

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №10 от «08» апреля 2020 г.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой  /Ковалева Л.А.

 / Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина ТЕПЛОФИЗИКА

*(наименование дисциплины)*

Б1.В.ДВ.07.01 вариативная часть, дисциплина по выбору

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

**программа магистратуры**

Направление подготовки (специальность)

03.04.01 Прикладные математика и физика

*(код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки


Моделирование нефтегазовых процессов и технологий

*(наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

Магистр

*(квалификация)*


Разработчик (составитель) <u>проф., д.ф.-м.н., проф.</u> (должность, ученая степень, ученое звание)	 / <u>Хабибуллин И.Л.</u> (подпись, Фамилия И.О.)
---	--

Для приема: 2020 г.

Уфа 2020 г.

Составитель / составители: Хабибуллин И.Л.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «08» апреля 2020 №10

Заведующий кафедрой  / Л.А.Ковалева

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных  
спланируемыми результатами освоения образовательной программы  
(с ориентацией на карты компетенций)**

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

**ОК-1** - способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

**ПК-1** - способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать основные теоретические положения теплофизики для постановки конкретных задач научных исследований	ОК - 1	
	2. Знать основные физические методы, методики и закономерности необходимые для решения научно-инновационных задач	ПК - 1	
Умения	1. Умение использовать знания, полученные по теплофизике для решения научно-инновационных задач	ОК - 1	
	2. Умение использовать полученные знания при составлении и оформлении научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей	ПК - 1	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владение навыками абстрактного мышления	ОК - 1	
	2. Владеть методами решений задач теплофизики при разработке	ПК - 1	

	НОВЫХ МЕТОДОВ И МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ В НАУЧНО- ИННОВАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ И ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ		
--	--	--	--

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Теплофизика» относится к *вариативной* части.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре.

Цель дисциплины: «Теплофизика» является формирование у студентов научного мировоззрения, навыков и умений на базе изучения основных закономерностей и процессов теплофизики, для того, чтобы использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности.

Данный курс предназначен для студентов направления 03.04.02 «Физика». Курс «Теплофизика» позволяет сформулировать и решать задачи по изучению тепловых процессов при фильтрации жидкостей и газов в пористых средах, в том числе нефтегазоносных пластах.

Для усвоения дисциплины обучаемый должен обладать базовой математической и физической подготовкой в рамках университетского курса для студентов физиков и навыками владения современными вычислительными средствами. Обучаемый должен владеть основными понятиями физики. По предмету и методу своих исследований данный курс тесно связан с такими предметами как «Механика сплошной среды», «Термогидродинамические процессы в многофазных средах» и «Методы увеличения нефтеотдачи пластов» и способствует формированию у будущих специалистов целостного понимания и анализа процессов и явлений в области избранной профессиональной деятельности.

Дисциплина «Теплофизика» призвана помочь студентам овладеть навыками и знаниями, необходимыми для выполнения научно-исследовательской работы, включая выполнение выпускной классифицированной работы, а так же изучению таких дисциплин как «Механика сплошной среды», «Термогидродинамические процессы в многофазных средах».

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ОК-1–способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (Пороговый уровень)	Знать: 1) теоретические основы, основные понятия, законы и модели теплофизики; 2) методы теоретических и экспериментальных исследований в физике 3) границы применимости различных физических понятий, законов, теорий.	Имеет частичные знания об основных понятиях и законах теплофизики методами теоретических и экспериментальных исследований	В целом знает об основных понятиях и законах теплофизики, методах теоретических и экспериментальных исследованиях	Знает об основных понятиях и законах теплофизики, методах теоретических и экспериментальных исследований, но допускает незначительные ошибки	Знает об основных понятиях и законах теплофизики, методах теоретических и экспериментальных исследований в физике
Второй этап (Базовый уровень)	Уметь: 1) оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов исследования;	Не показывает сформированные умения в оценке достоверности и результатов, полученных с помощью экспериментальных и теоретических	Умеет частично оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов исследования;	Оценивает степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов	Достоверно оценивает результаты, полученные с помощью экспериментальных

