

**ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра Теоретической физики и нанотехнологий

**УТВЕРЖДАЮ:**

Проректор по научно-методической  
и учебной работе

«17» \_\_\_\_\_ 2019 г.  Е.И. Скафа



**Рабочая программа учебной дисциплины**

**«СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ»**

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Магистерская программа: Физика конденсированного состояния

Программа подготовки: Магистратура

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Донецк 2019

**УТВЕРЖДАЮ:**

Врио декана физико-технического  
факультета

С.А.Фоменко

« 10 » апреля 2019 г.

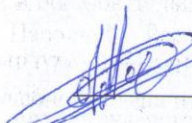


Программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 августа 2015 г. № 913.

Программа учебной дисциплины «СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от «04» апреля 2016 г. № 300, зарегистрированного в Министерстве юстиции ДНР от 22 апреля 2016 г. № 1195, «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР 07 августа 2015 г. № 380 (с изменениями и дополнениями от 30 октября 2015 г. № 750), учебного плана по направлению подготовки 03.04.02 Физика ( магистерская программа: Физика конденсированного состояния), утвержденного Ученым Советом Университета от 02.04.2019 г., протокол № 3 и основной образовательной программы, утвержденной приказом ректора (№ 102/05 от 31.05.2019 г.).

Разработчик:

Профессор, доктор физ-мат наук,  
профессор кафедры теоретической  
физики и нанотехнологий

 Метлов Л.С.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий

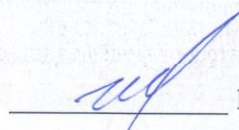
Протокол № 17 от « 04 » апреля 2019 г.

Зав. кафедры теоретической физики и нанотехнологий  Варюхин В.Н

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 4 от « 08 » апреля 2019 г.

Председатель учебно-методической  
комиссии факультета

 Котенко В.Н.



## 1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе:

Курс «СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ» является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: физика конденсированного состояния).

Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете кафедрой теоретической физики и нанотехнологий. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Общая и экспериментальная физика (Молекулярная физика. Термодинамика)», «Теоретическая физика (Физика конденсированного состояния. Физика фазовых переходов. Термодинамика и статистическая физика. Физическая кинетика)», «Физика твердого тела», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения. Интегральные уравнения и вариационное исчисление».

Полученные знания используются студентами во время выполнения научно-исследовательской работы при написании магистерской диссертации.

## 2. Структура дисциплины

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	03.04.02 Физика	
Магистерская программа	Физика конденсированного состояния	
Программа подготовки	магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля	1 модульный контроль, 1 экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	4,5	
Год подготовки	1	
Семестр	2	
Количество часов	162	
- лекционных	14	
- практических, семинарских		
- лабораторных	42	
- самостоятельной работы	106	
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	4	
в т.ч. аудиторных	4	

## 3. Описание дисциплины

### Цели и задачи

**Цель:** заключается в предоставлении будущим магистрам необходимого объема знаний, представлений, экспериментальных фактов и теоретических моделей о современной физике фазовых переходов, формирование навыков решения задач по физике фазовых переходов, а также в предоставлении необходимого уровня компетенции для начала самостоятельной работы в области фазовых переходов.

**Задача** дисциплины «Структурные фазовые переходы» предусматривает проработку студентами теоретических основ прослушанного лекционного материала, подготовку будущего специалиста к самостоятельной научной работе в области физики твердого тела.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** Процесс изучения дисциплины «СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ по направлению подготовки 03.04.02 Физика и основной образовательной программы высшего образования направления подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: физика конденсированного состояния):

**а) общекультурных (ОК):**

способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);  
готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3).

**б) общепрофессиональных (ОПК):**

готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1);  
способностью к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ (ОПК-3);  
способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности (ОПК-4);  
способностью использовать свободное владение профессионально профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки (ОПК-5);  
способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе (ОПК-6);  
способностью демонстрировать знания в области философских вопросов естествознания, истории и методологии физики (ОПК-7).

