

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт геологии и нефтегазовых технологий



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Методы математической физики М1.Б.3**

Направление подготовки: 131000.68 - Нефтегазовое дело

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Бронская В.В.

**Рецензент(ы):**

Кемалов А.Ф.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Кемалов А. Ф.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Учебно-методическая комиссия Института геологии и нефтегазовых технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_г

Регистрационный No 35613

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) Бронская В.В. , VVBronskaya@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является приобретение студентами знаний в области интерпретации результатов исследований физико-химических свойств веществ, оптимального планирования эксперимента.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.Б.3 Общенаучный" основной образовательной программы 131000.68 Нефтегазовое дело и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 1 курсе, 1, 2 семестры.

Курс "Методы математической физики" относится к М1.Б.3 базовым общепрофессиональным дисциплинам в ООП магистратуры и является основой для подготовки курсов профессионального цикла. Для его освоения необходимо знание студентами естественных и профессиональных дисциплин: высшая математика, физика.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	самостоятельно совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень
ОК-6 (общекультурные компетенции)	самостоятельно овладевать новыми методами исследований, модифицировать их и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования
ПК-14 (профессиональные компетенции)	осуществлять расчеты по проектам, технико-экономического и функционально- стоимостного анализа эффективности проектируемых аппаратов, конструкций, технологических процессов
ПК-4 (профессиональные компетенции)	разрабатывать научно- техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно- технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований
ПК-7 (профессиональные компетенции)	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы
ПК-16 (профессиональные компетенции)	проводить экономический анализ затрат и результативности технологических процессов и производств
ПК-22 (профессиональные компетенции)	анализировать и обобщать экспериментальные данные о работе технологического оборудования
ПК-23 (профессиональные компетенции)	совершенствовать методики эксплуатации и технологии обслуживания оборудования

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические основы учения о физико-химических свойствах веществ;  
 принципиальные основы математических методов обработки результатов при моделировании физико-химических свойств веществ,  
 методы расчетов критических и стандартных физико-химических констант углеводородов;  
 методы расчетов термической и барической зависимостей физико-химических свойств углеводородов и узких нефтяных фракций;  
 методы расчетов термобарической зависимости термодинамических свойств углеводородных газов;  
 основы теории вязкого течения полимеров;  
 методы обработки результатов расчета вязкого течения;

2. должен уметь:

в необходимом единстве теоретически изложить основы учения о физико-химических свойствах веществ;  
 анализировать результаты определения физико-химических свойств полимеров;  
 с использованием математических программ обрабатывать экспериментальные результаты;  
 получать данные о различных свойствах материалов по результатам математического моделирования.

3. должен владеть:

методами математических расчетов физико-химических свойств веществ;  
 методами планирования исследовательской работы.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Обрабатывать результаты экспериментов с привлечением современного программного математического аппарата.

**4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).  
 Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 1 семестре; экзамен во 2 семестре.  
 Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);  
 71-85 баллов - "хорошо" (хор.);  
 55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);  
 54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

**4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю**

**Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	

	Тема 1. Обзор современного состояния теории						
--	---	--	--	--	--	--	--

моделирования и методов расчета физико-химических свойств газов и жидкостей.

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Теоретические основы учения о физико-химических свойствах газов и жидкостей.	1		1	0	5	
3.	Тема 3. Методы моделирования и расчетов критических и стандартных физико-химических констант углеводородов.	1		1	0	4	
4.	Тема 4. Методы расчета физико-химических свойств веществ с использованием метода симплексных решеток	1		1	0	4	
5.	Тема 5. Гидравлика.	2		1	0	4	
6.	Тема 6. Гидродинамика.	2		1	0	2	
7.	Тема 7. Математические модели течения жидкости.	2		1	0	2	
8.	Тема 8. Вязкость и реология.	2		1	0	2	
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	экзамен
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	экзамен
	Итого			8	0	28	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Обзор современного состояния теории моделирования и методов расчета физико-химических свойств газов и жидкостей.**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Современное состояние теории моделирования и методов расчета физико-химических свойств газов и жидкостей Моделирование по аддитивности структурных составляющих молекул. Моделирование методами подобия. Основные понятия учения о физико-химических свойствах веществ.

