

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 30.10.2023 12:05:51  
Уникальный программный ключ:  
b683afe664d7e9f64175886cf9626a196149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Факультет  
Кафедра

*Естественнонаучный*  
*Общей и теоретической физики*

**Аннотация рабочей программы дисциплины (модуля)**

дисциплина

***Б1.О.38 Фазовые переходы и критические явления***

обязательная часть

Специальность

***21.05.05***  
код

***Физические процессы горного или нефтегазового производства***  
наименование специальности

Программа

***специализация N 2 "Физические процессы нефтегазового производства"***

Форма обучения

***Заочная***

Для поступивших на обучение в  
***2023 г.***

Стерлитамак 2023

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

| <b>Формируемая компетенция<br/>(с указанием кода)</b>  | <b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>  | <b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>  |
|--|--|--|
| <p>ОПК-13. Способен применять навыки разработки систем по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке полезных ископаемых, в том числе при освоении ресурсов шельфа морей и океанов, строительству и эксплуатации подземных объектов</p> | <p>ОПК-13.1. Использует теоретические и методологические основы использования нормативных документов по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ</p>   | <p>Обучающийся должен: знать классификацию фазовых переходов; теорию фазовых переходов Ландау; масштабную теорию критических явлений; основные свойства растворов; гипотезу изоморфности переходов; основные уравнения состояния, используемые при описании свойств растворов в инженерной и научной практике; свойства растворов углеводородов и способы их теоретического описания</p> |
|  | <p>ОПК-13.2. Применяет знания разработки мероприятий по соблюдению требований нормативных документов по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ</p>   | <p>Обучающийся должен: уметь ориентироваться в многообразии фазовых переходов в модельных системах и в смесях углеводородов; получать теоретические соотношения для характеристик жидкостей в окрестности их критических точек и точек перехода жидкость-пар</p>   |
|  | <p>ОПК-13.3. Организует профессиональную деятельность с учётом нормативных документов по обеспечению экологической и промышленной безопасности при производстве работ по эксплуатационной разведке, добыче и переработке полезных ископаемых</p> | <p>Обучающийся должен: владеть навыками по определению типов фазовых диаграмм растворов углеводородов; классификации и описания поведения природных растворов углеводородов</p>  |

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

Цели изучения дисциплины:

ознакомление студентов с современными представлениями о фазовых переходах и критических явлениях, с равновесными и динамическими свойствами конденсированных сред и углубления знаний, полученных при чтении общих курсов физики.

Дисциплина изучается на 6 курсе в 11, 12 семестрах

**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 108 акад. ч.

| Объем дисциплины   | Всего часов            |
|--|------------------------|
|  | Заочная форма обучения |
| Общая трудоемкость дисциплины                            | 108                    |
| Учебных часов на контактную работу с преподавателем:     |                        |
| лекций   | 8                      |
| практических (семинарских)                               | 16                     |
| другие формы контактной работы (ФКР)                     | 0,2                    |
| Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):     | 3,8                    |
| дифференцированный зачет                                 |                        |
| Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР) | 80                     |

| Формы контроля           | Семестры |
|--------------------------|----------|
| дифференцированный зачет | 12       |

**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>8</b>  | <b>16</b> | <b>0</b> | <b>80</b> |
| 1.1      | Идеальный газ, газ Ван-дер-Ваальса, критическая точка | 1   | 2         | 0        | 12        |
| 1.2      | Теория фазовых переходов Ландау                       | 1   | 2         | 0        | 12        |
| 1.3      | Масштабная теория критических явлений                 | 1   | 2         | 0        | 12        |
| 1.4      | Критические явления в растворах                       | 1   | 2         | 0        | 12        |
| 1.5      | Эксперимент в критической области                     | 2   | 4         | 0        | 16        |
| 1.6      | Фазовые переходы первого                              | 2   | 4         | 0        | 16        |

|  |              |          |           |          |           |
|--|--------------|----------|-----------|----------|-----------|
|  | рода         |          |           |          |           |
|  | <b>Итого</b> | <b>8</b> | <b>16</b> | <b>0</b> | <b>80</b> |

