

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 10.08.2023 16:07:31  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП



*[Handwritten signature]*

Б.Б.Педько

«30»

мая

2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Фазовые переходы**

Направление подготовки

03.03.02 Физика

профиль

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов

3 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Большакова Н.Н.

*[Handwritten signature]*

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

**Целью** изучения дисциплины «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.

**Задачами** освоения дисциплины 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**

Дисциплина «Фазовые переходы» изучается в элективном модуле «Диэлектрики» Блока 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

Для успешного освоения данной дисциплины необходимы знания, приобретенные при изучении курсов «Дифференциальные уравнения», «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Кристаллография». Изучение дисциплины «Фазовые переходы» требуется для дальнейшего успешного освоения обучающимися дисциплины «Физические свойства сегнетоэлектриков», а также для прохождения производственной и преддипломной практик и подготовки выпускной квалификационной работы.

**3. Объем дисциплины:** 3 зачетные единицы, 108 академических часов, **в том числе:**

**контактная аудиторная работа:** лекции 30 часов, практические занятия 30 часов;

**самостоятельная работа:** 48 часов, в том числе контроль 27 часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

<ul style="list-style-type: none"> <li>Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Планируемые результаты обучения по дисциплине</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие.</li> <li>УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ПК-2. Способен выполнять экспериментальную работу в области физики и оформлять результаты исследований и разработок.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ПК-2.2. Анализирует физические явления и процессы в области физики конденсированного состояния и составляет отчет по теме исследования или по результатам проведенных экспериментов.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ПК-3. Способен сопровождать типовые технологические процессы в области материаловедения и технологии материалов.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ПК-3.1. Осуществляет анализ структуры материалов.</li> <li>ПК-3.2. Оценивает влияние технологических факторов типовых режимов термической и химической обработки на свойства и структуру материалов.</li> </ul>

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения**

Экзамен в 7 семестре.

**6. Язык преподавания: русский.**

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

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа (час.)
		Лекции	Практические (лабораторные) работы	
<p><b>Введение. Сведения из термодинамики.</b>                      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.</p>	10	4	4	2
<p><b>Термодинамика фазовых превращений.</b>                      Экстремальные критерии равновесия. Критерии устойчивости однородной системы: детерминант и коэффициент устойчивости, бинадаль и спинодаль, функция отклика. Равновесие фаз гетерогенной системы, диаграмма равновесия. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Фазовые переходы, их классификация по Эренфесту, фазовые переходы II рода. Уравнение Эренфеста.</p>	10	4	4	2
<p><b>Классическая теория критических явлений. Теория конденсации Ван-дер-Ваальса.</b>                      Уравнение Ван-дер-Ваальса в приближении среднего поля. Изотерма флюида Ван-дер-Ваальса, экспериментальные изотермы, правило Максвелла, критическая точка, бинадаль и спинодаль, флюида Ван-дер-Ваальса. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса и естественные состояния. Основы теории подобия: основные теоремы, критерии подобия. Термодинамическое подобие.</p>	10	4	4	2
<p><b>Ферромагнитное превращение.</b></p>	10	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 "ферромагнетик-парамагнетик", точка Кюри. Приближение Брегга-Вильямса в теории ферромагнитного превращения. Изотермы конденсации и намагничивания в окрестности критической точки.				
<b>Макроскопические свойства вблизи критической точки.</b> Термодинамическое описание систем в окрестности критической точки, критические индексы.	10	4	4	2
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.				
<b>Феноменологическая теория фазовых переходов II рода.</b> 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. 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 ( $\lambda$ - точка). Фазовый переход I рода, близкий к критической точке Кюри. 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, кор-	14	6	6	2

реляционная функция и радиус корреляций. Критические индексы, с флуктуацией. Границы применимости разложения Ландау, критерий Гинзбурга. Сингулярность критической точки. Сравнение феноменологической теории с экспериментом и результатами точных расчетов для модельных систем.				
<b>Современные направления в теории фазовых переходов.</b> 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.	8	4	4	
<b>ИТОГО</b>	72	30	30	12

### **III. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

- планы практических занятий и методические рекомендации к ним;
- тематика рефератов и методические рекомендации по их написанию;
- методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов;
- мультимедийные презентации.