	2) анализировать и применять физические законы и явления для решения задач	х методов исследования; Не умеет анализировать и применять физические законы и явления для решения задач	Не в полной мере применяет физические законы и явления для решения задач	исследования; Применяет физические законы и явления для решения задач	ых и теоретических методов исследования; Анализирует и применяет физические законы и явления для решения задач
Третий этап (Повышенный уровень)	Знать: 1) теоретические основы, основные понятия, законы и модели теплофизики; 2) методы теоретических и экспериментальных исследований в физике 3) границы применимости различных физических понятий, законов, теорий.	Не владеет методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; - методиками решения задач по теплофизике; - навыками проведения физического эксперимента и методами оценки погрешности измерений.	Владеет методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; - методиками решения задач по теплофизике; - навыками проведения физического эксперимента и методами оценки погрешности измерений. но допускает значительные ошибки	Использует методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; - методики решения задач по теплофизике; владеет навыками проведения физического эксперимента и методами оценки погрешности измерений.	Владеет в полной мере методами и обработкой и анализом экспериментальной и теоретической физической информации; - методиками решения задач по теплофизике; - навыкам и проведением физического эксперимента и методам



					и оценки погрешности измерений.
--	--	--	--	--	---------------------------------

ПК-1– способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего отечественного и зарубежного опыта

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (Пороговый уровень)	Знать: 1) теоретические основы, основные понятия, законы и модели теплофизики; 2) методы теоретических и экспериментальных исследований в физике 3) границы применимости различных физических понятий, законов, теорий.	Имеет частичные знания об основных понятиях и законах теплофизики, методах теоретических и экспериментальных исследований	В целом знает об основных понятиях и законах теплофизики, методах теоретических и экспериментальных исследованиях	Знает об основных понятиях и законах теплофизики, методах теоретических и экспериментальных исследований, но допускает незначительные ошибки	Знает об основных понятиях и законах теплофизики, методах теоретических и экспериментальных исследований в физике
Второй этап (Базовый уровень)	Уметь: 1) оценивать степень достоверности результатов,	Не показывает сформированные умения в оценке	Умеет частично оценивать степень достоверности результатов,	Оценивает степень достоверности результатов	Достоверно оценивает результаты

	полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов исследования; 2) анализировать и применять физические законы и явления для решения задач	достоверность и результатов, полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов исследования; Не умеет анализировать и применять физические законы и явления для решения задач	полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов исследования; Не в полной мере применяет физические законы и явления для решения задач	, полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов исследования; Применяет физические законы и явления для решения задач	ты, полученные с помощью экспериментальных и теоретических методов исследования; Анализирует и применяет физические законы и явления для решения задач
Третий этап (Повышенный уровень)	Знать: 1) теоретические основы, основные понятия, законы и модели теплофизики; 2) методы теоретических и экспериментальных исследований в физике 3) границы применимости различных физических понятий, законов, теорий.	Не владеет методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; - методиками решения задач по теплофизике; - навыками проведения физического эксперимента и методами оценки погрешности измерений.	Владеет методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; - методиками решения задач по теплофизике; - навыками проведения физического эксперимента и методами оценки погрешности измерений. но допускает значительные ошибки	Использует методы обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; - методиками решения задач по теплофизике; владеет навыками проведения физического эксперимента и методами оценки погрешности	Владеет в полной мере методами и обработкой и анализом экспериментальной и теоретической физической информации; - методиками решения задач по теплофизике; - навыкам

				измерений.	проведения физического эксперимента и методам и оценки погрешности измерений.
--	--	--	--	------------	---

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10;).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично»).

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.**

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать: 1) теоретические основы, основные понятия, законы и модели теплофизики; 2) методы теоретических и экспериментальных исследований в физике 3) границы применимости различных физических понятий, законов, теорий.	ОК-1	письменные работы по теоретическому материалу; аудиторные и домашние задания по практическим занятиям (решение задач); собеседование
	Знать: 1) теоретические основы, основные понятия, законы и модели теплофизики; 2) методы теоретических	ПК-1	

