

Документ подписан электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич
Должность: врио ректора
Дата подписания: 10.07.2024 12:02:42
Уникальный программный ключ:
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:



Руководитель ООП

[Handwritten signature]

Б.Б.Педько

«21»

мая

2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Фазовые переходы

Закреплена за кафедрой: **Физики конденсированного состояния**

Направление подготовки: **03.03.02 Физика**

Направленность (профиль): **Физика, технологии и компьютерное моделирование функциональных материалов**

Квалификация: **Бакалавр**

Форма обучения: **очная**

Семестр: **6**

Программу составил(и):

канд. физ.-мат. наук, доц., Большикова Наталья Николаевна

[Handwritten signature]

Тверь, 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

«Фазовые переходы» является описание физических свойств объектов и изучение фазовых переходов в конденсированных средах, методов их описания, а также рассмотрение различных аспектов их практического применения.

Задачи:

являются:

- формирование представлений об основных понятиях фазовых переходов в физике конденсированного состояния;
- ознакомление обучающихся с классическими подходами к описанию фазовых переходов в жидких и ферромагнитных средах, к изучению свойств систем вблизи фазовых переходов, освоению теории фазовых переходов Ландау и современных направлений в теории фазовых переходов;
- получение практического опыта анализа физических процессов, изучаемых в курсе физики конденсированного состояния вещества, с точки зрения теории фазовых переходов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Дифференциальные уравнения

Молекулярная физика

Электричество и магнетизм

Кристаллография

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Преддипломная практика

Научно-исследовательская работа

Физика нелинейных кристаллов

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	2 ЗЕТ
Часов по учебному плану	72
в том числе:	
аудиторные занятия	42
самостоятельная работа	22

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-2.2: Анализирует физические явления и процессы в области физики конденсированного состояния и составляет отчет по теме исследования или по результатам проведенных экспериментов

Уровень 1 физические явления и процессы в области физики конденсированного состояния

Уровень 1 составлять отчет по теме исследования или по результатам проведенных экспериментов

Уровень 1 необходимыми знаниями и умениями для анализа физических явлений и процессов в области физики конденсированного состояния

УК-1.1: Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие

Уровень 1 задачу, выделяя ее базовые составляющие

Уровень 1 анализировать задачу, выделяя ее базовые составляющие

Уровень 1 методами решения задачи, выделяя ее базовые составляющие

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
зачеты	6

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. Введение. Сведения из термодинамики.					
1.1	Основные законы и уравнения термодинамики. Характеристические функции, химический потенциал, его связь со свободной энергией Гиббса. Системы с дополнительными параметрами. Уравнение состояния сложной системы, идеальная сложная система. Характеристические функции сложной системы. Основы термодинамики магнетиков и диэлектриков.	Лек	6	2	Л1.1Л2.1 Л3.1 Л3.2	
1.2	Основные законы и уравнения термодинамики. Характеристические функции, химический потенциал, его связь со свободной энергией Гиббса. Системы с дополнительными параметрами. Уравнение состояния сложной системы, идеальная сложная система. Характеристические функции сложной системы. Основы термодинамики магнетиков и диэлектриков.	Ср	6	2		
	Раздел 2. Термодинамика фазовых превращений.					

2.1	Экстремальные критерии равновесия. Критерии устойчивости однородной системы: детерминант и коэффициент устойчивости, бинадаль и спинадаль, функция отклика. Равновесие фаз гетерогенной системы, диаграмма равновесия. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Фазовые переходы, их классификация по Эренфесту, фазовые переходы II рода. Уравнение Эренфеста	Лек	6	4		
2.2	Экстремальные критерии равновесия. Критерии устойчивости однородной системы: детерминант и коэффициент устойчивости, бинадаль и спинадаль, функция отклика. Равновесие фаз гетерогенной системы, диаграмма равновесия. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Фазовые переходы, их классификация по Эренфесту, фазовые переходы II рода. Уравнение Эренфеста	Пр	6	2		
2.3	Экстремальные критерии равновесия. Критерии устойчивости однородной системы: детерминант и коэффициент устойчивости, бинадаль и спинадаль, функция отклика. Равновесие фаз гетерогенной системы, диаграмма равновесия. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Фазовые переходы, их классификация по Эренфесту, фазовые переходы II рода. Уравнение Эренфеста	Ср	6	4		
	Раздел 3. Классическая теория критических явлений. Теория конденсации Ван-дер-Ваальса.					