### **IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Наряду с другими дисциплинами учебного плана дисциплина «Фазовые переходы» способствует формированию профессиональных компетенций ПК-1 способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин», ПК-2 «способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта»,

« ПК-3 «способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта».

**Форма проведения промежуточного контроля:** студенты, освоившие программу курса могут получить зачет по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то зачет сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.).

Шкала оценивания: Максимальная оценка каждого студента по итогам ответа на вопросы и результатам выполнения задания составляет 50 баллов. Она складывается из оценки уровня знаний (максимум 25 баллов), умений (максимум 15 баллов) и владений (максимум 10 баллов).

**1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности общепрофессиональной компетенции ПК-1 «Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин»**

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный владеть	Продемонстрировать навыки владения способностью использовать специализированные знания в области общей и теоретической физики для освоения дисциплины «Фазовые переходы» <i>Пример.</i> Описать классическую теорию Менделеева-Клайперона	.
Начальный уметь	Продемонстрировать умение четко формулировать основные определения и понятия, применять термодинамический подход к описанию фазовых переходов, определять границы применимости различных теорий.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Имеется полный ответ – 3 балла</li> <li>• Ответ недостаточно обоснован – 2 балла</li> <li>• Дан неверный ответ – 0 баллов</li> </ul>

	<i>Пример.</i> Описать фазовые переходы, их классификацию по Эренфесту, фазовые переходы II рода. Уравнение Эренфеста.	
Начальный знать	Продemonстрировать знания основных законов и уравнений термодинамики.  <i>Пример.</i> Описать характеристические функции, химический потенциал, его связь со свободной энергией Гиббса.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла.</li> <li>• Ответ изложен недостаточно четко-1 балл.</li> <li>• Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.</li> </ul>
Промежуточный владеть	Продemonстрировать навыки владения материалом по уравнениям состояния сложной системы, идеальная сложная система. <i>Пример.</i> Описать характеристические функции сложной системы. Основы термодинамики магнетиков и диэлектриков	
Промежуточный уметь	Описать экстремальные критерии равновесия. Критерии устойчивости однородной системы: детерминант и коэффициент устойчивости, бинадаль и спинодаль, функция отклика. <i>Пример.</i> Равновесие фаз гетерогенной системы, диаграмма равновесия. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Имеется полный ответ – 3 балла</li> <li>• Ответ недостаточно обоснован – 2 балла</li> <li>• Дан неверный ответ – 0 баллов</li> </ul>
Промежуточный знать	Продemonстрировать знания по фазовым переходам, их классификация по Эренфесту. <i>Пример.</i> Фазовые переходы II рода Уравнение Эренфеста	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла.</li> <li>• Ответ изложен недостаточно четко-1 балл.</li> <li>• Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.</li> </ul>

**Список вопросов и заданий для проверки уровня сформированности профессиональной компетенции ПК-1 «Способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин»**

Для оценивания результатов обучения в виде владений предлагается рассмотреть следующие темы:

1. Уравнение Ван-дер-Ваальса в приближении среднего поля.
2. Изотерма флюида Ван-дер-Ваальса.
3. Экспериментальные изотермы.
4. Правило Максвелла, критическая точка.

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается продемонстрировать следующие навыки решения типичных примеров:



1. Бинодаль и спинодаль, флюида Ван-дер-Ваальса.
2. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса и естественные состояния.
3. Основы теории подобия: основные теоремы, критерии подобия.
4. Термодинамическое подобие.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Термодинамическое описание систем в окрестности критической точки, критические индексы.
2. Критическая изотерма, изотермическая проницаемость.
3. Параметр порядка и теплоемкость.
4. Ффлюида Ван-дер-Ваальса в окрестности критической точки, критические индексы.
5. Критическая изотерма, магнитная восприимчивость.
6. Параметр порядка и теплоемкость магнетика Брегга- Вильямса.
7. Критические индексы.

