

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 30.10.2023 12:04:30  
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*

**Рабочая программа 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.***

Разработчик (составитель)

***к.ф.-м.н., доцент***  
***Зеленова М. А.***

ученая степень, должность, ФИО

<b>1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....</b>	<b>3</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>7</b>
<b>6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>13</b>
6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля) .....	13
6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем .....	14
6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства .....	14
<b>7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) .....</b>	<b>15</b>

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

<b>Формируемая компетенция (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).

## 5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

### *Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции ОПК-13 по индикатору 13.1:*

#### **Перечень вопросов к устному опросу**

1. Корреляционные функции равновесных систем.
2. Понятие о предельных гиббсовских состояний для решеточных систем типа Изинга.
3. Ближний и дальний порядок. Метод квазисредних и его обобщения.
4. Фазовые переходы: критичность, универсальность и скейлинг.
5. Распределение нулей статистической суммы в комплексной плоскости (теория Ли и Янга).
6. Эффекты конечных размеров системы на фазовых переходах второго рода.
7. Теория конечноразмерного подобия в окрестности критической точки.
8. Критический эффект Казимира для систем с геометрией слоя.
9. Метод ренормализационной группы в координатном пространстве.
10. Общая формулировка метода ренормализационной группы.
11. Определение конформной группы.
12. Преобразование метрического тензора при бесконечно малом преобразовании координат.
13. Конформные преобразования на комплексной плоскости.
14. Определение тензора напряжений и его свойства.
15. Коммутационные соотношения алгебры Вирасоро.

16. Определение образующих алгебры Вирасоро через действие тензора напряжений на локальные поля
17. Определение и свойства первичных полей.
18. Структура операторной алгебры локальных полей.
19. Разложения операторных произведений и их свойства.
20. Преобразование корреляционных функций первичных полей при бесконечно малом преобразовании координат.
21. Конформное тождество Уорда.
22. Условие существования минимальных конформных теорий поля и их свойства.
23. Первичные поля для модели Изинга.
24. Эффекты конечных размеров на свободную энергию системы.

***Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции ОПК-13 по индикатору 13.2:***

#### **Перечень тем рефератов**

1. Общая постановка исследования фазовых переходов в теории Ландау.
2. Угловая задача теории Ландау.
3. Радиальная задача теории Ландау
4. Переходы порядок-беспорядок и перестановочное представление.
5. Анализ перестановочного представления. Первичные и вторичные параметры порядка.
6. Переходы типа смещения и векторное представление.
7. Анализ векторного представления. Магнитные состояния в кристалле и способы описания их магнитной симметрии.
8. Метод представленного анализа.
9. Псевдовекторное представление.
10. Простейшие примеры симметричного описания магнетиков.
11. Основные сведения о сверхпроводимости.
12. Теория Гинзбурга-Ландау.
13. Понятие о БКШ-теории.
14. Современные проблемы сверхпроводимости
15. Жидкие кристаллы: типы и общая классификация.
16. Феноменологическая теория перехода в упорядоченную фазу.
17. Фазовые диаграммы типичных жидких кристаллов.
18. Фазовые переходы в магнитных материалах.
19. Модели магнитных материалов.
20. Теория подобия (скейлинг).
21. Неравенства между критическими индексами.
22. Законы подобия и уравнение состояния.
23. Модели для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга).
24. Размерность решетки и параметра порядка. Гипотеза универсальности.
25. Фазовые переходы и критические явления в аморфных магнетиках, спиновых стеклах и системах со случайным полем.
26. Динамика критических флуктуаций.
27. Феноменологическое описание и теория взаимодействующих мод.
28. Гипотеза динамического подобия и классы универсальности.