3.1	Уравнение Ван-дер-Ваальса в приближении среднего поля. Изотерма флюида Ван-дер-Ваальса, экспериментальные изотермы, правило Максвелла, критическая точка, бинадаль и спинопаль, флюида Ван-дер-Ваальса. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса и естественные состояния. Основы теории подобия: основные теоремы, критерии подобия. Термодинамическое подобие.	Лек	6	4		
3.2	Уравнение Ван-дер-Ваальса в приближении среднего поля. Изотерма флюида Ван-дер-Ваальса, экспериментальные изотермы, правило Максвелла, критическая точка, бинадаль и спинопаль, флюида Ван-дер-Ваальса. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса и естественные состояния. Основы теории подобия: основные теоремы, критерии подобия. Термодинамическое подобие.	Пр	6	2		
3.3	Уравнение Ван-дер-Ваальса в приближении среднего поля. Изотерма флюида Ван-дер-Ваальса, экспериментальные изотермы, правило Максвелла, критическая точка, бинадаль и спинопаль, флюида Ван-дер-Ваальса. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса и естественные состояния. Основы теории подобия: основные теоремы, критерии подобия. Термодинамическое подобие.	Ср	6	4		
	Раздел 4. Ферромагнитное превращение					

4.1	Сведения из статистической физики: квантовая сумма состояний и ее связь со свободной энергией системы. Магнетик Изинга, поле Вейсса, параметр порядка. Описание перехода "ферро-магнетик-парамагнетик", точка Кюри. Приближение Брегга-Вильямса в теории ферромагнитного превращения. Изотермы конденсации и намагничивания в окрестности критической точки.	Лек	6	4		
4.2	Сведения из статистической физики: квантовая сумма состояний и ее связь со свободной энергией системы. Магнетик Изинга, поле Вейсса, параметр порядка. Описание перехода "ферро-магнетик-парамагнетик", точка Кюри. Приближение Брегга-Вильямса в теории ферромагнитного превращения. Изотермы конденсации и намагничивания в окрестности критической точки.	Пр	6	2		
4.3	Сведения из статистической физики: квантовая сумма состояний и ее связь со свободной энергией системы. Магнетик Изинга, поле Вейсса, параметр порядка. Описание перехода "ферро-магнетик-парамагнетик", точка Кюри. Приближение Брегга-Вильямса в теории ферромагнитного превращения. Изотермы конденсации и намагничивания в окрестности критической точки.	Ср	6	4		
	Раздел 5. Макроскопические свойства вблизи критической точки.					

5.1	Термодинамическое описание систем в окрестности критической точки, критические индексы. Критическая изотерма, изотермическая проницаемость, параметр порядка и теплоемкость, флюида Ван-дер-Ваальса в окрестности критической точки, критические индексы. Критическая изотерма, магнитная восприимчивость, параметр порядка и теплоемкость магнетика Брегга-Вильямса, критические индексы.	Лек	6	4		
5.2	Термодинамическое описание систем в окрестности критической точки, критические индексы. Критическая изотерма, изотермическая проницаемость, параметр порядка и теплоемкость, флюида Ван-дер-Ваальса в окрестности критической точки, критические индексы. Критическая изотерма, магнитная восприимчивость, параметр порядка и теплоемкость магнетика Брегга-Вильямса, критические индексы.	Пр	6	4		
5.3	Термодинамическое описание систем в окрестности критической точки, критические индексы. Критическая изотерма, изотермическая проницаемость, параметр порядка и теплоемкость, флюида Ван-дер-Ваальса в окрестности критической точки, критические индексы. Критическая изотерма, магнитная восприимчивость, параметр порядка и теплоемкость магнетика Брегга-Вильямса, критические индексы.	Ср	6	4		
	Раздел 6. Феноменологическая теория фазовых переходов II рода.					

