Физика, Химия, Математика. Компетенции, сформированные в рамках изучения дисциплины потребуются при выполнении ВКР.

Дисциплина изучается на 5 курсе в 9, 10 семестрах

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 72 acad. ч.

Объем дисциплины	Всего часов
	Заочная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	4
практических (семинарских)	6
другие формы контактной работы (ФКР)	0,2
Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):	3,8
зачет	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	58

Формы контроля	Семестры
зачет	10

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

№ п/п	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Контактная работа с преподавателем			СР
		Лек	Пр/Сем	Лаб	
<b>1</b>	<b>Темы дисциплины</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>58</b>
1.1	Общность уравнений, описывающих перенос массы, импульса, энергии	0	0	0	8
1.2	Феноменологические модели переноса в покоящихся средах	2	0	0	10
1.3	Теплопроводность и диффузия в движущихся средах	2	2	0	14
1.4	Гидродинамика, ламинарные течения	0	2	0	8
1.5	Турбулентность, пограничные слои	0	0	0	10
1.6	Термодиффузия; массообмен в гетерофазных средах	0	2	0	8

	<b>Итого</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>58</b>
--	--------------	----------	----------	----------	-----------

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Курс лекционных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>1</b>	<b>Темы дисциплины</b>	
1.2	Феноменологические модели переноса в покоящихся средах	Справочные сведения из векторной алгебры и математического анализа. Структурные элементы скалярных полей: изолинии и градиент. Потоки и коэффициенты переноса, законы Фурье и Фика. Объемная плотность источников поля. Вывод дифференциальных уравнений диффузии и теплопроводности. Начальные и граничные условия задачи. Типы граничных условий. Аналитические решения простейших задач тепломассопереноса. Решение задачи о промерзании полупространства, скорость продвижения температурного фронта. Зависимость времени выравнивания температур от размеров тела. Численное решение уравнения теплопроводности методом сеток. Переход от дифференциальных уравнений в частных производных к конечно-разностным формулам. Согласование размера сетки и шага по времени для явных разностных схем, устойчивость и точность численного решения. Решение стационарных задач методом установления. Аналитическое решение краевой задачи для прямоугольной декартовой системы координат в виде рядов: метод разделения переменных (метод Коши). Дисперсионный анализ: зависимость периода затухания гармоника от длины волны. Вывод критерия устойчивости конечно-разностной схемы, физический смысл критерия устойчивости
1.3	Теплопроводность и диффузия в движущихся средах	Вывод уравнений теплопроводности и диффузии для движущегося потока в представлении Лагранжа. Уравнение диффузии для движущегося потока в представлении Эйлера. Аналитическое решение простейших задач с конвективным членом. Численное решение уравнения теплопроводности для движущегося потока методом сеток. Влияние скорости потока на устойчивость разностной схемы.

Курс практических/семинарских занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>1</b>	<b>Темы дисциплины</b>	
1.3	Теплопроводность и	Математическое моделирование температурных полей

	диффузия в движущихся средах	потока жидкости в трубах заданного сечения. Сравнение полученных результатов с известными моделями
1.4	Гидродинамика, ламинарные течения	Математическое и численное исследование ламинарного профиля скорости течения жидкости и оценка критического значения критерия Рейнольдса.
1.6	Термодиффузия; массообмен в гетерофазных средах	Расчетным путем оценить диффузионное торможение модельной каталитической реакции

## 5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Качество и глубина освоения материала по изучаемой дисциплине неразрывно связаны с четкой организацией и эффективностью самостоятельной работы студентов (СРС). Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Самостоятельная работа студентов при изучении курса включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) подготовка к лекциям и практическим занятиям;
- 2) самостоятельное изучение отдельных вопросов курса;
- 4) подготовка к промежуточному и итоговому контролю знаний.