**в) профессиональных (ПК):**

**научно-исследовательская деятельность:**

способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта (ПК-1);

**научно-инновационная деятельность:**

способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);  
способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности (ПК-3);

**организационно-управленческая деятельность:**

способностью планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции (ПК-4);  
способностью использовать навыки составления и оформления научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей (ПК-5);

**педагогическая деятельность:**

способностью методически грамотно строить планы лекционных

и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями при реализации программ бакалавриата в области физики (ПК-6); способностью руководить научно-исследовательской деятельностью в области физики обучающихся по программам бакалавриата (ПК-7).

**В результате изучения учебной дисциплины студент должен**  
**знать:**

- общие особенности фазовых переходов 1-го и 2-го рода;
- физический смысл критических явлений и критических индексов;
- физическое значение «параметр порядка»;
- основные положения термодинамической теории фазовых переходов Ландау;
- особенности динамики параметра порядка при фазовых переходах 2-го рода;
- кинетику образования новой фазы при фазовых переходах 1-го рода.
- особенности фазовых переходов в низкоразмерных системах;
- физику фазового перехода металл-диэлектрик;
- основные фазы соединений высокотемпературных сверхпроводников.

**уметь:**

- записать зависимость термодинамического потенциала от параметра порядка в теории Ландау;
- вычислять критические индексы термодинамических величин при фазовых переходах 2-го рода;
- воспроизводить основные свойства фазовой диаграммы высокотемпературных сверхпроводников.

**владеть:**

- знаниями для вычисления фазовых диаграмм магнитных спонтанных и ориентационных переходов;
- методами вычисления размеров зародышей новой фазы при фазовых переходах 1-го рода.

#### 4. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
	<b><i>Содержательный модуль 1. «Введение в физику структурных фазовых переходов»</i></b>
<b><i>Тема 1.</i></b> Введение в физику структурных фазовых переходов	Введение в физику структурных фазовых переходов. Флуктуационные переходы между близкими структурными уровнями в теории Ландау фазовых переходов второго рода.  Магнитные и структурные фазовые переходы на примерах для конкретных материалов (манганиты и сплавы Гейслера). Фазовый переход ферромагнетик–антиферромагнетик в манганитах лантан легированных стронцием.

<p><b>Тема 2.</b> Вакансионная теория плавления твердых тел</p>	<p>Вакансионная теория плавления твердых тел. Учет вклада межузельных атомов. Решеточные модели. Сравнение дефекта сдвигового модуля в различных теориях.</p> <p>Структурные фазовые переходы с изменением и без изменения симметрии кристаллической решетки. Мягкие моды. Ангармонические эффекты. Структурные переходы в бинарных сплавах.</p>
<p><b>Тема 3.</b> Термодинамическая теория Ландау</p>	<p>Термодинамическая теория Ландау. Приводимые и неприводимые представления пространственных групп.</p> <p>Физическая реализация параметров порядка на микроскопическом уровне описания. Тензорное представление пространственной группы на базисе локализованных атомных функций.</p>
<p><b>Тема 4.</b> Перестановочное, векторное и псевдовекторные представления.</p>	<p>Перестановочное представление и его базис. Векторное представление и его базис. Псевдовекторное представление и его базис.</p> <p>Изменение симметрии при фазовых переходах. Зона Бриллюэна и симметричные точки в ней. Магнитные решетки симметрии. Полное изменение симметрии.</p>
<p><b>Тема 5</b> Домены.</p>	<p>Домены. Домены как следствие принципа Кюри. Симметричная классификация доменов. Лучевые, ориентационные и антифазные домены. Прафаза.</p> <p>Анализ термодинамического потенциала. Инвариантные разложения термодинамического потенциала. Целый рациональный базис инвариантов (ЦРБИ).</p>
<p><b>Тема 6</b> Примеры построения ЦРБИ</p>	<p>Примеры построения ЦРБИ. Построение ЦРБИ для структурного перехода в соединениях С-15 и А-15. Двухкомпонентный и трехкомпонентный параметры порядка. Многокомпонентный</p> <p>Фазовые диаграммы в пространстве параметров термодинамического потенциала. Теоретические основы построения фазовых диаграмм. Порядка. Модель <math>\eta^6</math>. Взаимодействующие параметры порядка.</p>
<p><b>Тема 7</b> Взаимодействие микро- и макропараметров порядка</p>	<p>Макроскопические параметры порядка. Трансформационные свойства параметра порядка. Физическая реализация макропараметров. Построение базисных функций. Конструирование термодинамического потенциала.</p> <p>Взаимодействие микро- и макропараметров порядка. Конструирование термодинамического. Несобственные переходы. Примеры структурных переходов в кристаллах типа перовскита. Ферроики. Неферроики.</p>
<p><b>Тема 8.</b> Фазовые переходы во внешнем поле</p>	<p>Фазовые переходы во внешнем поле. Фазовые диаграммы. Фазовые диаграммы для моделей <math>\eta^4</math> и <math>\eta^6</math>. Особые точки на фазовой диаграмме.</p> <p>Особенности температурного поведения восприимчивости в окрестности фазового перехода второго рода. Вычисление восприимчивостей. восприимчивостей для фазовых переходов</p>