6.1	<p>Разложение Ландау, основные допущения. Линии и изолированные точки фазовых переходов II рода. Разложение Ландау для основного ферромагнетика. Критические индексы для параметра порядка критической изотермы, магнитной восприимчивости и теплоемкости. Критическая точка флюида в приближении Ландау. Параметр порядка и "полевой" параметр.</p> <p>Уравнение состояния в околоскритической области, критическая изотерма, критические индексы. Фазовые переходы в сегнетоэлектриках. Зависимость типа перехода от знака коэффициента 3 члена разложения Ландау. Критическая точка Кюри (T_c - точка). Фазовый переход I рода, близкий к критической точке Кюри.</p> <p>Флуктуационная теория фазовых переходов II рода. Переход и плотности большого потенциала, учет флуктуаций параметра порядка, приближение Орнштейна-Цернике. Сведения из термодинамической теории флуктуаций, флуктуации Фурье- компонент дисперсии параметра порядка. Корреляция флуктуаций, корреляционная функция и радиус корреляций. Критические индексы, с флуктуацией.</p> <p>Границы применимости разложения Ландау, критерий Гинзбурга. Сингулярность критической точки. Сравнение феноменологической теории с экспериментом и результатами точных расчетов для модельных систем</p>	Лек	6	6		
-----	---	-----	---	---	--	--

6.2	<p>Разложение Ландау, основные допущения. Линии и изолированные точки фазовых переходов II рода. Разложение Ландау для основного ферромагнетика. Критические индексы для параметра порядка критической изотермы, магнитной восприимчивости и теплоемкости. Критическая точка флюида в приближении Ландау. Параметр порядка и "полевой" параметр.</p> <p>Уравнение состояния в околочитической области, критическая изотерма, критические индексы. Фазовые переходы в сегнетоэлектриках. Зависимость типа перехода от знака коэффициента 3 члена разложения Ландау. Критическая точка Кюри (T_c - точка). Фазовый переход I рода, близкий к критической точке Кюри.</p> <p>Флуктуационная теория фазовых переходов II рода. Переход и плотности большого потенциала, учет флуктуаций параметра порядка, приближение Орнштейна-Цернике. Сведения из термодинамической теории флуктуаций, флуктуации Фурье- компонент дисперсии параметра порядка. Корреляция флуктуаций, корреляционная функция и радиус корреляций. Критические индексы, с флуктуацией.</p> <p>Границы применимости разложения Ландау, критерий Гинзбурга. Сингулярность критической точки. Сравнение феноменологической теории с экспериментом и результатами точных расчетов для модельных систем</p>	Пр	6	4		
-----	---	----	---	---	--	--

6.3	<p>Разложение Ландау, основные допущения. Линии и изолированные точки фазовых переходов II рода. Разложение Ландау для основного ферромагнетика. Критические индексы для параметра порядка критической изотермы, магнитной восприимчивости и теплоемкости. Критическая точка флюида в приближении Ландау. Параметр порядка и "полевой" параметр.</p> <p>Уравнение состояния в околоскритической области, критическая изотерма, критические индексы. Фазовые переходы в сегнетоэлектриках. Зависимость типа перехода от знака коэффициента 3 члена разложения Ландау. Критическая точка Кюри (T_c - точка). Фазовый переход I рода, близкий к критической точке Кюри.</p> <p>Флуктуационная теория фазовых переходов II рода. Переход и плотности большого потенциала, учет флуктуаций параметра порядка, приближение Орнштейна-Цернике. Сведения из термодинамической теории флуктуаций, флуктуации Фурье- компонент дисперсии параметра порядка. Корреляция флуктуаций, корреляционная функция и радиус корреляций. Критические индексы, с флуктуацией.</p> <p>Границы применимости разложения Ландау, критерий Гинзбурга. Сингулярность критической точки. Сравнение феноменологической теории с экспериментом и результатами точных расчетов для модельных систем</p>	Ср	6	4		
	Раздел 7. Современные направления в теории фазовых переходов.					