	и экспериментальных исследований в физике 3) границы применимости различных физических понятий, законов, теорий.		
2-й этап Умения	Уметь: 1) оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов исследования; 2) анализировать и применять физические законы и явления для решения задач	ОК-1	проведение контрольных работ по решению задач; коллоквиум
	Уметь: 1) оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью экспериментальных и теоретических методов исследования; 2) анализировать и применять физические законы и явления для решения задач	ПК-1	
3-й этап Владеть навыками	Владеть: 1) методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; 2) методиками решения задач по теплофизике; 3) навыками проведения физического эксперимента и методами оценки погрешности измерений.	ОК-1	экзамен
	Владеть: 1) методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; 2) методиками решения	ПК-1	

	задач по теплофизике; 3) навыками проведения физического эксперимента и методами оценки погрешности измерений.		
--	---	--	--

### Экзаменационные билеты

Примерные вопросы для экзамена:

1. Фазовые переходы 1-го рода.
2. Диаграммы состояния.
3. Условия равновесия фаз. Правило фаз Гиббса.
4. Метастабильные состояния.
5. Уравнение Клайперона-Клаузиуса.
6. Законы Генри и Рауля.
7. Растворение газов в жидкостях.
8. Дегазация жидкостей. Кавитация.
9. Фронтные модели фазовых переходов.
10. Задачи теплофизики и гидрогазодинамики, описываемые в рамках модели Стефана.

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 2

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

#### **Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены незначительные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

## Примерные задания для контрольной работы

1. Капля воды начального радиуса  $r_0$  испаряется в воздухе с начальной влажностью  $f$ . Известны коэффициент диффузии пара в воздухе  $D$  и плотность насыщенного водяного пара  $\rho$ . Считая процесс испарения стационарным, найти время испарения капли. Плотность воды  $\rho_в$ .

2. В замкнутом объеме при температуре  $T$  производится разложение гидрата метана  $\text{CH}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  на газ и воду,  $n$  – отношение числа молекул воды к числу молекул газа в 1 моле гидрата. Считая воду несжимаемой, газ идеальным, оценить давление газа  $P$  после разложение гидрата, если плотность воды  $\rho_в = 1000 \text{ кг/м}^3$ , плотность гидрата  $\rho_г = 900 \text{ кг/м}^3$ ,  $n=6$ ,  $T=320 \text{ К}$ .

3. Исследовать предыдущую задачу с учетом растворения газа в воде.

4. В пористой среде некоторые фазы находятся в твердом (неподвижном), а некоторые в жидком или газообразном, т.е. в подвижном состоянии. Допустим, что вследствие внешних воздействий нарушилось первоначальное термодинамическое равновесие и стало возможным изменение агрегатного состояния некоторых фаз. Такая ситуация может быть при разложении газогидратов или их образования в пластах, при выпадении из нефти парафина или его расплавлении (растворении), при выпадении конденсата из газа, при конденсации пара, испарении воды, при подземном выщелачивании полезных ископаемых и т.д. При этом происходит перераспределение массы между твердыми и фильтрующимися (жидкими и газообразными) фазами. Во многих случаях можно считать, что изменение агрегатного состояния фаз происходит в некоторой локализованной области, которую можно рассматривать как поверхность фазового перехода. Эта поверхность  $l(t)$  при наличии фильтрации является подвижной, и на ней выполняются некоторые универсальные соотношения, связывающие давление и температуру (уравнения фазового равновесия типа Клапейрона-Клаузиуса) или уравнения, связывающие температуру и концентрацию какого-либо компонента (соотношения типа закона Рауля или уравнения ликвидуса), давление и концентрацию какого-либо компонента (соотношения типа Генри). В принципе, возможна формулировка для поверхности фазового перехода или химической реакции многомерных уравнений фазового равновесия, связывающих давление, температуру фаз и химические потенциалы компонент. Наряду с такими выражениями фазового равновесия на поверхности должны выполняться условия, являющиеся следствием универсальных законов сохранения массы, импульса и энергии.

5. Сформулировать эти условия, полагая, что происходит изменение агрегатного состояния фазы, занимаемой частью объема пористой среды  $m_3$ . При этом очевидно

$m_1 = m_2 \pm m_3$ , индексы 1 и 2 соответственно относятся к областям слева и справа от  $l(t)$ . Считается известными плотности  $\rho$ , энтальпии  $H$ , температуры  $T$ , давления  $P$  и скорости фильтрации  $\mathcal{Q}$  фаз.