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

Курс практических/семинарских занятий

| №        | Наименование раздела / темы дисциплины                | Содержание   |
|----------|---|--|
| <b>1</b> |   |  |
| 1.1      | Идеальный газ, газ Ван-дер-Ваальса, критическая точка | Термодинамические неравенства и термодинамическая устойчивость. Неидеальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Другие уравнения состояния неидеального газа. Критическая точка. Уравнение Ван-дер-Ваальса и критические параметры. Уравнение соответственных состояний. Термодинамические неравенства в бинарных растворах. Критические точки в бинарных растворах  |
| 1.2      | Теория фазовых переходов Ландау                       | Параметр порядка и симметрия. Разложение Ландау. Основные результаты теории Ландау. Сравнение с экспериментом. Термодинамическая теория флуктуаций. Корреляционная функция флуктуаций параметра порядка. Радиус корреляции. Аномалия теплоемкости в рамках теории Орнштейна-Цернике. Межфазное натяжение в рамках теории самосогласованного поля.  |
| 1.3      | Масштабная теория критических явлений                 | Масштабные размерности физических величин и критические показатели. Связь термодинамических производных и корреляторов. Оценка высших корреляторов. Разложение масштабных функций в области слабых и сильных полей. Параметрическое уравнение состояния. Линейная модель. Поправки к асимптотическим законам. Критические амплитуды.   |
| 1.4      | Критические явления в растворах                       | Переход от изоморфных к экспериментальным переменным. Выражения экспериментально измеряемых величин через изоморфные переменные. Два вида равновесия в бинарных растворах (жидкость-газ и жидкость-жидкость). Классификация фазового поведения по характеру поведения критического локуса. Пограничные кривые и кривые сосуществования фаз в бинарных растворах. Изоморфное уравнение состояния растворов в критических точках. Применение к реальным газоконденсатным смесям. |
| 1.5      | Эксперимент в критической области                     | Искажения характера аномалий измеряемых величин различными возмущениями (примеси, гравитационный эффект, градиенты температуры, неравновесность). Особенности обработки неаналитических зависимостей. Использование свойства однородности термодинамических величин. Определение критических показателей амплитуд. Перенормировка критических показателей в растворах. Проверка динамической масштабной теории.  |
| 1.6      | Фазовые переходы первого рода                         | Теория Ландау для фазовых переходов 1-го рода. Примеры фазовых переходов 1-го рода. Фазовые переходы в жидких кристаллах: нематики, смектики. Взаимодействие параметров порядка. Критические точки высшего порядка:  |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  |  | бикритическая, трикритическая, поликритическая. Фазовые переходы в растворах He4-He3. |
|--|--|---|

Курс лекционных занятий

| №        | Наименование раздела / темы дисциплины                | Содержание   |
|----------|---|--|
| <b>1</b> |   |  |
| 1.1      | Идеальный газ, газ Ван-дер-Ваальса, критическая точка | Фазовые превращения в процессах разработки и эксплуатации газоконденсатных и нефтяных месторождений. Идеальный газ - первая фундаментальная модель физического строения материи. Фундаментальный характер модели идеального газа. Учет неидеальности. Термодинамические неравенства и термодинамическая устойчивость. Неидеальный газ. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Другие уравнения состояния неидеального газа. Критическая точка. Специфика глубокозалегающих газоконденсатных месторождений. Критическая точка - новая фундаментальная модель плотных флюидов. Критическая точка и фазовые переходы второго рода. Аналогии различных фазовых переходов (сверхпроводимость, сверхтекучесть, ферромагнетизм и т.п.) Термодинамические неравенства в критической точке. Уравнение Ван-дер-Ваальса и критические параметры. Уравнение соответственных состояний. Термодинамические неравенства в бинарных растворах. Критические точки в бинарных растворах. |
| 1.2      | Теория фазовых переходов Ландау                       | Параметр порядка и симметрия. Разложение Ландау. Основные результаты теории Ландау. Сравнение с экспериментом. Физическая причина нарушения теории Ландау. Термодинамическая теория флуктуаций. Корреляционная функция флуктуаций параметра порядка. Радиус корреляции. Природа критической универсальности. Аномалия теплоемкости в рамках теории Орнштейна-Цернике. Межфазное натяжение в рамках теории самосогласованного поля. Критическая адсорбция. Критерий применимости теории самосогласованного поля (критерий Гинзбурга).   |
| 1.3      | Масштабная теория критических явлений                 | Гипотеза масштабной инвариантности. Масштабные размерности физических величин и критические показатели. Концепция универсальности критических явлений. Связь термодинамических производных и корреляторов. Оценка высших корреляторов. Разложение масштабных функций в области слабых и сильных полей. Параметрическое уравнение состояния. Линейная модель. Поправки к асимптотическим законам. Критические амплитуды. Универсальные отношения критических амплитуд. Динамическая масштабная теория.  |
| 1.4      | Критические явления в растворах                       | Гипотеза изоморфности. Гипотеза перемешивания полей. Переход от изоморфных к экспериментальным переменным. Выражения экспериментально измеряемых величин через изоморфные переменные. Два вида равновесия в бинарных растворах (жидкость-газ и жидкость-жидкость).   |

|     |                                   |   |
|-----|-----------------------------------|---|
|     |                                   | Классификация фазового поведения по характеру поведения критического локуса. Пограничные кривые и кривые сосуществования фаз в бинарных растворах. Изоморфное уравнение состояния растворов в критических точках. Применение к реальным газоконденсатным смесям.  |
| 1.5 | Эксперимент в критической области | Как реализовать экспериментальные условия наблюдения универсальных критических законов? Искажения характера аномалий измеряемых величин различными возмущениями (примеси, гравитационный эффект, градиенты температуры, неравновесность). Особенности обработки неаналитических зависимостей. Использование свойства однородности термодинамических величин. Результаты экспериментальных исследований равновесных и кинетических свойств жидкостей. Определение критических показателей амплитуд. Проверка равновесной масштабной теории. Перенормировка критических показателей в растворах. Проверка динамической масштабной теории. |
| 1.6 | Фазовые переходы первого рода     | Теория Ландау для фазовых переходов 1-го рода. Примеры фазовых переходов 1-го рода. Фазовые переходы в жидких кристаллах: нематики, смектики. Взаимодействие параметров порядка. Критические точки высшего порядка: бикритическая, трикритическая, поликритическая. Фазовые переходы в растворах He4-He3. Использование достижений физики фазовых переходов для изучения коллективных явлений в других областях естествознания (астрофизика, физика моря и атмосферы, биология и экология).   |