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется ведение конспекта и глоссария, чтение и анализ лекционного материала. В период подготовки к лекционным занятиям главное – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

Предполагается, что, прослушав лекцию, студент ознакомится с рекомендованной литературой из основного списка, затем обратится к источникам, указанным в библиографических списках изученных книг, осуществит поиск и критическую оценку материала в сети. Рекомендуется разобрать примеры составления математических программ и способы работы с инструментами.

По представленной дисциплине самостоятельная работа обучаемых предполагает выработку навыков практической работы по темам (в скобках указано выделенное количество часов):

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание	трудоемкость (в часах)
1	Общность уравнений, описывающих перенос массы, импульса, энергии	Трактовка законов термодинамики с позиций статистической физики. Времена релаксации основных переходных процессов: установление локального распределения Максвелла; выравнивание давлений, температур, концентраций. Иерархия процессов перехода к состоянию термодинамического равновесия, роль и место процессов переноса в общей физической картине.	8
2	Феноменологические модели переноса в покоящихся средах	Справочные сведения из векторной алгебры и математического анализа. Структурные элементы скалярных полей: изолинии и градиент. Потоки и коэффициенты переноса, законы Фурье и Фика. Объемная плотность источников поля. Вывод дифференциальных уравнений диффузии и теплопроводности. Начальные и граничные условия задачи. Типы граничных условий. Аналитические решения простейших задач тепломассопереноса. Решение задачи о промерзании полупространства, скорость продвижения температурного фронта. Зависимость времени выравнивания температур от размеров тела. Численное решение уравнения теплопроводности методом сеток. Переход от дифференциальных уравнений в частных производных к конечно-разностным формулам. Согласование размера сетки и шага по времени для явных разностных схем, устойчивость и точность численного решения. Решение стационарных задач методом установления. Аналитическое решение краевой задачи для прямоугольной декартовой системы координат в виде	10

		рядов: метод разделения переменных (метод Коши). Дисперсионный анализ: зависимость периода затухания гармоника от длины волны. Вывод критерия устойчивости конечно-разностной схемы, физический смысл критерия устойчивости.	
3	Теплопроводность и диффузия в движущихся средах	Вывод уравнений теплопроводности и диффузии для движущегося потока в представлении Лагранжа. Уравнение диффузии для движущегося потока в представлении Эйлера. Аналитическое решение простейших задач с конвективным членом. Численное решение уравнения теплопроводности для движущегося потока методом сеток. Влияние скорости потока на устойчивость разностной схемы.	14
4	Гидродинамика, ламинарные течения	Перенос массы: вывод уравнения неразрывности. Перенос импульса: вязкие напряжения, объемные силы, вывод уравнения движения. Перенос энергии: вывод уравнения конвективного теплопереноса. Система уравнений гидродинамики в представлении Эйлера и Лагранжа. Подобие гидродинамических течений, критерии Рейнольдса, Прандтля, Нусельта. Частные случаи гидродинамических течений: несжимаемая жидкость, изотермическое течение, идеальная жидкость. Постановка краевых условий. Аналитические решения для простейших ламинарных течений: течение жидкости по трубе, течение жидкости между вращающимися дисками. Разностные схемы для численного решения задач гидродинамики. Сходимость и устойчивость разностной схемы.	8
5	Турбулентность,	Анализ устойчивости ламинарного	10



	пограничные слои	течения жидкости в узкой щели. Возникновение конвективных ячеек, турбулентность. Напряжения Рейнольдса. Скоростной (вязкий) и температурный пограничные слои. Простейшие модели пограничных слоев. Эмпирические зависимости для расчета коэффициентов теплоотдачи.	
6	Термодиффузия; массообмен в гетерофазных средах	Взаимовлияние движущих сил процессов переноса, термодиффузия. Диффузионное торможение химических реакций. Численное моделирование процессов массообмена в двухфазных средах	8
	<b>ИТОГО</b>		<b>58</b>