7.1	<p>Феноменологические неравенства для критических индексов. Гипотеза однородности Уидома. Гипотеза масштабной инвариантности, скейлинговые законы в формулировке Каданова, формулировка Вильсона. Роль размерностей систем и параметра порядка, универсальные закономерности. Элементы синергетика и процессы самоорганизации. Текущее равновесие по Бергаланфи в открытых системах. Диссипативные структуры. Ячейка Бонэра и генерация лазера на примере кинетических структур. Условия возникновения диссипативных структур. Критерий эволюции Пригожина-Глансдорфа. Н-теорема нелинейной неравновесной термодинамики</p>	Лек	6	4		
-----	---	-----	---	---	--	--

8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

см Приложение 1

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

См приложение 1

8.3. Требования к рейтинг-контролю

Рейтинг

1. Первая контрольная точка. Содержание модуля 1: Раздел 1 – 3.

40 баллов, из них 20 – текущая работа, 10 – посещаемость, 10 – контрольная работа.

9-ая неделя.

2. Вторая контрольная точка. Содержание модуля 2: Раздел 4 – 7.

60 баллов, из них 40 – текущая работа, 10 – посещаемость, 10 – контрольная работа.

18-ая неделя

Критерии: работа на каждом практическом занятии – по 5 баллов (текущая работа), правильный ответ на один вопрос контрольной работы – 2 балла.

Программой предусматривается выполнение письменных контрольных работ и отчеты о выполнении студентами заданий на лабораторных занятиях в качестве форм рубежного контроля в конце каждого модуля. Для подготовки к рубежному контролю предполагается выполнение домашних заданий по каждой пройденной в течение модуля теме и использование банка контрольных вопросов и заданий рабочей программы.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

9.1. Рекомендуемая литература

9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Вшивков С. А., Фазовые переходы полимерных систем во внешних полях, Санкт-Петербург: Лань, 2022, ISBN: 978-5-8114-1529-8, URL: https://e.lanbook.com/book/211370

9.1.2. Дополнительная литература

Шифр	Литература
Л2.1	Муртазаев, Рамазанов, Бадиев, Фазовые переходы в фрустрированной модели Изинга на треугольной решетке, Тверь: Тверской государственной университет, , ISBN: , URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/11809t.pdf

9.1.3. Методические разработки

Шифр	Литература
Л3.1	, Фазовые переходы, поверхностное натяжение, Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2019, ISBN: , URL: https://e.lanbook.com/book/144906
Л3.2	Прудников В. В., Вакилов А. Н., Прудников П. В., Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования, Москва: Физматлит, 2009, ISBN: 978-5-9221-0961-1, URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68374

9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	OpenOffice

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-228	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, экран
3-227	комплект учебной мебели, переносной ноутбук, проектор, экран

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Самостоятельная работа студентов предполагает:

–обязательное выполнение домашних заданий, предусмотренных лекци-онными и лабораторными занятиями;

–углубленное изучение литературы и решение задач по пройденным те-мам и по вопросам, дополнительно указанным преподавателем;

–использование материалов рабочей программы для систематизации зна-ний и подготовке к занятиям и контрольным работам.

Перечень вопросов для систематизации знаний:

1. Что называется: гомо и гетеросистемами; компонентами гетеросисте-мы;

фазой?

