

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 28.06.2022 10:57:11  
Уникальный программный ключ:  
b683afe664d7e9f64175886cf9626a196149ad56

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет  
Кафедра

*Естественнонаучный*  
*Общей и теоретической физики*

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

дисциплина

***Б1.О.16.07 Явления переноса***

обязательная часть

Направление

***03.03.02***

***Физика***

код

наименование направления

Программа

***Медицинская физика***

Форма обучения

***Очная***

Для поступивших на обучение в  
***2021 г.***

Разработчик (составитель)

***к.п.н., доцент***

***Кирюхин А. Ю.***

ученая степень, должность, ФИО

<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>3</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) .....	4
<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>8</b>
6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)	8
6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем .....	9

**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>
ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;	ОПК-2.1. Разбирается в основных научных методах теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений	Обучающийся должен знать: фундаментальные физические законы, методы и способы моделирования и исследования явлений переноса
	ОПК-2.2. Использует физико-математический аппарат для разработки математических моделей явлений, процессов и объектов при решении задач в профессиональной деятельности	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
	ОПК-2.3. Проводит эксперименты по заданной методике и анализирует их результаты	Обучающийся должен владеть: навыками анализа и моделирования явлений переноса

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

Цели изучения дисциплины:

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Физика», «Химия», «Математика», «Технология и техника добычи нефти», «Технология бурения нефтяных и газовых скважин». Компетенции, сформированные в рамках изучения дисциплины «Трубопроводный транспорт нефти и газа» потребуются при изучении дисциплин «Экспериментальное обоснование технологии разработки месторождений нефти и газа» и при выполнении ВКР.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 8 семестре

**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 4 зач. ед., 144 акад. ч.

<b>Объем дисциплины</b>	<b>Всего часов</b>
	<b>Очная форма обучения</b>
Общая трудоемкость дисциплины	144

Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	34
практических (семинарских)	50
другие формы контактной работы (ФКР)	0,2
Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):	
дифференцированный зачет	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	59,8

<b>Формы контроля</b>	<b>Семестры</b>
дифференцированный зачет	8

#### 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>Явления переноса</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>59,8</b>
1.7	Пограничные слои	4	6	0	7
1.1	Общность уравнений, описывающих перенос массы, импульса, энергии	4	4	0	6
1.3	Теплопроводность и диффузия в движущихся средах	4	6	0	6
1.9	Массообмен в гетерофазных средах	2	4	0	6,8
1.8	Термодиффузия	4	6	0	7
1.6	Турбулентность	4	6	0	7
1.5	Ламинарные течения	4	6	0	7
1.4	Гидродинамика	4	6	0	7
1.2	Феноменологические модели переноса в покоящихся средах	4	6	0	6
	<b>Итого</b>	<b>34</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>59,8</b>

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

Курс лекционных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>1</b>	<b>Явления переноса</b>	
1.7	Пограничные слои	Дисперсионный анализ: зависимость периода затухания гармоник от длины волны. Вывод критерия устойчивости конечно-разностной схемы, физический смысл критерия устойчивости
1.1	Общность уравнений,	Структурные элементы скалярных полей: изолинии и

	описывающих перенос массы, импульса, энергии	градиент. Потоки и коэффициенты переноса, законы Фурье и Фика. Объемная плотность источников поля.
1.3	Теплопроводность и диффузия в движущихся средах	Аналитические решения простейших задач тепломассопереноса. Решение задачи о промерзании полупространства, скорость продвижения температурного фронта. Зависимость времени выравнивания температур от размеров тела.
1.9	Массообмен в гетерофазных средах	Математическое и численное исследование ламинарного профиля скорости течения жидкости и оценка критического значения критерия Рейнольдса.
1.8	Термодиффузия	Математическое моделирование температурных полей потока жидкости в трубах заданного сечения. Сравнение полученных результатов с известными моделями
1.6	Турбулентность	Аналитическое решение краевой задачи для прямоугольной декартовой системы координат в виде рядов: метод разделения переменных (метод Коши).
1.5	Ламинарные течения	Согласование размера сетки и шага по времени для явных разностных схем, устойчивость и точность численного решения. Решение стационарных задач методом установления
1.4	Гидродинамика	Численное решение уравнения теплопроводности методом сеток. Переход от дифференциальных уравнений в частных производных к конечно-разностным формулам.
1.2	Феноменологические модели переноса в покоящихся средах	Вывод дифференциальных уравнений диффузии и теплопроводности. Начальные и граничные условия задачи. Типы граничных условий.