#### **Тестирование**

**Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции ОПК-13 по индикатору 13.3:**

**Перечень тем рефератов**

1. Как изменяется температура жидкости при испарении?
  - понижается
  - повышается
  - не изменяется
2. Давление водяного пара в воздухе при температуре 15 градусов по Цельсию равно 1,23 кПа. Какова относительная влажность воздуха, если давление насыщенного пара при этой температуре равно 1,71 кПа?
  - 60%
  - 72%
  - 80%
3. Давление водяного пара в воздухе при температуре 20 градусов по Цельсию равно 1,17 кПа. Какова относительная влажность воздуха, если давление насыщенного пара при этой же температуре равно 2,33 кПа?
  - 50%
  - 60%
  - 70%
4. Как изменится температура кипения жидкости при понижении внешнего давления?
  - повысится
  - понизится
  - не изменится
5. Как изменяется при плавлении твёрдого тела его температура?
  - не изменяется
  - увеличивается
  - уменьшается
6. Удельная теплота плавления льда равна  $3,4 \cdot 10^5$  Дж/кг. Это означает, что:
  - для плавления 1 кг льда требуется  $3,4 \cdot 10^5$  Дж теплоты.
  - для плавления  $3,4 \cdot 10^5$  кг льда требуется 1 Дж теплоты
  - при плавлении 1 кг льда выделяется  $3,4 \cdot 10^5$  Дж теплоты
7. Что можно сказать о внутренней энергии расплавленного и нерасплавленного кусков меди массой 1 кг при температуре  $1085^\circ\text{C}$ ?
  - Их внутренние энергии одинаковы
  - Внутренняя энергия у расплавленного куска меди больше
  - внутренняя энергия у расплавленного куска меди меньше
8. Какое количество теплоты выделится при кристаллизации 5 кг цинка, имеющего температуру  $520^\circ\text{C}$ ? Температура плавления цинка равна  $420^\circ\text{C}$ , удельная теплоёмкость цинка -  $400 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$ , удельная теплота плавления цинка -  $100 \text{ кДж}/\text{кг}$ .
  - 700 кДж
  - 26 МДж

- 60 кДж
9. Какое определение наиболее полно характеризует понятие «фаза термодинамической системы»?
    - Часть термодинамической системы, ограниченная видимой поверхностью раздела.
    - Гомогенная часть термодинамической системы.
    - Совокупность гомогенных частей системы, одинаковых во всех точках по составу и свойствам и ограниченных от других частей системы поверхностью раздела.
    - Одно из веществ, входящих в состав термодинамической системы, взятое в определенном агрегатном состоянии.
  
  10. Какое определение наиболее полно соответствует понятию «компоненты термодинамической системы»?
    - Вещества, которые могут быть выделены из системы и существовать вне нее.
    - Индивидуальные химические вещества, наименьшее число которых необходимо и достаточно для образования всех фаз равновесной системы.
    - Вещества с неограниченной взаимной растворимостью в жидкой или твердой фазах.
    - Индивидуальные химические вещества, образующие термодинамическую систему в результате химического взаимодействия друг с другом.
  
  11. Что такое степень свободы или вариативность термодинамической системы?
    - Это число параметров системы, связанных между собой какой – либо математической зависимостью.
    - Это число параметров системы, которые можно менять независимо друг от друга, не меняя при этом числа и вида фаз системы.
    - Это число независимых параметров системы.
    - Это минимальное число веществ, необходимое и достаточное для образования всех фаз системы.
  
  12. Какое из определений соответствует понятию диаграмма состояния?
    - Диаграмма состояния, на которой изображены разные фазы: жидкая, газообразная, все аллотропные модификации вещества в твердом агрегатном состоянии.
    - Графическое выражение зависимостей между значениями переменных, определяющих состояние системы (объем, давление, температура, концентрация веществ и пр.).
    - Графическое выражение зависимости между составом системы и температурой или давлением.
    - Диаграмма, на которой показана взаимная растворимость компонентов системы.
  
  13. Какое из определений соответствует понятию фазовая диаграмма?
    - Диаграмма состояния, на которой изображены разные фазы: жидкая, газообразная, все аллотропные модификации вещества в твердом агрегатном состоянии.
    - Графическое выражение зависимостей между значениями переменных, определяющих состояние системы (объем, давление, температура, концентрация веществ и пр.).