	второго Собственные и несобственные фазовые переходы. Псевдособственные фазовые переходы. Домены во внешнем поле.
<b>Тема 9</b> Соизмеримые и несоизмеримые фазы.	<p>Фазы с несоизмеримой периодичностью. Соизмеримые и несоизмеримые фазы. Разложение термодинамического потенциала с непрерывными параметрами порядка. перехода А93) Чертова А96) режим Термодинамика фазовых переходов в несоизмеримые фазы. Инварианты Лифшица и Дзялошинского.</p> <p>Флуктуации и симметрия. Основы флуктуационной теории фазовых переходов. Критические индексы. Метод ренормгруппы. Критическое поведение анизотропных систем. Флуктуационный срыв к фазовым переходам первого рода. Флуктуации в окрестности мультикритических точек.</p>
	<b><i>Содержательный модуль 2. «Фазовые переходы с участием структурных дефектов»</i></b>
<b>Тема 1.</b> Фазовые переходы с участием структурных дефектов	Фазовые переходы с участием структурных дефектов. Интенсивное механическое воздействие на твердые тела. Обработка металлов методами интенсивной пластической деформации (ИПД). Виды ИПД. Микроскопические механизмы генерации, аннигиляции и взаимодействия дефектов различных видов.
<b>Тема 2.</b> Термодинамические способы описания дефектной структуры твердых тел.	Термодинамические способы описания дефектной структуры твердых тел. Метод неравновесной эволюционной термодинамики (НЭТ). Обобщенное соотношение Гиббса.
<b>Тема 3.</b> Двухдефектная модель НЭТ	Двухдефектная модель НЭТ для описания эволюции дефектной структуры и предела пластического течения в процессе обработки металлов методами ИПД. Законы упрочнения металлов.
<b>Тема 4.</b> Тепловые эффекты при ИПД	Тепловые эффекты при ИПД. Атомарный механизм диссипации механической энергии через промежуточное состояние с возбуждением низкочастотных переходных волновых процессов при генерации дислокаций.
<b>Тема 5.</b> Различные варианты трехдефектных моделей НЭТ	Различные варианты трехдефектных моделей НЭТ. Учет микротрещин и их разупрочняющего влияния. Модель НЭТ с учетом двухмодового распределения зерен по их размерам. Дисперсионное упрочнение металлов и сплавов.

<b>Тема 6.</b> Статистическое обоснование НЭТ	ИПД – новый вид фундаментального движения материи. Статистическое обоснование НЭТ.
<b>Тема 7.</b> Виды задач, решаемых в рамках НЭТ	Другие виды задач, решаемых в рамках НЭТ. Смазки. Эффекты stick-slip. Автоволновые периодические структурно-фазовые переходы в аморфных сплавах. Гама-эпсилон фазовые переходы в марганцевых сплавах железа. Фазовые переходы высокий спин – низкий спин.