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

### 6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

#### Основная учебная литература:

1. Дмитриев, Е. А. Явления переноса массы в примерах и задачах : учебное пособие / Е. А. Дмитриев. – Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. – 104 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428677> (дата обращения: 26.06.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-4475-4780-6. – DOI 10.23681/428677. – Текст : электронный.
2. Лапшин, В. Ф. Явления переноса : учебное пособие / В. Ф. Лапшин, В. М. Уваров, В. Ю. Флоринский. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2019. — 33 с. — ISBN 978-5-7641-1330-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153589> (дата обращения: 26.06.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### Дополнительная учебная литература:

1. Дмитриев, Е.А. Явления переноса массы в примерах и задачах: учебное пособие / Е.А. Дмитриев. Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. 104 с.: ил., табл. Библиогр. в кн. ISBN 978-5-4475-4780-6  
То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428677> (25.06.2022)

### 6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование документа с указанием реквизитов
-------	---

1	Договор на доступ к ЭБС ZNANIUM.COM между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Знаниум» от 12.07.2021
2	Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 223/596 от 04.03.2021
3	Договор на доступ к ЭБС «Университетская библиотека онлайн» между БашГУ и «Нексмедиа» № ОГЗ-114 от 28.09.2022
4	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № ОГЗ-145 от 01.10.2021
5	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № ОГЗ-146 от 01.10.2021
6	Соглашение о сотрудничестве между БашГУ и издательством «Лань» № 141 от 01.10.2021
7	ЭБС «ЭБ БашГУ», бессрочный договор между БашГУ и ООО «Открытые библиотечные системы» № 095 от 01.09.2014 г.
8	Договор на доступ к электронным научным периодическим изданиям между БашГУ и РУНЭБ № ОГЗ-512 от 20.12.2021
9	Договор на БД диссертаций между БашГУ и РГБ №095/04/0045-1254 от 02.07.2021
10	Договор о подключении к НЭБ и о предоставлении доступа к объектам НЭБ между БашГУ в лице директора СФ БашГУ с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1438-П от 11.06.2019

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»)**

№ п/п	Адрес (URL)	Описание страницы
1	<a href="http://lectoriy.mipt.ru/file/synopsis/pdf/Physics-Thermodynam-M12-Ovchin-090505.01.pdf">http://lectoriy.mipt.ru/file/synopsis/pdf/Physics-Thermodynam-M12-Ovchin-090505.01.pdf</a>	Лекторий ПДФ-лекция по теме «Явления переноса»
2	<a href="http://lectoriy.mipt.ru/lecture/Physics-Thermodynam-L11-Ovchin-090428.01">http://lectoriy.mipt.ru/lecture/Physics-Thermodynam-L11-Ovchin-090428.01</a>	Видеолекции МФТИ по теме «Явления переноса»
3	<a href="https://www.gubkin.ru/diss2/list.php?COUNCIL_ID=34806#">https://www.gubkin.ru/diss2/list.php?COUNCIL_ID=34806#</a>	Архив диссертаций РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
4	<a href="http://www.nitpo.ru/publications/">http://www.nitpo.ru/publications/</a>	Статьи научно-производственной фирмы «НИТПО»
5	<a href="http://snkoil.com/press-tsentr/polezno-pochitat/">http://snkoil.com/press-tsentr/polezno-pochitat/</a>	Научно – исследовательский центр ООО «СНК». Полезные статьи о разработке нефтегазовых месторождений
6	<a href="https://www.neftegaz-expo.ru/ru/ui/">https://www.neftegaz-expo.ru/ru/ui/</a>	Экспоцентр. НЕФТЬГАЗ. Полезная

		информация в области разработки нефти и газа
--	--	--

**6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

<b>Наименование программного обеспечения</b>
Office Standart 2007 Russian OpenLicensePack NoLevel Acdmc
Windows XP

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

<b>Тип учебной аудитории</b>	<b>Оснащенность учебной аудитории</b>
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций	учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций	учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Читальный зал: помещение для самостоятельной работы	учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютеры