

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
аэрокосмических технологий
С.С. Негодяев**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Физико-химические свойства флюида
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий центр образовательных программ ФАКТ
курс:	2
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: В.А. Краснов, канд. физ.-мат. наук, старший преподаватель

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ ФАКТ 01.12.2024

Аннотация

Дисциплина "Физико-химические свойства флюида" отвечает за формирование базовых знаний по свойствам пластовых углеводородных систем для использования в областях и дисциплинах естественнонаучного профиля, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Дисциплина "Физико-химические свойства флюида" важна для студентов - нефтяников, разработана для студентов магистратуры "Фундаментальная и прикладная геофизика" совместной образовательной программы ПАО "НК"Роснефть "- МФТИ .Особое внимание в дисциплине уделяется классификации и поведению пластовых углеводородных систем,

теоретическим основам расчета фазовых равновесий углеводородных смесей, уравнениям состояния природных углеводородных систем, основным физико-химическим свойствам нефти и газа.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

- формирование базовых знаний по свойствам пластовых углеводородных систем для использования в областях и дисциплинах естественнонаучного профиля, формирование исследовательских навыков и способности применять знания на практике.

Задачи дисциплины

- дать студентам базовые знания в области основ моделирования свойств пластовых углеводородных систем;
- научить студентов на примерах и инженерных задачах моделировать фазовые состояния с применением уравнения состояния, самостоятельно анализировать полученные результаты;
- научить студентов проводить расчеты физико-химических свойств природного газа по данным месторождений компании.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.1 Организует и координирует работу участников проекта, способствует конструктивному преодолению возникающих разногласий и конфликтов
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории расчета фазовых равновесий углеводородных систем;
- типы пластовых углеводородных флюидов;
- проблемы поведения пластовых смесей при изменении термодинамических условий.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов моделирования и сопоставления с натурными данными.

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

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Классификация и поведение пластовых углеводородных систем		3		3
2	Теоретические основы моделирования свойств пластовых углеводородных систем		3		3
3	Основные физико-химические свойства нефти и их моделирование		5		2
4	Основные физико-химические свойства природного газа и их моделирование		5		1
5	Пластовая вода, её состав и основные физико-химические свойства		5		2
6	Закономерности и особенности PVT-свойств природных углеводородных систем		5		1
7	Рекомендации по использованию корреляций и формирование входных данных PVT в пакетах программ		4		3
Итого часов			30		15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

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

Семестр: 3 (Осенний)

1. Классификация и поведение пластовых углеводородных систем

Компонентный состав природных углеводородных систем. Фазовые диаграммы. Типы пластовых углеводородных флюидов. Промысловые и лабораторные исследования пластовых флюидов.

2. Теоретические основы моделирования свойств пластовых углеводородных систем

Теоретические основы расчета фазовых равновесий углеводородных смесей. Уравнения состояния природных углеводородных систем. Постановка основных инженерных задач моделирования фазового состояния с применением уравнения состояния. Примеры моделирования. Основные параметры для расчета физико-химических свойств пластовых флюидов в модели нелетучей нефти.

3. Основные физико-химические свойства нефти и их моделирование

Моделирование PVT – свойств пластовых нефтей с использованием уравнения состояния. Взаимосвязь PVT – свойств пластовой нефти и подсчетных параметров. Корреляции для расчета физико-химических свойств нефти. Расчеты физико-химических свойств нефти по данным месторождений компании (практическое задание). Работа в группах.

4. Основные физико-химические свойства природного газа и их моделирование

Моделирование PVT- свойств природных газоконденсатных систем с использованием уравнения состояния. Взаимосвязь PVT–свойств свободного газа и подсчетных параметров. Корреляции для расчета физико-химических свойств природного газа. Расчеты физико-химических свойств природного газа по данным месторождений компании (практическое занятие). Работа в группах.

5. Пластовая вода, её состав и основные физико-химические свойства

Корреляции для расчета физико-химических свойств пластовой воды.

6. Закономерности и особенности PVT-свойств природных углеводородных систем

Влияние гравитации на изменение состава пластовой системы. Влияние рассеянных жидких углеводородов на динамику содержания конденсата в добываемом газе.

7. Рекомендации по использованию корреляций и формирование входных данных PVT в пакетах программ

Оценка поведения пластовых смесей при изменении термодинамических условий в модели нелетучей нефти.

5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Теоретическая гидродинамика [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / Л. М. Милн-Томсон ; пер. с англ. А. А. Петрова, Я. И. Секерж-Зеньковича, П. И. Чушкина ; под ред. Н. Н. Моисеева .— М. : Мир, 1964 .— 656 с.

2. Динамика вязкой несжимаемой жидкости [Текст] : учебник для ун-тов : доп. Глав. управ. ун-тов, экономических и юридических вузов М-ва высш. образов. СССР / Н. А. Слѣзкин .— М. : Гостехиздат, 1955 .— 520 с.

Дополнительная литература

1. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 6 : Гидродинамика : учеб. пособие для вузов : рек. М-вом образования Рос. Федерации / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 5-е изд., стереотип. — 3-е изд., перераб. — М. : Физматлит, 1986, 1988, 2003, 2006 .— 736 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

<http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха

<http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».

<http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение курса «Физико-химические свойства флюида» требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях;
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам и тестам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов тестов, а также индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Фундаментальная и прикладная физика природных систем Физтех-школа Аэрокосмических Технологий центр образовательных программ ФАКТ
курс:	<u>2</u>
квалификация:	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	В.А. Краснов, канд. физ.-мат. наук, старший преподаватель

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его реализации	УК-2.2 Способен прогнозировать результат деятельности и планировать последовательность шагов для достижения данного результата. Формирует план-график реализации проекта в целом и план контроля его выполнения
УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной задачи	УК-3.1 Организует и координирует работу участников проекта, способствует конструктивному преодолению возникающих разногласий и конфликтов
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физико-химические свойства флюида» обучающийся должен:

знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории расчета фазовых равновесий углеводородных систем;
- типы пластовых углеводородных флюидов;
- проблемы поведения пластовых смесей при изменении термодинамических условий.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов моделирования и сопоставления с натурными данными.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков

Промежуточная аттестация по дисциплине «Физико-химические свойства флюида» проводится в форме дифференцированного зачета.

Текущий контроль осуществляется в форме тестов в письменной форме. Каждое задание в тестовых работах оценивается определенным количеством баллов в начале условия каждого задания. По итогам набранных баллов выставляется оценка.

1. (4 б) Какое условие должно соблюдаться при отборе глубинной пробы:

- А) $P_{заб} > P_{нас}$
- Б) $P_{заб}$ – любое
- В) $P_{заб} > P_{пл}$

2. (4 б) Как определяется газонефтяной фактор (ГФ) на нефтяном месторождении:

- А) $ГФ = V_{г}/V_{ж}$
- Б) $ГФ = V_{г}/V_{н}$
- В) $ГФ = V_{н}/V_{г}$

3. (4 б) Чем отличается газосодержание от газового фактора на газонефтяном месторождении:

- А) $R_{sb} = ГФ$
- Б) $R_{sb} \leq ГФ$
- В) $R_{sb} > ГФ$

3. (4 б) Нарисуйте зависимость газосодержания от давления и укажите характерные точки.

4. (4 б) Что характеризует объёмный коэффициент нефти:

- А) Изменение состава при изменении термодинамических условий
- Б) Изменение объёма при изменении термодинамических условий
- В) Изменение массы при изменении термодинамических условий

5. (4 б) Чем всегда отличается газоконденсатная смесь от легкой нефти в пластовых условиях:

- А) Плотностью
- Б) Вязкостью
- В) Агрегатным состоянием

6. (4 б) Нарисуйте зависимость потенциального содержания конденсата (C_{5+}) в пластовом газе от давления.

