

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Таскаев Сергей Васильевич

Должность: Ректор

Дата подписания: 05.09.2025 12:10:54

Уникальный программный ключ:

04c19ed8bfb98f3b6cb77a486b9a8788b8522525

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)

Физический факультет

Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Физика фазовых переходов»

по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

| | | | |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|
| Версия документа - 1 | стр. 1 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|

**Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации
по дисциплине
Физика фазовых переходов**

Направление подготовки (специальность)
03.04.02 Физика

Направленность (профиль)
Физика конденсированного состояния вещества

Присваиваемая квалификация
Магистр

Форма обучения
Очная

Челябинск 2025 г.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Физика фазовых переходов»
по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

| | | | |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|
| Версия документа - 1 | стр. 2 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|

Содержание

1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Перечень формируемых компетенций
 - 2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной
3. Содержание оценочных средств по дисциплине
 - 3.1. Виды оценочных средств
 - 3.2. Содержание оценочных средств
4. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации
 - 4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации
 - 4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств
 - 4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Физика фазовых переходов»
по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 3

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

1. ПАСПОРТ ФОНДА ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Направленность (профиль): Физика конденсированного состояния вещества

Дисциплина: Физика фазовых переходов

Семестр: 2

Форма промежуточной аттестации: экзамен

Система оценивания: оценивание результатов осуществляется в рамках 5-балльной системы с использованием балльно-рейтинговой системы.

2. ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМИРУЕМЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1. Компетенции, закреплённые за дисциплиной

Изучение дисциплины «Физика фазовых переходов» направлено на формирование следующих компетенций:

| Коды компетенции согласно ФГОС (ОПОП ВО) | Содержание компетенций согласно ФГОС (ОПОП ВО) | Индикаторы достижения компетенции согласно ОПОП | Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине |
|--|--|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| ПК-2 | Способность ставить научные задачи в области физики конденсированного состояния вещества и решать их с использованием современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта | ПК-2.1. Обладает знаниями о передовом отечественном и зарубежном опыте эксплуатации и технического обслуживания электронного оборудования. ПК-2.2. Демонстрирует умение ставить научные задачи в области физики конденсированного состояния вещества и решать их с использованием современного оборудования и отечественного и зарубежного опыта ПК-2.3. Имеет практический опыт (навыки) проведения научно-исследовательских работ, опираясь на использование | Для достижения ПК-2.1: знать основные теории и модели фазовых превращений, протекающих в газах, жидкостях, твердых телах; Для достижения ПК-2.2: уметь использовать знания в практической деятельности в области описания и построения фазовых диаграмм; Для достижения ПК-2.3: владеть навыками постановки задач в области исследования фазовых превращений, протекающих в конденсированных средах |



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Физика фазовых переходов»
по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

| | | | |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|
| Версия документа - 1 | стр. 4 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |
|----------------------|--------|------------------------|---------------|

| | | | |
|--|--|---|--|
| | | современного оборудова- ния и отечественного и за- рубежного опыта. | |
|--|--|---|--|



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Физика фазовых переходов»
по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 5

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

3. СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1 Виды оценочных средств

| № п/п | Код компетенции/ планируемые результаты обучения | Контролируемые темы/ разделы | Наименование оценочного средства для текущего контроля | Наименование оценочного средства на промежуточной аттестации/№ задания |
|-------|---|---|---|---|
| 1 | Для достижения ПК- 2.1: знать основные теории и модели фазо- вых превращений, про- текающих в газах, жид- костях, твердых телах; Для достижения ПК- 2.2: уметь использовать знания в практической деятельности в области описания и построения фазовых диаграмм; Для достижения ПК- 2.3: владеть навыками постановки задач в области исследования фазовых превращений, протекающих в конденсированных средах | Введение. Основные сведения о фазовых переходах | Контрольная работа | Задание теста №1- 5, вопросы к экзамену №1-6 |
| | | Уравнения состояния. Газы. Жидкости. Твердые тела. | Контрольная работа | Задание теста №6- 10, вопросы к экзамену №7-20 |
| | | Основные теории фазовых переходов | Контрольная работа | Задание теста №11-15, вопросы к экзамену №21-30 |