### Тематический план

Содержательный модуль 1. «Введение в физику структурных фазовых переходов»												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Введение в физику структурных фазовых переходов	8,5	0,5		2	6							
Тема 2. Вакансионная теория плавления твердых тел	8,5	0,5		2	6							
Тема 3. Термодинамическая теория Ландау	9	1		2	6							
Тема 4. Перестановочное, векторное и псевдовекторные представления.	9	1		2	6							
Тема 5 Домены.	9	1		2	6							
Тема 6 Примеры построения ЦРБИ	9	1		2	6							
Тема 7 Взаимодействие микро- и макропараметров порядка	9	1		2	6							



<b>Тема 8.</b> Фазовые переходы во внешнем поле	9	1		2	6							
<b>Тема 9</b> Соизмеримые и несоизмеримые фазы.	8	1		2	5							
<b>Итого по содержательному модулю 1</b>	79	8		18	53							

**Тематический план**

<b>Содержательный модуль 2. «Фазовые переходы с участием структурных дефектов»</b>												
<b>Названия содержательных модулей и тем</b>	<b>Количество часов</b>											
	<b>Очная форма обучения</b>						<b>Заочная форма обучения</b>					
	всего	<b>в т.ч.</b>					всего	<b>в т.ч.</b>				
		Лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
<b>Тема 1.</b> Фазовые переходы с участием структурных дефектов	12	1		3	8							
<b>Тема 2.</b> Термодинамические способы описания дефектной структуры твердых тел.	12,5	0,5		4	8							
<b>Тема 3.</b> Двухдефектная модель НЭТ	11,5	0,5		3	8							
<b>Тема 4.</b> Тепловые эффекты при ИПД	13	1		4	8							
<b>Тема 5.</b> Различные варианты трехдефектных моделей НЭТ	10	1		2	7							

<b>Тема 6.</b> Статистическое обоснование НЭТ	12	1		4	7							
<b>Тема 7.</b> Виды задач, решаемых в рамках НЭТ	12	1		4	7							
<b>Итого по содержательному модулю 2</b>	83	6		24	53							
<b>Всего часов по дисциплине</b>	162	14		42	106							

**5.Методические рекомендации для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий.**

Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

### ТЕМЫ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Количество часов</b>
1	Введение в физику структурных фазовых переходов	0,5
2	Вакансионная теория плавления твердых тел	0,5
3	Термодинамическая теория Ландау	1
4	Перестановочное, векторное и псевдовекторные представления.	1
5	Домены.	1
6	Примеры построения ЦРБИ.	1
7	Взаимодействие микро- и макропараметров порядка	1
8	Фазовые переходы во внешнем поле	1
9	Соизмеримые и несоизмеримые фазы.	1
10	Фазовые переходы с участием структурных дефектов	1
11	Термодинамические способы описания дефектной структуры твердых тел.	0,5
12	Двухдефектная модель НЭТ	0,5
13	Тепловые эффекты при ИПД	1
14	Различные варианты трехдефектных моделей НЭТ	1
15	Статистическое обоснование НЭТ	1
16	Виды задач, решаемых в рамках НЭТ	1

	<b>ВСЕГО</b>	<b>14</b>
--	--------------	-----------

### ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

<i>№ n/n</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Термодинамическая теория Ландау	9
2	Многомерные параметры порядка. Взаимодействующие параметры порядка.	9
3	Фазовые переходы во внешнем поле. Фазовые диаграммы для моделей $\eta^4$ и $\eta^6$ .	8
4	Флуктуационная теория фазовых переходов. Критические индексы	8
5	Структурные и магнитные фазовые переходы в лантан–стронциевом манганите.	8
	<b>ВСЕГО</b>	<b>42</b>

### 6. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов. ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

<i>№ n/n</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Мягкие моды. Ангармонические эффекты.	10
2	Приводимые и неприводимые представления пространственных групп.	10
3	Магнитные решетки симметрии	10
4	Инвариантные разложения термодинамического потенциала	10
5	Псевдособственные фазовые переходы	10
6	Дисперсионное упрочнение металлов и сплавов	10
7	Термодинамическая теория Ландау	10
8	Многомерные параметры порядка. Взаимодействующие параметры порядка.	10
9	Фазовые переходы во внешнем поле. Фазовые диаграммы для моделей $\eta^4$ и $\eta^6$	10
10	Структурные и магнитные фазовые переходы в лантан–стронциевом манганите.	10
11	Флуктуационная теория фазовых переходов. Критические индексы.	6
	<b>ВСЕГО</b>	<b>106</b>