7. (4 б) Какое число параметров определяет состояние двухкомпонентной газожидкостной системы по правилу фаз Гиббса:

- А) 2
- Б) 1
- В) 3

8. (4 б) К какому классу относится нефть с относительной плотностью $\gamma_o = 0,841$:

- А) Легкая

- Б) Средняя
- В) Особо легкая

9. (4 б) В каком случае зоны ретроградной конденсации газа не вложены друг в друга:

- А) Критическая точка левее критконденбары
- Б) Критическая точка правее критконденбары
- В) Критическая точка совпадает с критконденбарой

10. (4 б) В каком фазовом состоянии находится пластовая система при условиях:

$P_{пл}=21$ МПа, $T_{пл}=332$ К, $P_c=12$ МПа, $T_c=320$ К, $T_m=352$ К

(криткондентерма), $P_G=19$ МПа (критконденбара).

- А) Жидкость
- Б) Газ
- В) Двухфазное состояние

11. (4 б) В каких термодинамических условиях вязкость нефти меньше:

- А) в сепараторе
- Б) на устье скважины
- В) на забое скважины

12. (4 б) Какие базовые единицы принимаются за основные при использовании корреляционных зависимостей:

- А) Температура пласта, относительная плотность газа и нефти
- Б) Давление в сепараторе, газосодержание, относительная плотность газа.
- В) Газосодержание, относительная плотность газа и нефти

13. (4 б) Чем характеризуется переход газоконденсатной системы от однофазного состояния к двухфазному:

- А) давлением насыщения
- Б) давлением начала конденсации пластовой системы
- В) давлением, при котором меняется режим потока в скважине

14. (8 б) Определить относительную плотность газа следующего компонентного состава:

CH_4 -84%; C_2H_6 -7% ; C_3H_8 - 3% ; CO_2 -2% ; N_2 -2%; H_2S -2%

15. (4 б) Определить относительную плотность нефти по пробе объемом-120 мл. и весом 1 Н при давлении 0.101 МПа и температуре – 293 К.

16. (12 б) Определить газосодержание (R_{sb}) по пробе, взятой в газосепараторе, если известно: $V_{os}=1012$ м³ $V_{gs}=98000$ м³

$Y_g=0.77$; $Y_o=0.81$; $T_s=318$ К; $P_s=0.6$ МПа

17. (8 б) Оценить давление насыщения по McCain, если $R_{sb}=72$ м³/м³ $Y_o=0.86$ $Y_g=0.75$; $T_{пл}=363$ К. На сколько процентов вязкость нефти по Beal при давлении насыщения отличается от вязкости нефти при давлении 20 МПа и пластовой температуре 363 К.

18. (12 б) Определить потенциальное содержание C_{5+} в пластовом газе следующего состава (мол. доли): $CH_4 = 0,85$; $C_2H_6 = 0,05$; $C_3H_8 = 0,03$; $iC_4H_{10} = 0.007$; $nC_4H_{10} = 0.013$;

$C_{5+} = 0.05$ ($M_{C_{5+}} = 100$). Какую группу газоконденсатных залежей характеризует данная пластовая смесь?

5. Критерии оценивания

Оценка	Набранные баллы
отлично (10)	больше 78 баллов
отлично (9)	больше 70
отлично (8)	больше 64
хорошо (7)	больше 56
хорошо (6)	больше 48
хорошо (5)	больше 40
удовлетворительно (4)	больше 32
удовлетворительно (3)	больше 24
неудовлетворительно (2)	больше 16
неудовлетворительно (1)	больше 8

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам тестов;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам тестов;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам тестов;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;

оценка «хорошо (6)» выставляется студенту по результатам тестов, если он знает материал, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту по результатам тестов, если он знает материал, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту по результатам тестов, а также, если во время ответа он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту по результатам тестов, а также, если во время ответа он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту по результатам тестов, а также, если во время ответа он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Порядок проведения контрольных работ/тестов:

Во время проведения контрольных работ/тестов обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, калькуляторами.

Порядок проведения дифференцированного зачета:

Дифференцированный зачет по физико-химическим свойствам флюида проводится по итогам текущей успеваемости: по результатам тестов. Также дифференцированный зачет проводится путем организации специального опроса в устной форме, если результатом выполнения контрольной работы является оценка неудовлетворительно или оценка отсутствует по уважительной причине.