- Графическое выражение зависимости между составом системы и температурой или давлением.
  - Диаграмма, на которой показана взаимная растворимость компонентов системы.
14. Как называются смеси жидких веществ с постоянной температурой кипения?
- Идеальные.
  - Азеотропные.
  - Гомогенные.
  - Изоморфные.
15. Какие растворы не могут быть разделены путем перегонки на чистые компоненты?
- Имеющие достаточно большую разницу в температурах кипения компонентов.
  - Растворы, содержащие компоненты, отличающиеся по природе и полярности связей в молекулах.
  - Растворы, обладающие точками экстремума на диаграммах «температура кипения - состав».
  - Не имеющих экстремумов на диаграммах «температура кипения - состав».
16. Что называется полиморфизмом?
- а) изменение электронной структуры атома
  - б) изменение типа кристаллической решетки
  - в) изменение агрегатного состояния
  - г) периодичность атомов в кристаллической решетке
17. Каким условиям отвечает равновесие термодинамической системы?
- Одинаковое агрегатное состояние всех компонентов системы.
  - Равенство химических потенциалов каждого компонента во всех фазах.
  - Отсутствие видимых процессов или явлений.
  - Минимальное значение энтропии.
18. Для какой термодинамической системы правило фаз Гиббса будет иметь следующий вид:  $V_{\text{усл.}} = C - \varphi + 1$ ?
- Температура или давление – постоянная величина.
  - Концентрации компонентов одинаковы.
  - Компоненты системы находятся в тонкодисперсном состоянии.
  - Концентрации компонентов одинаковы во всех фазах.
19. Для какой термодинамической системы правило фаз Гиббса будет иметь следующий вид:  $V_{\text{усл.}} = C - \varphi + 3$ ?
- Температура или давление – постоянная величина.
  - Концентрации компонентов одинаковы.
  - Компоненты системы находятся в тонкодисперсном состоянии.
  - Концентрации компонентов одинаковы во всех фазах.
20. Каким технологическим приемом можно сместить положение азеотропной точки?
- Изменить давление, при котором ведется перегонка.
  - Изменить температуру перегонки.

- Изменить аппаратное оформление процесса.
  - Изменить состав перегоняемой жидкой смеси.
21. Какова причина отклонения реальных растворов от идеальности?
- Подчинение закону Рауля.
  - Подчинение объема смеси закону аддитивности.
  - Наличие взаимодействий между компонентами раствора.
  - Отсутствие водородных связей между компонентами раствора.
22. Почему при кипении реальных растворов состав равновесного пара находится
- $$\frac{y_A}{y_B} = \frac{\chi_A \cdot P_A^0}{\chi_B \cdot P_B^0} ?$$
- экспериментально, а не рассчитывается по уравнению:
- Давление паров над реальным раствором может иметь существенные отклонения от рассчитанного по закону Рауля.
  - Состав равновесного пара непрерывно меняется по мере отгонки легколетучего компонента.
  - Так как неизвестны давления насыщенных паров компонентов при конкретно заданной температуре.
  - Приведенное уравнение пригодно только для идеальных растворов.
23. Какая из перечисленных технологических операций позволяет разделить жидкие бинарные смеси?
- Переэтерификация.
  - Темперирование.
  - Гидратация.
  - Дистилляция.
24. С какой целью применяется перегонка (дистилляция) с водяным паром?
- Для смещения азеотропной точки.
  - Для очистки летучих веществ от компонентов с низкой летучестью.
  - Для уменьшения температуры отгонки термически нестойких компонентов.
  - Для увеличения выхода летучего компонента.
25. Что представляет собой **нода** на фазовых диаграммах кипения бинарных смесей (растворов)
- Линия постоянства состава жидкой смеси.
  - Линия, связывающая температуры кипения чистых жидкостей.
  - Линия или ось состава жидкой смеси.
  - Линия, связывающая равновесные составы жидкости и пара.

#### Перечень вопросов к зачету

1. Многообразие фазовых переходов второго рода и универсальность их описания.
2. Проявление флуктуационной природы фазовых переходов второго рода в явлениях рассеяния света вблизи критической точки.
3. Критическая опалесценция света. Связь интенсивности рассеяния света с корреляционной функцией плотность-плотность.
4. Корреляционная функция в приближении Орштейна-Цернике. Критический индекс Фишера.