2. Что такое фазовый переход?
3. Признаки параметров системы?
4. Какие параметры различаются?
5. Уравнения состояния и их виды?
6. Зачем необходимы термopotенциалы?
7. Связь полного термopotенциала с химическим потенциалом?
8. Отличия сложных систем от простых. Уравнения термодинамики сложных систем, их структура.
9. Уравнение состояния сложной системы. Идеальная сложная система.
10. Термopotенциалы сложных систем.
11. Обобщенные потенциалы.
12. Критерии термодинамического равновесия.
13. Условие равновесия фаз гетеросистемы.
14. Уравнение кривой равновесия.
15. Диаграмма равновесия.
16. Сущность приема, называемого «приближением среднего поля».
17. Отличность уравнений Менделеева – Клайперона и Ван- дер- Вальса.
18. Отличия теоретической и опытной изотерм для реальных газов.
19. Критическое состояние термосистемы.
20. Отличие приведенного и обычного уравнений Ван- дер- Вальса.
21. Спинодаль и бинодаль.
22. Модель Изинга.
23. Гипотеза Вейсса.
24. Модель Брегга- Вильямса.
25. Отличия кривых $H(\square)$ и $P(n)$ для магнетиков ВДВ- флюида.
26. Что характеризуют критические индексы.
27. Зачем вводятся критические индексы.

Фазовые переходы

УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач

Номер задания	Правильный ответ (ключ)	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
<i>Задания закрытого типа</i>			
1	1	Что означает термин «Фазовый переход» 1. Переход системы из одного фазового состояния в другое при изменении внешних условий 2. Переход системы из одного фазового состояния в другое без изменения внешних условий 3. Изменения состояния системы при определенном давлении	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
2	2	Параметры термодинамической системы 1. Величины, характеризующие систему однозначно качественно 2. Величины, характеризующие систему однозначно количественно 3. Величины, не входящие в систему	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
3	2	Какие существуют термодинамические потенциалы 1. Внутренняя энергия, свободная энергия, энтальпия, Энтропия 2. Внутренняя энергия, свободная энергия, энтальпия, полный термодинамический потенциал 3. Давление, свободная энергия, энтальпия, полный термодинамический потенциал	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
4	1	Сложная термодинамическая система – 1. Система, состояние которой, кроме P, V, T определяется дополнительными параметрами 2. Система, состояние которой определяется параметрами P, V, T 3. Система, состояние которой, определяется только дополнительными параметрами	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
5	3	Общий критерий равновесия системы 1. условие максимума того термодинамического потенциала, который характеристичен для данных параметров 2. Равенство нулю термодинамического потенциала, который характеристичен для данных параметров 3. условие минимума того термодинамического потенциала, который характеристичен для данных параметров	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
6	2	Для чего нужны критические индексы 1. для определения параметров системы вдали от фазового перехода 2. для определения параметров системы вблизи фазового перехода 3. для определения микроскопических свойств системы вблизи фазового перехода	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
7	3	Уравнение Ван-дер-Ваальса для реальных газов 1. $PV=RT$ 2. $P(V-b)=RT$ 3. $(P+aV^{-2})(V-b)=RT$	Правильно выбраны все варианты – 1 балл;

			правильно выбрана половина вариантов – 0,5 балла; правильно выбрано меньше половины вариантов - 0
8	1	Что такое спинодаль 1. Граница устойчивого состояния системы 2. Граница неустойчивого состояния системы 3. Граница между двумя системами	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
9			Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
10			Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
Задания открытого типа			
1	Энтальпия – это _____		Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) Энтальпия – это $H = U + PV$			
2	Внутренняя энергия – это _____		Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) Внутренняя энергия – это все виды энергии частиц, составляющих частицу			
3	Фаза – это _____		Правильно выбраны все соответствия – 1 балл; правильно выбрано половина и больше соответствий – 0,5 балла; правильно выбрано меньше половины соответствий – 0 баллов;
Правильный ответ (ключ) Фаза – это физически однородная часть системы, отделенная от других границ фазовой границей			
4	Классификация фазовых переходов _____		Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) Классификация фазовых переходов – 1 и 2 рода			
5	Критические индексы это - _____		Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) Критические индексы это величины, характеризующие скорость изменения параметра вблизи фазового перехода			
6	$PV = RT$ – это _____		Правильный ответ – 1 балл
$PV = RT$ – это уравнение Менделеева-Клапейрона для 1 моля идеального газа			
7	Приведенные параметры - это _____		Правильный ответ – 1 балл
Приведенные параметры – это его величина, отнесенная к критическому значению			
8	Флюид Ван-дер-Ваальса – это _____		Правильный ответ – 1 балл