**2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности общепрофессиональной компетенции ПК-2 «Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта»**

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный <b>владеть</b>	Продемонстрировать навыки владения современными направлениями в теории фазовых переходов. <i>Пример.</i> Описать феноменологические неравенства для критических индексов.	
Начальный <b>уметь</b>	Продемонстрировать умение использовать современные направления в теории фазовых переходов. <i>Пример.</i> Рассмотреть гипотезу однородности Уидома.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Имеется полный ответ – 3 балла</li> <li>• Ответ недостаточно обоснован – 2 балла</li> <li>• Дан неверный ответ – 0 баллов</li> </ul>
Начальный <b>знать</b>	Продемонстрировать знания использовать современные направления в теории фазовых переходов. <i>Пример.</i> Какова роль размерностей систем и параметра порядка, универсальные закономерности.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла.</li> <li>• Ответ изложен недостаточно четко-1 балл.</li> <li>• Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.</li> </ul>

Промежуточный <b>владеть</b>	Продemonстрировать навыки владения материалом по классической теории критических явлений и теории конденсации Ван-дер-Ваальса.  <i>Пример.</i> Описать Уравнение Ван-дер-Ваальса в приближении среднего поля.	
Промежуточный <b>уметь</b>	Продemonстрировать умение использовать классическую теорию критических явлений и теорию конденсации Ван-дер-Ваальса.  <i>Пример.</i> Изотерма флюида Ван-дер-Ваальса, экспериментальные изотермы.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Имеется полный ответ – 3 балла</li> <li>• Ответ недостаточно обоснован – 2 балла</li> <li>• Дан неверный ответ – 0 баллов</li> </ul>
Промежуточный <b>знать</b>	Продemonстрировать знания по классической теории критических явлений и теории конденсации Ван-дер-Ваальса.  <i>Пример.</i> Описать сущность основ теории подобия: основные теоремы, критерии подобия.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла.</li> <li>• Ответ изложен недостаточно четко-1 балл.</li> <li>• Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.</li> </ul>

**Список вопросов и заданий для проверки уровня сформированности профессиональной компетенции ПК-2 «Способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта»**

Для оценивания результатов обучения в виде владений предлагается рассмотреть следующие темы:

1. Гипотеза масштабной инвариантности.
2. Скейлинговые законы в формулировке Каданова.
3. Формулировка Вильсона.
4. Элементы синергетики и процессы самоорганизации.
5. Текущее равновесие по Бергаланфи в открытых системах.

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается продемонстрировать следующие навыки решения типичных примеров:

1. Правило Максвелла.
2. Критическая точка, бинадаль и спинодаль, флюида Ван-дер-Ваальса.
3. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса и естественные состояния.
4. Термодинамическое подобие.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

Диссипативные структуры.

1. Ячейка Бонэра и генерация лазера на примере кинетических структур.
2. Условия возникновения диссипативных структур.
3. Критерий эволюции Пригожина-Глансдорфа.
4. H-теорема нелинейной неравновесной термодинамики

**3. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности общепрофессиональной компетенции ПК-3 «владеть научно-инновационная деятельность: готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований»**

Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивания компетенции, шкала оценивания
Начальный <b>владеть</b>	<p>Продemonстрировать навыки владения материалом по феноменологической теории фазовых переходов II рода.</p> <p><i>Пример.</i> Описать Разложение Ландау, основные допущения.</p>	
Начальный <b>уметь</b>	<p>Продemonстрировать умение использовать феноменологическую теорию фазовых переходов II рода.</p> <p><i>Пример.</i> Написать разложение Ландау для основного ферромагнетика.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Имеется полный ответ – 3 балла</li> <li>• Ответ недостаточно обоснован – 2 балла</li> <li>• Дан неверный ответ – 0 баллов</li> </ul>
Начальный <b>знать</b>	<p>Продemonстрировать знания использовать феноменологическую теорию фазовых переходов II рода.</p> <p><i>Пример.</i> Написать уравнение состояния в околокритической области, критическую изотерму, критические индексы.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла.</li> <li>• Ответ изложен недостаточно четко-1 балл.</li> <li>• Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.</li> </ul>
Промежуточный <b>владеть</b>	<p>Продemonстрировать навыки владения материалом по фазовым переходам в сегнетоэлектриках.</p> <p><i>Пример.</i> Описать линии и изолированные точки фазовых переходов II рода.</p>	
Промежуточный <b>уметь</b>	<p>Продemonстрировать умение владения материалом по фазовым переходам в сегнетоэлектриках.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Имеется полный ответ – 3 балла</li> <li>• Ответ недостаточно обоснован – 2 балла</li> </ul>