5. Магнитные фазовые переходы и теория эффективного молекулярного поля Кюри-Вейса.
6. Молекулярное поле и теория Гейзенберга магнетизма.
7. Спиновые стекла и особенности магнитного упорядочения в спиновых стеклах.
8. Структурные фазовые переходы: переходы типа "смещения", переходы порядок-беспорядок.
9. Квантовая Бозе-жидкость. Явление сверхтекучести.
10. Фазовые переходы в жидких кристаллах.
11. Теория Ландау фазовых переходов второго рода. Критические индексы теории Ландау.
12. Мультикритическое (трикритическое, бикритическое и тетракритическое) поведение систем и его описание в рамках теории Ландау.
13. Гипотеза подобия для термодинамических функций. Понятия однородной и обобщеннооднородной функции одной и многих переменных. Статическая гипотеза подобия. Получение скейлинговых соотношений между критическими индексами.
14. Применение теории скейлинга к статическим корреляционным функциям. Преобразование Каданова.
15. Метод ренормализационной группы. Определение и свойства.
16. Корреляционные функции, восприимчивость, флуктуации.
17. Флуктуационно диссипативная теорема. Флуктуационный вклад в теплоемкость вблизи критической точки.
18. Тривиальный пример ренормализационной группы. Гауссова модель. Понятие фиксированной точки.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

#### **Основная учебная литература:**

1. Амирханов, Д. Г. Техническая термодинамика: учебное пособие / Д. Г. Амирханов, Р. Д. Амирханов; ред. Е. И. Шевченко; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014. – 264 с.: табл., граф., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428258> (дата обращения: 07.06.2023). – Библиогр.: с. 250. – ISBN 978-5-7882-1664-5. – Текст: электронный.

#### **Дополнительная учебная литература:**

1. Новиков, И. И. Термодинамика: учебное пособие / И. И. Новиков. – 2-е изд., испр. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 592 с. – ISBN 978-5-8114-0987-7. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/167768> (дата обращения: 07.06.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика: учебное пособие / Н. М. Цирельман. – 2-е изд., доп. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 352 с. – ISBN 978-5-8114-3063-5. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/107965> (дата обращения: 07.06.2023). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

№ п/п	Наименование документа с указанием реквизитов
1	Договор на доступ к ЭБС ZNANIUM.COM между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Знаниум» № 3/22-эбс от 05.07.2022
2	Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 1/22-эбс от 04.03.2022
3	Договор на доступ к ЭБС «Университетская библиотека онлайн» между БашГУ и «Нексмедиа» № 223-950 от 05.09.2022
4	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № 223-948 от 05.09.2022
5	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № 223-949 от 05.09.2022
6	Соглашение о сотрудничестве между БашГУ и издательством «Лань» № 5 от 05.09.2022
7	ЭБС «ЭБ БашГУ», бессрочный договор между БашГУ и ООО «Открытые библиотечные системы» № 095 от 01.09.2014 г.
8	Договор на БД диссертаций между БашГУ и РГБ № 223-796 от 27.07.2022
9	Договор о подключении к НЭБ и о предоставлении доступа к объектам НЭБ между БашГУ в лице директора СФ БашГУ с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1438-П от 11.06.2019
10	Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между УУНиТ в лице директора СФ УУНиТ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 1/23-эбс от 03.03.2023

## Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»)

№ п/п	Адрес (URL)	Описание страницы
1	<a href="http://minenergo.gov.ru/activity/oilgas/">http://minenergo.gov.ru/activity/oilgas/</a>	Сайт Министерства энергетики РФ, раздел «Нефтегазовый комплекс»
2	<a href="http://www.gazprom.ru">www.gazprom.ru</a>	Официальный сайт Газпрома
3	<a href="https://moodle.kstu.ru/mod/book/view.php?id=18158&amp;chapterid=3065">https://moodle.kstu.ru/mod/book/view.php?id=18158&amp;chapterid=3065</a>	Физико-химическая механика нефтяных дисперсных систем

## 6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

Наименование программного обеспечения
Windows 10
Office Standart 2007 Russian OpenLicensePack NoLevel Acdmc

**7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

<b>Тип учебной аудитории</b>	<b>Оснащенность учебной аудитории</b>
Читальный зал: помещение для самостоятельной работы	Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютеры с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС Филиала
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации	Учебная мебель, доска поворотная магнитно-маркерная, компьютеры, учебно-наглядные пособия