Флюид Ван-дер-Ваальса – это система, подчиняющаяся уравнению Ван-дер-Ваальса		

ПК-2. Способен выполнять экспериментальную работу в области физики и оформлять результаты исследований и разработок

Номер задания	Правильный ответ (ключ)	Содержание вопроса/задания	Критерии оценивания заданий
Задания закрытого типа			
1	1	Почему уравнение Клапейрона-Клаузиуса не применимо к фазовым переходам 2 рода 1. Возникает неопределенность 0/0 2. Меняется скачком энтропия 3. Меняется скачком объем	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
2	3	К каким фазовым переходам относится феноменологическая теория Ландау 1. К смешанным ФП 2. ФП 1 рода 3. ФП 2 рода	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
3	2	Значение критического индекса для параметра порядка системы 1. 0 2. 0,5 3. 3	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
4	3	Значение критического индекса для теплоемкости 1. 1 2. 3 3. 0	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
5	1	Уравнение Эренфеста 1. Уравнение кривой равновесия для ФП 2 рода 2. Уравнение кривой равновесия для ФП 1 рода 3. Уравнения системы в состоянии равновесия	Правильно выбраны все соответствия – 1 балл; правильно выбраны 3 соответствия – 0,75 балла; правильно выбраны 2 соответствия – 0,5 балла; правильно выбрано 1 соответствие – 0,25 балла.
6	2	Почему при фазовых переходах I рода возможны метастабильные состояния системы 1. Из-за кооперативного эффекта 2. Из-за наличия зародышей новой фазы 3. Из-за неустойчивости характеристик системы	
7	3	Зачем необходимы термopотенциалы	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл

		1.описывают влияние внешних параметров 2.содержат дополнительные параметры 3.содержат все характеристики системы	
8	1	В основе теории подобия 1.Подобие геометрических фигур 2.Подобие параметров 3.подобие зависимостей	Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
9			Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
10			Правильно выбран вариант ответа – 1 балл
Задания открытого типа			
1	Границы применимости разложения Ландау - .		Правильный ответ – 1 балл
Правильный ответ (ключ) Границы применимости разложения Ландау – нахождение системы вблизи ФП			
2	Магнетик Брегга-Вильямса - это		Правильный ответ – 1 балл
Магнетик Брегга-Вильямса – это модель ферромагнитного состояния			
3	Модель Изинга описывает _____		Правильный ответ – 1 балл
Модель Изинга описывает положение частиц в магнетиках в магнитном поле			
4	Гипотеза Вейсса -это		Правильный ответ – 1 балл
Гипотеза Вейсса –это наличие в магнетике магнитного поля			
5	Тройная точка системы - это		Правильный ответ – 1 балл
Тройная точка системы – это точка, соответствующая равновесному сосуществованию трёх фаз вещества.			
6	Диаграмма равновесия –		Правильный ответ – 1 балл
Диаграмма равновесия – графическое изображение равновесного состояния системы			
7	Фазовый переход I рода -		Правильный ответ – 1 балл
Фазовый переход I рода это ФП при которой первые производные полного термоднамического потенциала терпят разрыв			
8	Фазовый переход II рода		
Фазовый переход 2 рода это ФП при которой первые производные полного термоднамического потенциала непрерывны, а терпят разрыв 2 производные			