	<i>Пример.</i> Описать фазовый переход I рода, близкий к критической точке Кюри	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дан неверный ответ – 0 баллов</li> </ul>
Промежуточный знать	Продемонстрировать знания по фазовым переходам в сегнетоэлектриках.  <i>Пример.</i> Описать флуктуационную теорию фазовых переходов II рода.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ответ отобран из источников, содержание ответа полное -2 балла.</li> <li>• Ответ изложен недостаточно четко-1 балл.</li> <li>• Ответ изложен с физическими ошибками – 0 баллов.</li> </ul>

**Список вопросов и заданий для проверки уровня сформированности профессиональной компетенции ПК-3** владеть научно-инновационная деятельность: готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований

Для оценивания результатов обучения в виде владений предлагается рассмотреть следующие темы:

1. Критические индексы для параметра порядка критической изотермы, магнитной восприимчивости и теплоемкости.
2. Критическая точка флюида в приближении Ландау.
3. Параметр порядка и “полевой” параметр.
4. Зависимость типа перехода от знака коэффициента 3 члена разложения Ландау. Критическая точка Кюри ( $\lambda$  - точка).

Для оценивания результатов обучения в виде умений предлагается продемонстрировать следующие навыки решения типичных примеров:

Переход и плотности большого потенциала, учет флуктуаций параметра порядка.

1. Приближение Орнштейна-Цернике.
2. Сведения из термодинамической теории флуктуаций.
3. Флуктуации Фурье- компонент дисперсии параметра порядка.
4. Корреляция флуктуаций.
5. Корреляционная функция и радиус корреляций.

Для оценивания результатов обучения в виде знаний предлагается ответить на следующие вопросы:

1. Критические индексы, с флуктуацией.
2. Границы применимости разложения Ландау.
3. Критерий Гинзбурга.
4. Сингулярность критической точки.
5. Сравнение феноменологической теории с экспериментом и результатами точных расчетов для модельных систем.

**V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

**а) Основная литература:**

1. Вшивков, С. А. Фазовые и структурные переходы жидкокристаллических наносистем : учебное пособие / С. А. Вшивков. — 3-е изд., испр., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 112 с. — ISBN 978-5-8114-1301-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168438>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**б) Дополнительная литература:**

2. Мушников, Н. В. Магнетизм и магнитные фазовые переходы : учебное пособие / Н. В. Мушников. — Екатеринбург : УрФУ, 2017. — 168 с. — ISBN 978-5-7996-2049-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170011>. — Режим доступа: для авториз. Пользователей.
3. Пейсахович, Ю. Г. Физика конденсированного состояния. Фазовые переходы. Магнетики. Свойства диэлектриков : учебное пособие / Ю. Г. Пейсахович, Н. И. Филимонова. — Новосибирск : НГТУ, 2018. — 163 с. — ISBN 978-5-7782-3612-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118468>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

Электронные библиотечные системы:

1. ЭБС «ИНФРА-М» <http://www.znaniium.com>
2. ЭБС «Университетская библиотека ОН-ЛАЙН» <http://www.biblioclub.ru>
3. ЭБС «ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com>

**VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

**1) Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:**

Самостоятельная работа студентов предполагает:

- обязательное выполнение домашних заданий, предусмотренных лекционными и лабораторными занятиями;
- углубленное изучение литературы и решение задач по пройденным темам и по вопросам, дополнительно указанным преподавателем;
- использование материалов рабочей программы для систематизации знаний и подготовке к занятиям и контрольным работам.

Перечень вопросов для систематизации знаний:

1. Что называется: гомо и гетеросистемами; компонентами гетеросистемы; 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. Термопотенциалы 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  $H(\mu)$  и  $P(n)$  для магнетиков ВДВ- флюида.
26. Что характеризуют критические индексы.
27. Зачем вводятся критические индексы.

## **2) Требования к рейтинг-контролю**

Результаты промежуточной аттестации выставляются на основе текущего контроля успеваемости (рейтинг-контроль, баллы за выполненные практические задания суммируются) и по результатам зачета.

Контрольные вопросы **к рейтинг-контролю**:

1. Тройная точка системы.
2. Критерии устойчивости фазы.
3. Принцип Ле Шателы-Брауна.
4. Фазовый переход I рода.
5. Чем отличаются фазовые переходы I и II рода.
6. Почему при фазовых переходах I рода возможны метастабильные состояния системы.
7. Почему для описания свойств реального газа не применяется уравнение Менделеева - Клайперона.