### 7. Индивидуальные задания содержатся в методических указаниях.

#### Темы для выполнения индивидуальной работы

1. Вычислите скачек теплоемкости в фазовом переходе второго рода в рамках феноменологической теории Ландау.
2. Приведите примеры структурных фазовых переходов без изменения симметрии.
3. Приведите примеры двух и четырехмерного параметра порядка.
4. Опишите процедуру разложения термодинамического потенциала по целому рациональному базису инвариантов.
5. Выведите формулу для магнитной восприимчивости материала.

## **8. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации**

1. Классификация фазовых переходов.
2. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и Эренфеста.
3. Фазовые переходы типа порядок-беспорядок и порядок-порядок.
4. Критические флуктуации.
5. Корреляционная функция.
6. Теория Орштейна-Цернике.
7. Критерий Гинзбурга.
8. Теория подобия (скейлинг).
9. Неравенства между критическими индексами.
10. Законы подобия и уравнение состояния.
11. Модели для фазовых переходов (Изинга, ХУ и Гейзенберга).
12. Размерность решетки и параметра порядка.
13. Гипотеза универсальности
14. Концентрационные фазовые переходы и теория протекания.
15. Фазовые переходы и критические явления в аморфных магнетиках, спиновых стеклах и системах со случайным полем.
16. Динамика критических флуктуаций.
17. Феноменологическое описание и теория взаимодействующих мод.
18. Гипотеза динамического подобия и классы универсальности.

## **9. Образец модульного контроля (ОБРАЗЕЦ ВАРИАНТА И КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)**

### **ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Физико-технический факультет

*Направление подготовки:*

**03.04.02 Физика**

*Магистерская программа:*

**физика конденсированного состояния**

*Программа подготовки:*

**магистратура**

*Семестр*

**1**

*Учебная дисциплина*

**СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ**

### **МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1**

1. Корреляционная функция.
2. Теория Орштейна-Цернике

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий,

протокол № \_\_\_\_ от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой  
Преподователь

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Критерии оценивания модульного контроля**

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	15
Задание 2	15
<b>Всего</b>	<b>30</b>

**10. Образец экзаменационного билета (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ, ОБРАЗЕЦ БИЛЕТА И КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)**

***Теоретические вопросы к экзамену***

1. Введение в физику структурных фазовых переходов. Флуктуационные переходы между близкими структурными уровнями в теории Ландау фазовых переходов второго рода.
2. Магнитные и структурные фазовые переходы на примерах для конкретных материалов (манганиты и сплавы Гейслера). Фазовый переход ферромагнетик–антиферромагнетик в манганитах лантан легированных стронцием.
3. Вакансионная теория плавления твердых тел. Учет вклада межузельных атомов. Решеточные модели. Сравнение дефекта сдвигового модуля в различных теориях.
4. Структурные фазовые переходы с изменением и без изменения симметрии кристаллической решетки. Мягкие моды. Ангармонические эффекты. Структурные переходы в бинарных сплавах.
5. Термодинамическая теория Ландау. Приводимые и неприводимые представления пространственных групп.
6. Физическая реализация параметров порядка на микрокосмическом уровне описания. Тензорное представление пространственной группы на базисе локализованных атомных функций.
7. Перестановочное представление и его базис. Векторное представление и его базис. Псевдовекторное представление и его базис.
8. Изменение симметрии при фазовых переходах. Зона Бриллюэна и симметричные точки в ней. Магнитные решетки симметрии. Полное изменение симметрии.
9. Домены. Домены как следствие принципа Кюри. Симметричная классификация доменов. Лучевые, ориентационные и антифазные домены. Прафаза.
10. Анализ термодинамического потенциала . Инвариантные разложения термодинамического потенциала. Целый рациональный базис инвариантов (ЦРБИ).
11. Примеры построения ЦРБИ. Примеры построения ЦРБИ. Построение ЦРБИ для структурного перехода в соединениях C-15 и A-15. Двухкомпонентный и трехкомпонентный параметры порядка. Многокомпонентный
12. Фазовые диаграммы в пространстве параметров термодинамического потенциала. Теоретические основы построения фазовых диаграмм. Порядка. Модель  $\eta^6$ . Взаимодействующие параметры порядка.
13. Макроскопические параметры порядка. Трансформационные свойства параметра порядка. Физическая реализация макропараметров. Построение базисных функций. Конструирование термодинамического потенциала.
14. Взаимодействие микро- и макропараметров порядка. Конструирование термодинамического. Несобственные переходы. Примеры структурных переходов в

кристаллах типа перовскита. Ферроики. Неферроики.