3.2 Содержание оценочных средств

База тестовых вопросов

| № п/п | Формулировка вопроса | Варианты ответов |
|-------------------|---|---|
| Раздел 1 Введение | | |
| 1 | Какие из перечисленных фазовых переходов являются фазовыми переходами первого рода? | 1. плавление 2. сублимация 3. ферромагнитный переход 4. переход гелия в сверхтекучее состояние |
| 2 | При фазовых переходах второго рода изменяются: | 1. удельная энтропия 2. удельный объем 3. удельные теплоемкости |



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Физика фазовых переходов»
по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

Версия документа - 1

стр. 6

Первый экземпляр _____

КОПИЯ № _____

| | | |
|---|--|--|
| | | 4. термические коэффициенты |
| 3 | При фазовых переходах первого рода изменяются: | 1. удельная энтропия 2. удельный объем 3. удельные теплоемкости 4. термические коэффициенты |
| 4 | Укажите соотношение правила фаз Гиббса | 1. $c = k - \phi - 2$ 2. $c = \phi - k + 1$ 3. $c = k - \phi + 2$ 4. $c = k + \phi - 2$ |
| 5 | Какое уравнение справедливо для фазовых переходов первого рода | 1. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса 2. Уравнение Эренфеста 3. Уравнение Клапейрона-Менделеева- |
| Раздел 2 Уравнения состояния газа, жидкости, твердого тела | | |
| 6 | Термическое уравнение состояния выражает связь между... | 1. внутренней энергией, давлением и температурой 2. энтропией, объемом и температурой 3. давлением, температурой и объемом 4. энтальпией, давлением и объемом |
| 7 | Калориметрическое уравнение состояния выражает связь между... | 1. внутренней энергией, давлением и температурой 2. энтропией, объемом и температурой 3. давлением, температурой и объемом 4. энтальпией, давлением и объемом |
| 8 | Критическая точка уравнения Ван-дер-Ваальса имеет вид: | 1. $p_c = a/(27b^2)$, $v_c = 8a/(27bk)$, $T_c = 3b$ 2. $p_c = a/(27b^2)$, $v_c = 3b$, $T_c = 8a/(27bk)$ 3. $p_c = 8a/(27b^2)$, $v_c = 8a/(3bk)$, $T_c = 27b$ 4. $p_c = a/(27b)$, $v_c = 9b$, $T_c = 8a/(3bk)$ |
| 9 | Выберите зависимость теплоемкости кристаллической решетки от температуры в случае низких температур | 1. $C = \text{const}$ 2. $C \sim T$ 3. $C \sim T^2$ 4. $C \sim T^3$ |
| 10 | Уравнение состояния кристаллической решетки в гармоническом приближении (высокие температуры) имеет вид: | 1. 2. 3. |
| Раздел 3. Основные теории фазовых переходов | | |
| 11 | Параметр порядка – это | 1. термодинамическая величина, характеризующая тепловое изменение в системе при определенных физических условиях 2. термодинамическая величина, характеризующая дальний или ближний порядок в системе при определенных физических условиях 3. термодинамическая величина, ха- |



| | | |
|----|---|---|
| | | рактирующая любые самопроизвольные изменения в системе при определенных физических условиях |
| 12 | Чему равна критическая температура в двумерной модели Изинга | 1. $T_c/J = 0$ 2. $T_c/J = 2/\ln(1+\sqrt{2})$ 3. $T_c/J = 3/\ln(1+\sqrt{3})$ |
| 13 | Какие решеточные модели позволяют промоделировать фазовый переход первого рода | 1. Модель Изинга 2. Модель ХУ 3. Модель Поттса 4. Модель Гейзенберга 5. Модель Блюме-Эмери-Гриффитса |
| 14 | Температурное поведение параметра порядка вблизи фазового перехода характеризуется критическим индексом ... | 1. α 2. β 3. δ 4. γ |
| 15 | Теория Ландау фазовых переходов — ... | 1. общая теория, основанная на представлении о связи фазового перехода 1-го рода с изменением симметрии физической системы. 2. общая теория, основанная на представлении о связи фазового перехода 2-го рода с изменением симметрии физической системы. 3. общая теория, основанная на представлении о связи фазовых переходов 1-го и 2-го рода с изменением симметрии физической системы. |

Вопросы к экзамену

1. Классификация фазовых переходов. Химический потенциал.
2. Правило фаз Гиббса и диаграмма равновесия.
3. Термодинамическая устойчивость фаз.
4. Уравнение Клайперона – Клаузиуса. Уравнение Эренфеста.
5. Основные уравнения статистической термодинамики.
6. Второй вириальный коэффициент.
7. Изотермы Ван-дер-Ваальса и правило Максвелла. Критическая точка уравнения Ван-дер-Ваальса.
8. Закон соответственных состояний. Уравнение состояния реального газа.
9. Строение простых жидкостей.
10. Метод коррелятивных функций.