## **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.

**VIII. Перечень педагогических и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (по необходимости)**

**IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Наименование специальных* помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебно-научная лаборатория физики диэлектриков, пьезоэлектриков и сегнетоэлектриков-полупроводников № 35 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)	1. Экран настенный ScreenMedia 153*203 2. Ноутбук Samsung R 510 3. Проектор LG RD-JT90, DLP ,2 200 ANSI Lm, 4. Комплект учебной мебели на 24 посадочных мест 5. Вольтметр Щ 1516 6. Вольтметр В-7-26 7. Вольтметр В-3-39 8. Генератор ГЗ-109 9. Магазин сопротивлений Р4830 10. Мост Р524 11. Мост Р-571 12. Измеритель В5-509 13. Микротвердомер ПМТ-3 14. Осциллограф С-1-65 15. Вольтметр В-3-42 16. Усилитель У4-28 17. Генератор ГЗ-34 18. Прибор Е7-11 19. Генератор ГЗ-102 20. Генератор Г-4-158 21. Частотомер ЧЗ-34 22. Вольтметр В-3-38 (2 шт) 23. Прибор КМС-6 24. Вольтметр В-7-27 25. Печь СУОП044 26. Источник питания Б-5-50 27. Измеритель Х1-38 28. Измеритель разности фаз Ф2-16	Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г. MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г. Acrobat Reader DC - бесплатно Google Chrome – бесплатно

	29. Прибор Picoammeter 6485 30. Пробник напряжения до 2500 В 31. Измеритель фаз Е-4-11 32. Термостат ИТИ 33. Прибор X1-46 34. Выпрямитель ТЕС 35. Осциллограф С-1-68 36. Усилитель У5-11 37. Микроскоп 7М-9	
--	---	--

### Помещения для самостоятельной работы:

Наименование помещений	Оснащенность помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>Помещение для самостоятельной работы, учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, практики, Компьютерный класс физико-технического факультета. Компьютерная лаборатория робототехнических систем №4а (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Компьютер RAMEC STORM C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-RW +Монитор LG TFT 17" L1753S-SF – 12 шт</li> <li>2. Мультимедийный комплект учебного класса (вариант № 2) Проектор Casio XJ-M140, настенный проекц. экран Lumien 180*180. ноутбук Dell N4050. сумка 15,6", мышь</li> <li>3. Коммутатор D-Link 10/100/1000mbps 16-portr DGS-1016D</li> <li>4. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО</li> <li>5. Видеокамера IP-FALCON EYE FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд ООО</li> <li>6. Демонстрационное оборудование комплект «LegoMidstormsEV3»</li> <li>7. Комплект учебной мебели</li> </ol>	<p>Adobe Acrobat Reader DC - бесплатно          Cadence SPB/OrCAD 16.6 - Государственный контракт на поставку лицензионных программных продуктов 103 - ГК/09 от 15.06.2009          Google Chrome - бесплатно          Java SE Development Kit 8 Update 45 (64-bit) - бесплатно          Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows – Акт на передачу прав №2129 от 25 октября 2016 г.          Lazarus 1.4.0 - бесплатно          Lego MINDSTORM EV3 - бесплатно          Mathcad 15 M010 - Акт предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011          MATLAB R2012b - Акт предоставления прав № Us000311 от 25.09.2012          Microsoft Express Studio 4 - бесплатно          MiKTeX 2.9 - бесплатно          MPICH 64-bit – бесплатно          MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK - бесплатно          Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017          MS Office 365 pro plus - Акт приема-передачи № 369 от 21 июля 2017</p>



## Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (модуля)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания, утвердившего изменения
1	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за дисциплиной компетенций	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
2	Раздел IV	Скорректированы задания для промежуточной аттестации в соответствии с обновленным «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
3	Раздел V	Обновлен перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
4	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП ...»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
5	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за дисциплиной компетенций	Протокол Совета ФТФ № 6 от 15.01.2019 г.
6	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
7	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о рейтинговой системе обучения в ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
8	Раздел IX	Актуализированы данные на основе Справки МТО ООП	Протокол Совета ФТФ №14 от 03.07.2021
9	Раздел V	Обновлен перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	Протокол Совета ФТФ №14 от 03.07.2021