6. Показать, что когда на поверхности  $l(t)$  фазовый переход отсутствует, условия,

$$\mathcal{Q}_1 = \mathcal{Q}_2 = mi, \quad P_1 = P_2, \quad \lambda_I \frac{\partial T_1}{\partial x} = \lambda_{II} \frac{\partial T_2}{\partial x}.$$

полученные в предыдущей задаче, имеют вид:

7. Показать, что условие баланса энергии, полученное в задаче 159, можно свести

к условию типа Стефана:  $-\lambda_I \frac{\partial T_1}{\partial x} + \lambda_{II} \frac{\partial T_2}{\partial x} = m_3 \rho_3 L_1 \dot{l}$  ( $L_1$  – теплота фазового перехода).

Критерии оценки (в баллах)

**Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов** **1 балл**

**Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков** **0,5 баллов**

**Нет правильного ответа** **0 баллов**

### Участие в конференциях, публикация статей

#### 1. Публикация статей – 5 баллов

Критерии	Оценка (в баллах)	
Тип работы	Реферативная работа	0,1
	Работа носит исследовательский характер	0,3
	Работа является исследованием	0,6
Использование известных данных и научных фактов	Не использует никаких данных	0
	Автор использовал известные данные	0,4
	Использованы уникальные научные данные	0,6
Полнота цитируемой литературы, ссылка на ученых	Использован учебный материал	0,1
	Использованы специализированные издания	0,3
	Использованы интернет ресурсы	0,6
Актуальность работы	Изучение вопроса не является актуальным	0
	Представленная работа привлекает интерес своей актуальностью	0,4
	Работа содержит научный характер	0,6
Степень новизны полученных результатов	Работа не содержит ничего нового	0
	В работе доказан уже установленный факт	0,4
	В работе получены новые данные	0,6

#### 2. Участие в конференции- 5 баллов

Творческий подход к отбору и структурированию материала - 1 балл

Новизна и самостоятельность при постановке проблемы	-	<i>1 балл</i>
Выступление не является простым чтением с экрана	-	<i>1 балл</i>
В выступлении дополняются и раскрываются ключевые моменты, представленные на слайдах	-	<i>1 балл</i>
Во время выступления поддерживается зрительный контакт с аудиторией, речь отличается богатством интонаций	-	<i>1 балл</i>



## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики . М.: Изд-во МГУ, 2004 - 799 с.

Башкирский государственный университет .

BSU 30.10.2013

#### Местонахождение и доступность

#### Место хранения Всего экз. Свободных экз. Шифр

БашГУ

аб2	37	37	53 Т46
м	1	1	53:51 Т46
чз2	1	1	53:51 Т46

2. Басниев К.С., Кочина И.Н., Максимов В.М. Подземная гидромеханика. М.: Недра, 2001. – 416 с.

Башкирский государственный университет .

BSU 21.08.2015

#### Местонахождение и доступность

#### Место хранения Всего экз. Свободных экз. Шифр

БашГУ

аб2	7	7	532.5 Б27
м	5	5	532.5 Б27
чз2	2	2	532.5 Б27

3. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.6 Гидродинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон.дан. — Москва :Физматлит, 2001. — 736 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2232>. — Загл. с экрана.

4. Хабибуллин И.Л. Физика сплошных сред в примерах и задачах: Учебное пособие. – Уфа: БашГУ, 2009. – 87с. (<https://bashedu.bibliotech.ru/Account/LogOn>)

#### Дополнительная литература:

1. Цыпкин Г.Г. Течения с фазовыми переходами в пористых средах, М. Физмат лит. , 2009.

2. Лыков А.В. Теплообмен. Справочник. - М.: Энергия, 2002. – 560 с.

3. Беляев Н.М., Рядно А.А. Методы нестационарной теплопроводности. М. Высшая школа, 1993. - 328 с.

4. Шорин С.Н. Теплопередача. М.: Высшая школа. 1964. – 490 с.