**лабораторная работа (5 часа(ов)):**

Теория межмолекулярных взаимодействий. Фазовое состояние вещества. Дипольные моменты молекул. Типы межмолекулярных взаимодействий.

**Тема 2. Теоретические основы учения о физико-химических свойствах газов и жидкостей.**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Закон соответственных состояний. Критерий ацентричности молекул. Критерий сложности межмолекулярного взаимодействия. Характеристический фактор Ватсона. Метод наименьших квадратов в моделировании физико-химических свойств газов и жидкостей. Метод опорных точек в моделировании физико-химических свойств газов и жидкостей.

Энтропийно-информационный метод обработки информации. Взаимосвязь энтропии с молекулярной массой и физико-химическими свойствами индивидуальных углеводородов в критическом состоянии.

**лабораторная работа (5 часа(ов)):**

Методы групповых составляющих Лидерсена в моделировании. Конститутивный метод моделирования и расчетов температуры кипения и плотности углеводородов.

**Тема 3. Методы моделирования и расчетов критических и стандартных физико-химических констант углеводородов.**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Энтропийно-информационная модель для расчетов критических констант углеводородов по их температурам кипения и плотностям. Универсальная модель для расчета молекулярной массы углеводородов. Математическая модель для расчета молекулярной массы узких нефтяных фракций. Математическая модель для идентификации индивидуальных углеводородов и оценки химического состава узких нефтяных фракций.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Термические модели давления насыщенных паров жидкостей. Общие понятия.

**Тема 4. Методы расчета физико-химических свойств веществ с использованием метода симплексных решеток**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Унифицированная модель давления насыщенных паров Клайперонга-Клазиуса. Унифицированная модель давления насыщенных паров Антуана. Унифицированная модель давления насыщенных паров Питцера. Унифицированная энтропийно-информационная модель давления насыщенных паров углеводородов и узких нефтяных фракций. Термическая модель Ашворта. Универсальная барическая модель температуры кипения жидкостей.

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Стандартная и термическая модели теплот парообразования жидкостей. Модель Джаколоне-Нернста. Энтропийно-информационная модель стандартной теплоты испарения. Зависимость теплоты парообразования жидкости от температуры. Универсальные математические модели термической зависимости плотности жидкофазных углеводородов и узких нефтяных фракций. Термическая модель для расчетов энтальпии нефтяных фракций при атмосферном давлении. Математические модели для расчетов энтропии и изобарной теплоемкости углеводородных газов. Стандартная и термическая модели вязкости углеводородных газов. Математическое моделирование фракционного состава нефтей.

**Тема 5. Гидравлика.**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Предмет гидравлики Жидкость и силы действующие на нее Механические характеристики и основные свойства жидкостей

**лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Гидростатическое давление Основное уравнение гидростатики Давление жидкости на плоскую наклонную стенку Давление жидкости на цилиндрическую поверхность Закон Архимеда и его приложение.

#### **Тема 6. Гидродинамика.**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Предмет гидродинамики. Основные понятия о движении жидкости Уравнение Бернулли для идеальной жидкости Уравнение Бернулли для реальной жидкости Измерение скорости потока и расхода жидкости

##### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

13. Режимы движения жидкости Кавитация Потери напора при ламинарном течении жидкости Потери напора при турбулентном течении жидкости

#### **Тема 7. Математические модели течения жидкости.**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Мат.модели течения вязкой жидкости. Основные уравнения. Мат.модели течения вязкой жидкости. Общие свойства течений жидкости.

##### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Мат.модели течения вязкой жидкости. Начально-краевые задачи. Уравнение Навье-Стокса.

#### **Тема 8. Вязкость и реология.**

##### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Вязкость и реология. Основные понятия. Основы реологии. Основные модели. Вязкость газов. Вязкость жидкостей. Структурно-механические свойства.

##### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Ньютоновские жидкости. Неньютоновские жидкости. Нерестабильные жидкости. Вязкоупругие жидкости.

### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Обзор современного состояния теории моделирования и методов расчета физико-химических свойств газов и жидкостей.	1		Написание реферата по выбранной теме.	5	Обсуждение содержания. Вопосы. Дискуссия.
2.	Тема 2. Теоретические основы учения о физико-химических свойств газов и жидкостей.	1		Написание реферата по выбранной теме.	5	Обсуждение содержания. Вопосы. Дискуссия.
3.	Тема 3. Методы моделирования и расчетов критических и стандартных физико-химических констант углеводородов.	1		Написание реферата по выбранной теме.	4	Обсуждение содержания. Вопосы. Дискуссия.



N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Методы расчета физико-химических свойств веществ с использованием метода симплексных решеток	1		Написание реферата по выбранной теме.	4	Обсуждение содержания. Вопосы. Дискуссия.
	Итого				18	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Освоение курса "Методы математической физики" предполагает использование как традиционных, так и инновационных образовательных технологий. Проводятся лекции и практические занятия с использованием стендов, визуализирующих основные положения преподаваемой дисциплины, компьютеров. Большая часть материала изучается самостоятельно.

## 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Тема 1. Обзор современного состояния теории моделирования и методов расчета физико-химических свойств газов и жидкостей.

Обсуждение содержания. Вопосы. Дискуссия., примерные вопросы:

Современное состояние теории моделирования и методов расчета физико-химических свойств газов и жидкостей Моделирование по аддитивности структурных составляющих молекул. Моделирование методами подобия. Основные понятия учения о физико-химических свойствах веществ. Понятие информации и информационно энтропии.

### Тема 2. Теоретические основы учения о физико-химических свойствах газов и жидкостей.

Обсуждение содержания. Вопосы. Дискуссия., примерные вопросы:

Теория межмолекулярных взаимодействий. Фазовое состояние вещества. Дипольные моменты молекул. Типы межмолекулярных взаимодействий. Закон соответственных состояний. Критерий ацентричности молекул. Критерий сложности межмолекулярного взаимодействия. Характеристический фактор Ватсона.

### Тема 3. Методы моделирования и расчетов критических и стандартных физико-химических констант углеводородов.

Обсуждение содержания. Вопосы. Дискуссия., примерные вопросы:

Метод наименьших квадратов в моделировании физико-химических свойств газов и жидкостей. Метод опорных точек в моделировании физико-химических свойств газов и жидкостей. Энтропийно-информационный метод обработки информации. Взаимосвязь энтропии с молекулярной массой и физико-химическими свойствами индивидуальных углеводородов в критическом состоянии. Методы групповых составляющих Лидерсена в моделировании. Конститутивный метод моделирования и расчетов температуры кипения и плотности углеводородов.

### Тема 4. Методы расчета физико-химических свойств веществ с использованием метода симплексных решеток

Обсуждение содержания. Вопосы. Дискуссия., примерные вопросы:

18. Энтропийно-информационная модель для расчетов критических констант углеводородов по их температурам кипения и плотностям. 19. Универсальная модель для расчета молекулярной массы углеводородов. 20. Математическая модель для расчета молекулярной массы узких нефтяных фракций. 21. Математическая модель для идентификации индивидуальных углеводородов и оценки химического состава узких нефтяных фракций. 22. Термические модели давления насыщенных паров жидкостей. Общие понятия. Унифицированная модель давления насыщенных паров Клайперонга-Клазиуса. Унифицированная модель давления насыщенных паров Антуана. Унифицированная модель давления насыщенных паров Питцера. Унифицированная энтропийно-информационная модель давления насыщенных паров углеводородов и узких нефтяных фракций. Термическая модель Ашворта.

**Тема 5. Гидравлика.**

**Тема 6. Гидродинамика.**

**Тема 7. Математические модели течения жидкости.**

**Тема 8. Вязкость и реология.**

**Тема . Итоговая форма контроля**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

Энтропийно-информационная модель стандартной теплоты испарения.

Зависимость теплоты парообразования жидкости от температуры.

Универсальные математические модели термической зависимости плотности жидкофазных углеводородов и узких нефтяных фракций.