15. Фазовые переходы во внешнем поле. Фазовые диаграммы. Фазовые диаграммы для моделей  $\eta^4$  и  $\eta^6$ . Особые точки на фазовой диаграмме.

16. Особенности температурного поведения восприимчивости в окрестности фазового перехода второго рода. Вычисление восприимчивостей. восприимчивостей для фазовых переходов второго Собственные и несобственные фазовые переходы. Псевдособственные фазовые переходы. Домены во внешнем поле.

17. Фазы с несоизмеримой периодичностью. Соизмеримые и несоизмеримые фазы. Разложение термодинамического потенциала с непрерывными параметрами порядка. перехода A93) Чертова A96) режим Термодинамика фазовых переходов в несоизмеримые фазы. Инварианты Лифшица и Дзялошинского.

18. Флуктуации и симметрия. Основы флуктуационной теории фазовых переходов. Критические индексы. Метод ренормгруппы. Критическое поведение анизотропных систем. Флуктуационный срыв к фазовым переходам первого рода. Флуктуации в окрестности мультикритических точек.

### Образец экзаменационного билета

#### ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки:

**03.04.02 Физика**

Магистерская программа:

**физика конденсированного состояния**

Программа подготовки:

**магистратура**

Семестр

**1**

Учебная дисциплина

**СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ**

#### Билет №1

1. Фазовые переходы во внешнем поле
2. Флуктуации и симметрия
3. Домены. Домены как следствие принципа Кюри.

Утверждено на заседании кафедрой теоретической физики и нанотехнологий,

протокол № \_\_\_\_ от “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_

Преподаватель

\_\_\_\_\_

#### Критерии оценивания зачета

Номер задания	Количество баллов
Задание 1	15
Задание 2	15
Задание 3	20
<b>Всего</b>	<b>50 баллов</b>

11. Образец тестового задания (при наличии)

12. Критерии оценивания



По курсу «СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и экзамен. Зачет сдают студенты с целью повышения рейтинга.

**Распределение баллов, которые могут получить студенты  
в процессе изучения дисциплины**

Организационно учебная работа студента	СРС	
	Индивидуальная работа	Модульный контроль
max 10 баллов	max 10 баллов	max 30 баллов

**Шкала соответствия баллов национальной шкале**

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
<b>A</b>	90-100	5 (отлично)	зачтено
<b>B</b>	80-89	4 (хорошо)	зачтено
<b>C</b>	75-79	4 (хорошо)	зачтено
<b>D</b>	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
<b>E</b>	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
<b>FX</b>	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
<b>F</b>	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

**13. Материально-техническое обеспечение учебного процесса.**

Учебные занятия проводятся в учебной лаборатории №015 «Микро и нано структуры». Класс оборудован комплектом учебной мебели на 12 посадочных мест, комплектом рабочего места преподавателя, доской фломастерной, масс-спектрометр (МИ 1201AT-01), микроскоп электронный растровый РЭМ-106 И, установка для изучения оптических свойств тонких пленок (п/п диэлектриков), 1 компьютер для снятия и обработки данных. В учебной лаборатории «Физика диэлектриков» № 013, оборудованной комплектом учебной мебели на 18 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, меловая доска, 1 установка для измерения кристаллических свойств материалов, 1 Измерительный комплекс Р2-23А, 1 ноутбук, 1 мультимедийный проектор, 1 экран переносной. В учебной лаборатории «Электронной микроскопии» №313, оборудованной комплектом учебной мебели на 6 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, 1 ноутбук, 1 Электронный микроскоп вакуумный-100ЛМ, 1 Микроскоп металлографический-7, 1 Вакуумметр ионизационно-термопарный-2АП, 1Вакуумный универсальный пост-4.