11. Связь термодинамических характеристик системы с функциями распределения.
12. Термодинамическая теория возмущения для реальной жидкости.
13. Уравнение состояния в модели жидкости твёрдых сфер.
14. Взаимодействия в твердых телах: ионные кристаллы, молекулярные кристаллы.
15. Взаимодействия в твердых телах: металлы, валентные кристаллы.
16. Свободная энергия кристаллической решётки и уравнение состояния в квазигармоническом приближении.
17. Низкие, высокие температуры.
18. Теории Дебая и Эйнштейна.
19. Кривые плавления: метод Линдемана.
20. Кривые плавления: уравнение Саймона.
21. Расчет фазовых диаграмм веществ.
22. Критические точки и параметр порядка. Критические индексы.
23. Гипотеза подобия (скейлинга). Корреляции, корреляционная длина.
24. Теория среднего поля.
25. Модель Изинга. Одномерная и двумерная модель. Алгоритм Метрополиса.
26. Модель Поттса. Модель Гейзенберга.
27. Теория Ландау: переходы с однокомпонентным параметром порядка, критерии применимости теории Ландау.
28. Теория Ландау: критическая область, переходы с многокомпонентным параметром порядка.
29. Флуктуации вблизи точек фазовых переходов.
30. Модель зонного метамагнетизма.

4. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.1. Порядок проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по каждому из пройденных разделов проводится письменно в два этапа.

На первом этапе студент решает тесты открытого типа со свободным ответом, состоящие из 5 вопросов. Продолжительность – 5 минут.

На втором этапе студент отвечает на один из вопросов к экзамену, соответствующий тому или иному разделу. Время подготовки к ответу на вопросы билета – 15 минут.



4.2. Критерии оценивания промежуточной аттестации по видам оценочных средств

Максимальный балл за ответы на теоретический вопрос из каждого раздела — 10 баллов. Критерии оценивания ответов по разделам дисциплины:

| Отлично/ зачтено/ 10-8 баллов | Хорошо/ зачтено/ 6-7 баллов | Удовлетворительно/за чтено/ 4-5 балла | Неудовлетворительно/ незачтено/ 3-0 баллов |
|--|---|---|--|
| Высокий уровень освоения проверяемых компетенций | Средний уровень освоения проверяемых компетенций | Базовый уровень освоения проверяемых компетенций | Недостаточный уровень освоения проверяемых компетенций |
| Обучающийся отлично знает материал, умеет анализировать проблему и аргументировано изложить свою точку зрения, владеет достаточным для высказывания лексическим запасом, грамотно изъясняется на иностранном языке с использованием точных терминов и названий. Обучающийся практически не допускает ошибок. | Обучающийся хорошо знает материал, умеет анализировать проблему и аргументировано изложить свою точку зрения, владеет достаточным для высказывания лексическим запасом, грамотно изъясняется на иностранном языке с использованием точных терминов и названий. Обучающийся допускает незначительные ошибки. | Обучающийся знаком с материалом, владеет достаточным для высказывания лексическим запасом. Обучающийся допускает фактические и языковые ошибки, не оперирует лексическим запасом по теме. | Обучающийся не знает основных положений вопроса, не ориентируется в основных понятиях, излагает материал с трудом, с грубыми фактическими и языковыми ошибками, либо отказывается от ответов на вопросы. |

4.2.2. Критерии оценивания теста

Тест формируется в системе электронного обучения MOODLE. Максимальный балл за тест — 10 баллов.



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Физика фазовых переходов»
по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

| | | | |
|----------------------|---------|------------------------|---------------|
| Версия документа - 1 | стр. 10 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |
|----------------------|---------|------------------------|---------------|

| Оценка | Отлично/ зачтено | Хорошо/ зачтено | Удовлетворитель но/зачтено | Неудовлетворительно/ незачтено |
|---|---------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Баллы | 10-8 баллов | 6-7 баллов | 4-5 баллов | 3-0 баллов |
| Уровень освоения проверяемых компетенций | высокий | средний | базовый | недостаточный |

Таким образом, за работу в семестре студент может получить максимум 60 баллов.