#### Курс практических/семинарских занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>1</b>	<b>Явления переноса</b>	
1.7	Пограничные слои	Начальные и граничные условия задачи. Типы граничных условий
1.1	Общность уравнений, описывающих перенос массы, импульса, энергии	Математическое моделирование температурных полей потока жидкости в трубах заданного сечения. Сравнение полученных результатов с известными моделями
1.3	Теплопроводность и диффузия в движущихся средах	Расчетным путем оценить диффузионное торможение модельной каталитической реакции
1.9	Массообмен в гетерофазных средах	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
1.8	Термодиффузия	Вывод дифференциальных уравнений диффузии и теплопроводности
1.6	Турбулентность	Дисперсионный анализ: зависимость периода затухания

		гармоники от длины волны. Вывод критерия устойчивости конечно-разностной схемы, физический смысл критерия устойчивости
1.5	Ламинарные течения	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
1.4	Гидродинамика	Аналитические решения простейших задач тепломассопереноса. Решение задачи о промерзании полупространства, скорость продвижения температурного фронта. Зависимость времени выравнивания температур от размеров тела.
1.2	Феноменологические модели переноса в покоящихся средах	Математическое и численное исследование ламинарного профиля скорости течения жидкости и оценка критического значения критерия Рейнольдса.

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

На самостоятельное изучение выносятся вопросы из тем:

№ 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.	10
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.	12

		<p>Зависимость времени выравнивания температур от размеров тела.</p> <p>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.</p> <p>Аналитическое решение краевой задачи для прямоугольной декартовой системы координат в виде рядов: метод разделения переменных (метод Коши). Дисперсионный анализ: зависимость периода затухания гармоник от длины волны. Вывод критерия устойчивости конечно-разностной схемы, физический смысл критерия устойчивости.</p>	
3	Теплопроводность и диффузия в движущихся средах	<p>Вывод уравнений теплопроводности и диффузии для движущегося потока в представлении Лагранжа.</p> <p>Уравнение диффузии для движущегося потока в представлении Эйлера.</p> <p>Аналитическое решение простейших задач с конвективным членом.</p> <p>Численное решение уравнения теплопроводности для движущегося потока методом сеток. Влияние скорости потока на устойчивость разностной схемы.</p>	13.8
4	Гидродинамика, ламинарные течения	<p>Перенос массы: вывод уравнения неразрывности.</p> <p>Перенос импульса: вязкие напряжения, объемные силы, вывод уравнения движения.</p> <p>Перенос энергии: вывод уравнения конвективного теплопереноса.</p> <p>Система уравнений гидродинамики в представлении Эйлера и Лагранжа. Подобие гидродинамических течений, критерии Рейнольдса,</p>	8

		<p>Прандтля, Нусельта.</p> <p>Частные случаи гидродинамических течений: несжимаемая жидкость, изотермическое течение, идеальная жидкость. Постановка краевых условий.</p> <p>Аналитические решения для простейших ламинарных течений: течение жидкости по трубе, течение жидкости между вращающимися дисками.</p> <p>Разностные схемы для численного решения задач гидродинамики. Сходимость и устойчивость разностной схемы.</p>	
5	Турбулентность, пограничные слои	<p>Анализ устойчивости ламинарного течения жидкости в узкой щели.</p> <p>Возникновение конвективных ячеек, турбулентность.</p> <p>Напряжения Рейнольдса.</p> <p>Скоростной (вязкий) и температурный пограничные слои.</p> <p>Простейшие модели пограничных слоев.</p> <p>Эмпирические зависимости для расчета коэффициентов теплоотдачи.</p>	10
6	Термодиффузия; массообмен в гетерофазных средах	<p>Взаимовлияние движущих сил процессов переноса, термодиффузия.</p> <p>Диффузионное торможение химических реакций.</p> <p>Численное моделирование процессов массообмена в двухфазных средах</p>	10
<b>ИТОГО</b>			<b>63.8</b>

Учебно-методический материал, который поможет студенту организовать самостоятельное изучение тем дисциплины, приведено в пункте 7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля) и 7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля).

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

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

**Основная учебная литература:**



1. Селезнев В.Д. Исследование явлений переноса. Избранные работы. - Изд-во Едиториал, 2019. - 634 с.
2. Гольдаде, В.А. Физика конденсированного состояния: пособие / В.А. Гольдаде, Л.С. Пинчук; под ред. Н.К. Мышкина. Минск: Белорусская наука, 2009. 648 с.

**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
2. Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса [https://www.studmed.ru/berd-r-styuart-v-laytfut-e-yavleniya-perenosa\\_2c7395a3bda.html](https://www.studmed.ru/berd-r-styuart-v-laytfut-e-yavleniya-perenosa_2c7395a3bda.html) (02.06.2021)

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

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