**14.Рекомендованная литература**

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<b>Основная литература</b>			
1.	Брус А. Структурные фазовые переходы / А. Брус, Р. Каули; Под ред. Н. М. Плакиды; Перевод с англ. В. Л.	2	

	Аксенова. – М.: Мир, 1984. – 407 с.		
2.	Гуфан Ю. М. Структурные фазовые переходы / Ю. М. Гуфан; АН СССР, Отд-ние общ. физики и астрономии. – М.: Наука, 1982. – 304 с.	2	
3.	Гусев А. И. Структурные фазовые переходы в нестехиометрических соединениях / А. И. Гусев, А. А. Ремпель; отв. ред. Г. П. Швейкин; АН СССР, Урал. отд-ние, Ин-т химии. – М.: Наука, 1988. – 307, [1] с.	1	
<i>Дополнительная литература</i>			
4.	Изюмов Ю. А. Фазовые переходы и симметрия кристаллов / Ю. А. Изюмов, В. Н. Сыромятников. – М.: Наука, 1984. – 248 с.	2	
5.	Прудников, В. В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Прикладные математика и физика" / В. В. Прудников, А. Н. Вакилов, П. В. Прудников. – Москва: Физматлит, 2009. – 223 с.	1	
6.	Муртазаева А. К. Фазовые переходы в двумерной ферро- и антиферромагнитной моделях Поттса на треугольной решетке / А. К. Муртазаева, А. Б. Бабаев // Журнал экспериментальной и теоретической физики. – Москва, 2012. – Т. 142, № 6. – С. 1189-1195.	1	
7.	Пойманов В. Д. Модель ф6 фазовых переходов второго рода на языке параметра порядка и энтропии / В. Д. Пойманов, Л. С. Метлов // "Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности", Международная научная конференция (1; 2016; Донецк). I Международная научная конференция "Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности" [Текст]: материалы конференции: 16-18 мая 2016 г.: [в 7 т.]. Физико-математические, технические науки и экология. – Ростов-на-Дону, 2016. – Т. 1. – С. 155-157.	1	+
8.	Дояр М. И. Двухмодовые структуры твердых тел, полученные при мегапластической деформации / М. И. Дояр, Л. С. Метлов, В. М. Ткаченко // "Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса", Международная научная конференция студентов и молодых ученых (2017; Донецк). Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса [Текст]: материалы конференции ...: 17-20 октября 2017 г.: в 7 т. Физико-математические и технические науки. – Донецк, 2017. – Т. 1. – С. 135-137.	2	+
9.	Метлов Л. С. Особенности фазовых переходов в нестехиометрических сплавах / Л. С. Метлов, Я. О. Чистик // "Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности", Международная научная конференция (3; 2018;	4	+

	Донецк). Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: III Международная научная конференция / [под общ. ред. С. В. Беспаловой]; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет"; Фонд "Русский мир". – Донецк, 2018. – Т. 1: Физико-математические и технические науки / [под общ. ред. С. В. Беспаловой]. – С. 86-87.		
10.	Метлов Л. С. Фазовые портреты нелинейного осциллятора с двухячным потенциалом / Л. С. Метлов // Вісник Донецького національного університету [Текст]: науковий журнал. Серія А. Природничі науки / Донецький нац. ун-т ; голов. ред. В. П. Шевченко; редкол. серії: В. П. Шевченко (голов. ред.) та ін.; відп. ред. С. В. Беспалова. – 2013. - № 1. – С. 109-113.	1	

**14. Информационные ресурсы** (с указанием названия и полного электронного адреса)

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

<http://library.donnu.ru/> – сайт библиотеки ДонНУ.

<http://library.donnu-support.ru/catalog/scripts/wek2.exe/mb> - Электронный каталог ДонНУ:

**15. Программное обеспечение** (при наличии)

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 201\_\_\_\_ год.

Протокол № \_\_\_\_ от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 201\_\_\_\_ год.

Протокол № \_\_\_\_ от “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_