Термическая модель для расчетов энтальпии нефтяных фракций при атмосферном давлении.

Математические модели для расчетов энтропии и изобарной теплоемкости углеводородных газов.

Стандартная и термическая модели вязкости углеводородных газов.

Математическое моделирование фракционного состава нефтей.

Математические модели состояния реальных газов. Методы расчета сжимаемости и плотности газов.

Метод термодинамического подобия для расчета сжимаемости газов.

Метод термодинамического подобия для расчетов термобарической зависимости энтальпии реальных газов.

Метод термодинамического подобия для расчетов термобарической зависимости изобарной теплоемкости углеводородных газов.

Методы расчетов летучести углеводородов.

Молекулярно-кинетической теории жидкостей Я.И. Френкеля вязкое течение.

Термодинамических характеристик активации вязкого течения бинарной модифицирующей системы пакета "ПФМ 1".

### **7.1. Основная литература:**

1. Уравнения математической физики: учебное пособие. Автор: Ильин А.М. Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2009 г. "Книгафонд"

2. Методы компьютерной оптики: Учебник для вузов. Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2011 г. "Книгафонд"

3. Краткий курс аналитической динамики: учебное пособие. Автор: Яковенко Г.Н. Издательство: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012 г. "Книгафонд"

4. Методы интегральных преобразований в задачах математической физики. Автор: Омельченко А.В. Издательство: МЦНМО, 2010 г. "Книгафонд"

5. Квантовая статистическая механика. Авторы: Кондратьев А.С., Борисёнок С.В. Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2011 г. "Книгафонд"

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Электромагнитные кристаллы. Автор: Банков С.Е. Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2010 г. "Книгафонд"
2. Метод разностных потенциалов и его приложения. Автор: Рябенский В.С. Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2010 г. "Книгафонд"
3. Справочник по нелинейным уравнениям математической физики. Авторы: Зайцев В.Ф., Полянин А.Д. Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2011 г. "Книгафонд"

## 7.3. Интернет-ресурсы:

- Scifinder - информационно-поисковая система - <https://scifinder.cas.org/downtime.html>  
База данных международной издательской компании Springer - <http://www.springer.com>  
Библиографическая и реферативная база данных Scopus - <http://www.scopus.com>  
Видеозаписи лекций - <http://videolectures.net>  
видеолекции выдающихся ученых - <http://videolectures.net>  
Издания для предприятий нефтегазового комплекса - <http://vk.com/public41898633>  
Научная электронная библиотека диссертаций и авторефератов - <http://www.dissercat.com>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Методы математической физики" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Проводятся лекции и лабораторные занятия с использованием установок, лабораторных стендов, моделирующих процессы освоения природных битумов и сверхтяжелых нефтей, программ компьютерного моделирования, компьютеров. Большая часть материала изучается самостоятельно. Чтение лекций, с применением интерактивных средств (презентация в Microsoft PowerPoint), проведение лабораторных работ, контрольных работ, подготовка к участию в конференции, самостоятельная работа студентов по темам и разделам дисциплины.

Для обучающихся обеспечена возможность оперативного обмена информацией с отечественными и зарубежными вузами, предприятиями и организациями, обеспечен доступ к требуемым для формирования профессиональных компетенций современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам. Кафедра ВВН и ПБ, реализующая основные образовательные программы специалистов, бакалавриата и магистратуры, располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов лабораторной, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом вуза. Эта база соответствует действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам, в том числе обеспечены доступ к полиграфическому и упаковочному оборудованию и наличие материалов ведущих мировых производителей.

Минимально необходимый для реализации магистерской программы перечень материально-технического обеспечения включает в себя: учебные лаборатории и аудитории вуза, оснащенные современным оборудованием и стендами, позволяющими выполнять лабораторные практикумы; современные компьютеры, объединенными локальными вычислительными сетями с выходом в Интернет; измерительные средства ведущих фирм. Исходя из ООП вуза, каждая дисциплина поддержана соответствующими лицензионными программными продуктами.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 131000.68 "Нефтегазовое дело" и магистерской программе не предусмотрено .

Автор(ы):

Бронская В.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Кемалов А.Ф. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.