

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

Факультет  
Кафедра

*Естественнонаучный*  
*Общей и теоретической физики*

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

дисциплина

*Явления переноса*

**Блок Б1, базовая часть, Б1.Б.14.07**

цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору)

Направление

**03.03.02**

**Физика**

код

наименование направления

Программа

**Медицинская физика**

Форма обучения

**Очная**

Для поступивших на обучение в  
**2019 г.**

Разработчик (составитель)

*к.п.н., доцент*

**Кирюхин А. Ю.**

ученая степень, должность, ФИО

Стерлитамак 2022

<b>1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) .....</b>	<b>3</b>
1.1. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы .....	3
1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .	3
<b>2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....</b>	<b>4</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 .....	9
6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем .....	9

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

### 1.1. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший программу высшего образования, в рамках изучаемой дисциплины, должен обладать компетенциями, соответствующими видам профессиональной деятельности, на которые ориентирована программа:

Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3)

Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1)

### 1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемая компетенция (с указанием кода)	Этапы формирования компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1)	1 этап: Знания	Обучающийся должен знать: фундаментальные физические законы, методы и способы моделирования и исследования явлений переноса
	2 этап: Умения	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
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Обучающийся должен владеть: навыками анализа и моделирования явлений переноса
Способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3)	1 этап: Знания	Обучающийся должен знать: принципы построения алгоритмов оптимизационных проектных расчетов, особенности использования в разработке технических проектов новые информационные технологии
	2 этап: Умения	Обучающийся должен уметь: использовать современные математические пакеты при расчетах и визуализации в процессе научного исследования
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Обучающийся должен владеть: навыками расчетов и визуализации в процессе научного исследования

--	--	--

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

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.

Объем дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	24
практических (семинарских)	20
другие формы контактной работы (ФКР)	1,2
Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):	34,8
экзамен	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	64

Формы контроля	Семестры
экзамен	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	
1.8	Термодиффузия	2	2	0	7
1.7	Турбулентность	2	2	0	7
1.6	Пограничные слои	2	2	0	7
1.5	Ламинарные течения	2	2	0	7

1.4	Гидродинамика	2	2	0	7
1.2	Феноменологические модели переноса в покоящихся средах	4	2	0	7
1.1	Общность уравнений, описывающих перенос массы, импульса, энергии	4	2	0	7
1.9	Массообмен в гетерофазных средах	2	2	0	8
<b>1</b>	<b>Явление переноса</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>64</b>
1.3	Теплопроводность и диффузия в движущихся средах	4	4	0	7
	<b>Итого</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>64</b>

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

Курс лекционных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1.8	Термодиффузия	Вывод критерия устойчивости конечно-разностной схемы
1.7	Турбулентность	Дисперсионный анализ: зависимость периода затухания гармоника от длины волны
1.6	Пограничные слои	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	Объемная плотность источников поля. Вывод дифференциальных уравнений диффузии и теплопроводности. Начальные и граничные условия задачи. Типы граничных условий
1.1	Общность уравнений, описывающих перенос массы, импульса, энергии	Справочные сведения из векторной алгебры и математического анализа. Структурные элементы скалярных полей: изолинии и градиент. Потоки и коэффициенты переноса, законы Фурье и Фика
1.9	Массообмен в гетерофазных средах	физический смысл критерия устойчивости
<b>1</b>	<b>Явление переноса</b>	
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

Курс практических/семинарских занятий

№	Наименование раздела /	Содержание
---	------------------------	------------

	<b>темы дисциплины</b>	
1.8	Термодиффузия	Взаимовлияние движущих сил процессов переноса, термодиффузия. Диффузионное торможение химических реакций
1.7	Турбулентность	Возникновение конвективных ячеек, турбулентность. Напряжения Рейнольдса.
1.6	Пограничные слои	Скоростной (вязкий) и температурный пограничные слои. Простейшие модели пограничных слоев. Эмпирические зависимости для расчета коэффициентов теплоотдачи
1.5	Ламинарные течения	Математическое и численное исследование ламинарного профиля скорости течения жидкости и оценка критического значения критерия Рейнольдса.
1.4	Гидродинамика	Система уравнений гидродинамики в представлении Эйлера и Лагранжа. Подобие гидродинамических течений, критерии Рейнольдса, Прандтля, Нусельта.
1.2	Феноменологические модели переноса в покоящихся средах	Аналитические решения простейших задач теплопереноса. Решение задачи о промерзании полупространства, скорость продвижения температурного фронта. Зависимость времени выравнивания температур от размеров тела.
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
1.9	Массообмен в гетерофазных средах	Численное моделирование процессов массообмена в двухфазных средах
<b>1</b>	<b>Явление переноса</b>	
1.3	Теплопроводность и диффузия в движущихся средах	Расчетным путем оценить диффузионное торможение модельной каталитической реакции

## 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	10

		общей физической картине.	
2	Феноменологические модели переноса в покоящихся средах	<p>Справочные сведения из векторной алгебры и математического анализа. Структурные элементы скалярных полей: изолинии и градиент. Потoki 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.</p>	12
3	Теплопроводность и диффузия в движущихся средах	<p>Вывод уравнений теплопроводности и диффузии для движущегося потока в представлении Лагранжа. Уравнение диффузии для движущегося потока в представлении Эйлера. Аналитическое решение простейших</p>	13.8

		<p>задач с конвективным членом.</p> <p>Численное решение уравнения теплопроводности для движущегося потока методом сеток. Влияние скорости потока на устойчивость разностной схемы.</p>	
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.</p> <p>Подобие гидродинамических течений, критерии Рейнольдса, 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.</p> <p>Сходимость и устойчивость разностной схемы.</p>	8
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</p>	10

		массообмена в двухфазных средах	
		<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**

#### **Основная учебная литература:**

1. 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

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

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование документа с указанием реквизитов</b>
--------------	--