4.3. Результаты промежуточной аттестации и уровни сформированности компетенций

Если студент за время работы в семестре набрал менее 35 баллов, для него экзамен проходит в два этапа; если 35 баллов и более – только второй этап в письменно-устной форме по билетам.

На первом этапе экзамена студент выполняет тест из 10 вопросов. Продолжительность – 20 минут. Критерии оценивания теста: каждый правильный ответ – 1 балл. Максимальное количество баллов – 10. Чтобы тест был зачтен, студент должен дать правильные ответы по крайней мере на 6 вопросов из 10. Если тест не зачтен, то до второго этапа экзамена студент не допускается.

| Оценка | Зачтено | Не зачтено |
|--|-------------|---------------|
| Баллы | 10-6 баллов | 5-0 баллов |
| Уровень освоения проверяемых компетенций | базовый | недостаточный |

На втором этапе студент отвечает на вопросы экзаменационного билета. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Время подготовки к ответу на вопросы билета – 60 минут. Если студент за время работы в семестре набрал 55-60 баллов, то он освобождается от одного вопроса на экзамене.

Максимальный балл за ответы по билету – 40 баллов.

Критерии оценивания теоретических вопросов:

| Характеристики ответа | Баллы | Уровень освоения проверяемых компетенций |
|---|-------|--|
| Ответил на вопросы билета, воспроизведя | 40-35 | высокий |



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Физика фазовых переходов»
по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

| | | | |
|----------------------|---------|------------------------|---------------|
| Версия документа - 1 | стр. 11 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |
|----------------------|---------|------------------------|---------------|

| | | |
|---|-------|---------------|
| соответствующие математические выкладки и логические рассуждения, задача полностью решена, студент правильно обосновывает принятые решения. Возможны несущественные ошибки. | | |
| Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, но при этом допускаются негрубые ошибки при выводе формул и решении задачи или отсутствие некоторых элементов вывода. | 34-26 | средний |
| Знает «теоретический минимум», т.е. отвечает на вопрос базового уровня и знает основные понятия, соотношения (без вывода), название и физический смысл величин по другим вопросам билета. | 10-25 | базовый |
| Не может ответить на вопрос базового уровня | 0 | недостаточный |

При подведении итогов учитываются результаты промежуточных аттестаций. Полученные за текущую аттестацию (экзамен) баллы суммируются с баллами, полученными за каждый этап при прохождении промежуточной аттестации:

Критерии оценивания экзамена:

- 0-50 баллов - неудовлетворительно (2);
- 51-70 баллов - удовлетворительно (3);
- 71-89 баллов - хорошо (4);
- 90-100 баллов - отлично (5).

Уровни сформированности компетенций определяется следующим образом:

1. Высокий уровень сформированности компетенций соответствует оценке отлично:
предполагает формирование компетенций на высоком уровне: студент свободно владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела физики конденсированного состояния «Физика фазовых переходов», что позволяет формулировать выводы и участвовать в дискуссии по учебным вопросам данной дисциплины; полностью сформировано умение применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач и уверенно владеть навыком их решения;
2. Средний уровень соответствует оценке хорошо:
предполагает формирование компетенций на среднем уровне: студент хорошо владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела физики конденсированного состояния «Физика фазовых переходов»; сформировано умение применять полученную теоретическую базу



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ЧелГУ»)
Физический факультет
Кафедра физики конденсированного состояния

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) «Физика фазовых переходов»
по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» ФГБОУ ВО «ЧелГУ»

| | | | |
|----------------------|---------|------------------------|---------------|
| Версия документа - 1 | стр. 12 | Первый экземпляр _____ | КОПИЯ № _____ |
|----------------------|---------|------------------------|---------------|

для решения конкретных практических задач и владеть навыками решения базовых задач по термодинамике;

3. Базовый уровень соответствует оценке удовлетворительно:
предполагает формирование компетенций на начальном уровне: студент знает «теоретический минимум» и недостаточно владеет методами решения базовых задач по в области физики фазовых переходов;
4. Низкий уровень соответствует оценке неудовлетворительно:
студент не владеет основной терминологией и понятийным аппаратом раздела физики конденсированного состояния «Физика фазовых переходов»; не владеет навыками решения базовых задач в области физики фазовых переходов.