## **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. (<http://vuzmen.com/book/1064-metody-resheniya-zadach-teplomassoperenosa-konovalov-vi/5-11nbspnbsp-differencialnoe-uravnenienbsp-teploprovodnosti-diffuzii.html>)
2. ([http://life-prog.ru/1\\_13815\\_uravnenie-teplomassoperenosa.html](http://life-prog.ru/1_13815_uravnenie-teplomassoperenosa.html)).
3. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
4. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
5. Теоретические сведения по физике и подробные решения демонстрационных вариантов тестовых заданий, представленных на сайте Росаккредитства ([www.fepo.ru](http://www.fepo.ru)).
6. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>
7. [www.affp.mics.msu.su](http://www.affp.mics.msu.su)

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

<i>Вид занятий</i>	<i>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</i>	<i>Наименование оборудования, программного обеспечения</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<p><b>1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>2. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>3. Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>4. Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 218 (физмат корпус-учебное).</p> <p><b>5. Помещения для самостоятельной работы:</b> Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж), Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж), аудитория № 406 компьютерный класс (физмат корпус-учебное).</p>	<p><b>Аудитория № 218</b> Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, кондиционер (сплит-система) Haier HSU-24HEK203/R2- HSU-24HUN03/R2, экран настенный с электроприводом Classic Lyra 203x203 (E195x195/1 MW-L8/W), ноутбук HPMini 110-3609er Atom N455/2/250/WiFi/BT/Win7St/10.1"/1.29кг, проектор BenQ MX520 (9H.J6V77.13E/9H.J6V77.13F).</p> <p><b>Читальный зал №1</b> Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.</p> <p><b>Читальный зал №2</b> Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50</p> <p><b>Аудитория №406</b> Учебная мебель, доступ в интернет, Компьютер в составе Asus – 4 шт.; Кондиционер(сплит-система) Haier, МФУ Куосега; Персональный компьютер в комплекте № 1 iRU Corp – 6 шт.</p>	<p>1. Windows 8 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные. №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>2. Windows Professional 8 Russian. OLP NL AcademicEdition. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Microsoft Office Standart 2013 Russian. OLP NL OLP NL AcademicEdition. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p>

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины Теплофизика на 4 семестре  
(наименование дисциплины)

очно-заочная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	37,7
лекций	12
практических/ семинарских	24
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	79,3
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27

Форма(ы) контроля:

    экзамен   3   семестр

    зачет                      семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Фазовые переходы Iго рода (кипение, конденсация, плавление, кристаллизация, возгонка, сублимация)	1	2		9,3	О1, О2.	изучение дополнительной литературы, Д2.	
2.	Диаграммы состояния. Условия равновесия фаз. Правила фаз Гиббса. Метастабильные состояния.	1	2		10	О1, О2	изучение дополнительной литературы, Д2, Д3.	Проверка конспектов
3.	Законы Клапейрона-Клаузиуса, Генри и Рауля.	2	4		10	О1, О2.	решение задач О3, Д1	Контрольная работа
4.	Растворение газов в жидкостях. Дегазация жидкостей.	2	4		10	О1, О2.	изучение дополнительной литературы, Д5.	Коллоквиум
5.	Фронтные модели фазовых переходов.	2	4		10	О1, О2	решение задач О3, Д1	Проверка конспектов
6.	Задачи теплофизики и гидрогазодинамики, описываемые в рамках модели Стефана.	2	4		15	О1, О2, Д2	решение задач О3, Д1	Контрольная работа
7.	Фазовые переходы в протяженной области. Обобщенная задача Стефана.	2	4		15	О1, Д3	решение задач О3, Д1	Коллоквиум
	<b>Всего часов:</b>	12	24		79,3			

## Темы лабораторных работ

1. Моделирование плоско-параллельной задачи Стефана
2. Моделирование плоско-радиальной задачи Стефана
3. Моделирование очистки призабойной зоны пласта от отложений тепловым методом
4. Моделирование разложения газовых гидратов в пласте
5. Моделирование обобщенной задачи Стефана (фазовый переход в протяженной области).

**Форма экзаменационного билета**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1  
по дисциплине Теплофизика  
Направление 03.04.02 Физика  
Профиль Моделирование нефтегазовых процессов

1. Фазовые переходы 1-го рода.
2. Диаграммы состояния.

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_  
(дата)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Ковалева Л А  
(подпись) (Ф.И.О.)