ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра Теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научно-методической
и учебной работе
_____ Е.И. Скафа
«__21__» декабря 2016 г.
МП

Рабочая программа учебной дисциплины

«СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ»

Направление подготовки: **03.04.02** Физика

Профиль подготовки: _____

Образовательный уровень выпускника: Магистр

Форма обучения: очная

Донецк 2016

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

_____Малюк Н.Г.

«16» декабря_____2016 г.

Программа учебной дисциплины «СТРУКТУРНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 03.04.02«Физика» утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «4» апреля 2016 г. №300»и «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «30» октября 2015 г. №750.

Разработчик:

Д. ф.-м. н., профессор кафедры теоретической физики и нанотехнологий Метлов Л.С.

К.т.н., доцент кафедры общей физики и дидактики физики Бешевли Б. И.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Протокол № __8__ от "__12__" декабря_____2016 г.

Зав. кафедры теоретической физики и нанотехнологий_____ Варюхин В.Н

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

Протокол № 4 от "__14__" __декабря_____ 2016 г.

Председатель учебно-методической комиссии факультета _____ Котенко В.Н.

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе:

Учебная дисциплина «Структурные фазовые переходы» являются частью основной образовательной программы в соответствии с ГОС по направлению подготовки 03.04.02 «Физика» и состоит из двух содержательных модулей: «Введение в физику структурных фазовых переходов», «Фазовые переходы с участием структурных дефектов».

Учебная дисциплина «Структурные фазовые переходы» относится к циклу вариативной части профессионального блока. Она основывается на базе дисциплин по направлению подготовки 03.03.02 «Физика»: «Общая и экспериментальная физика (Молекулярная физика. Термодинамика)», «Теоретическая физика (Физика конденсированного состояния. Физика фазовых переходов. Термодинамика и статистическая физика. Физическая кинетика)», «Физика твердого тела».

2. Нормативные ссылки *(при необходимости)*

3. Структура дисциплины

Характеристика учебной дисциплины	очная форма обучения на базе		*заочная форма обучения на базе		
	ВПО	СПО (ускор.)	ВПО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Образовательный уровень:	Магистр				
Направление подготовки (специальность)	***03.04.02 «Физика»***				
Профиль					
Количество содержательных модулей (тем)	***2(16)***				
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы [1]	**Профессиональный блок,** Вариативная часть				
Формы контроля	модульный контроль, зачет и экзамен				
Показатели	очная форма обучения на базе		*заочная форма обучения на базе		
	ВПО	*СПО (ускор.)	ВПО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Количество зачетных единиц (кредитов)	6				
Количество часов	216				
Год подготовки	1				
Семестр	2				
Количество часов					
- лекционных	28				
- практических, семинарских					
- лабораторных	28				
- самостоятельной работы	160				
в т.ч. индивидуальное задание					
Недельное количество часов, т.ч.	4				
аудиторных	4				

ОСО – общее среднее образование
СПО – среднее профессиональное образование
ВПО – высшее профессиональное образование

1- в соответствии с ООП (основной образовательной программой)

4. Описание дисциплины

Цели и задачи

Цель: заключается в предоставлении будущим магистрам необходимого объема знаний, представлений, экспериментальных фактов и теоретических моделей с современной физики 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 преподаванию полученных знаний ученикам средней школе или самостоятельной научной работы в области физики твердого тела.

Требования к результатам освоения дисциплины: Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по данному направлению подготовки (профилю):

а) ***общекультурных (ОК):***

способностью использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);

способностью анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции (ОК-2);

способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия (ОК-6);

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

б) ***общепрофессиональных (ОПК):***

способностью использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей (ОПК-2);

способностью использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

способностью понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, осознавать опасность и угрозу, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности (ОПК-4);

способностью использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией (ОПК-5);

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская и проектная деятельность:

способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);

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-2);

научно-инновационная деятельность:

готовностью применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований (ПК-3);

организационно-управленческая деятельность:

способностью понимать и использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований (ПК-6);

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 образованием 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 свойств 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.

5. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Порядковый номер и тема	**Краткое содержание темы**
	Содержательный модуль 1. «Введение в физику структурных фазовых переходов»
Тема 1.	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.
Тема 2.	Вакансионная теория плавления твердых тел. Учет вклада межузельных атомов. Решеточные модели. Сравнение дефекта сдвигового модуля в различных теориях. Структурные фазовые переходы с изменением и без изменения симметрии кристаллической решетки. Мягкие моды. Ангармонические эффекты. Структурные переходы в бинарных сплавах.

Тема 3.	Термодинамическая теория Ландау. Приводимые и неприводимые представления пространственных групп. Физическая реализация параметров порядка на микроскопическом уровне описания. Тензорное представление пространственной группы на базисе локализованных атомных функций.
Тема 4.	Перестановочное представление и его базис. Векторное представление и его базис. Псевдовекторное представление и его базис. Изменение симметрии при фазовых переходах. Зона Бриллюэна и симметричные точки в ней. Магнитные решетки симметрии. Полное изменение симметрии.
Тема 5	Домены. Домены как следствие принципа Кюри. Симметрийная классификация доменов. Лучевые, ориентационные и антифазные домены. Прафаза. Анализ термодинамического потенциала. Инвариантные разложения термодинамического потенциала. Целый рациональный базис инвариантов (ЦРБИ).
Тема 6	Примеры построения ЦРБИ. Примеры построения ЦРБИ. Построение ЦРБИ для структурного перехода в соединениях С-15 и А-15. Двухкомпонентный и трехкомпонентный параметры порядка. Многокомпонентный Фазовые диаграммы в пространстве параметров термодинамического потенциала. Теоретические основы построения фазовых диаграмм. Порядка. Модель η^6. Взаимодействующие параметры порядка.
Тема 7	Макроскопические параметры порядка. Трансформационные свойства параметра порядка. Физическая реализация макропараметров. Построение базисных функций. Конструирование термодинамического потенциала. Взаимодействие микро- и макропараметров порядка. Конструирование термодинамического. Несобственные переходы. Примеры структурных переходов в кристаллах типа перовскита. Ферроики. Неферроики.
Тема 8.	Фазовые переходы во внешнем поле. Фазовые диаграммы. Фазовые диаграммы для моделей η^4 и η^6. Особые точки на фазовой диаграмме. 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.

Тема 9	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. 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.
	Содержательный модуль 2. «Фазовые переходы с участием структурных дефектов»
Тема 1.	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.
Тема 2.	Термодинамические способы описания дефектной структуры твердых тел. Метод неравновесной эволюционной термодинамики (НЭТ). Обобщенное соотношение Гиббса.
Тема 3.	Двухдефектная модель НЭТ для описания эволюции дефектной структуры и предела пластического течения в процессе обработки металлов методами ИПД. Законы упрочнения металлов.
Тема 4.	Тепловые эффекты при ИПД. Атомарный механизм диссипации механической энергии через промежуточное состояние с возбуждением низкочастотных переходных волновых процессов при генерации дислокаций.
Тема 5.	Различные варианте трехдефектных моделей НЭТ. Учет микротрещин и их разупрочняющего влияния. Модель НЭТ с учетом двухмодового распределения зерен по их размерам. Дисперсионное упрочнение металлов и сплавов.
Тема 6.	ИПД – новый вид фундаментального движения материи. Статистическое обоснование НЭТ.
Тема 7.	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.

Курс дисциплины «Структурные фазовые переходы» предусматривает следующие **формы организации учебного процесса**:

1. лекции;
2. лабораторные занятия;
3. самостоятельная работа студента.

По источнику передачи и восприятия учебной информации используются словесные (лекция, беседа), наглядные (иллюстрация, демонстрация), практические (лабораторные работы, исследования, упражнения) методы.

По характеру познавательной деятельности студентов используются объяснительно-иллюстративные и репродуктивные методы, проблемное преподавание, частично-поисковый и исследовательский методы.

В зависимости от основной дидактической цели и задач используются методы устного изложения знаний, закрепление учебного материала, самостоятельной работы студентов по осмыслению и усвоению нового материала, работы по применению знаний на практике и выработке умений и навыков, проверки и оценки знаний, умений и навыков.

Используются следующие методы контроля:

1. устный контроль (экспресс-опрос на лекциях);
2. защита лабораторных работ
3. проверка самостоятельных работ;
4. модульная контрольная работа (дидактическое тестирование);
5. итоговый тест по вопросам к зачету.

Тематический план

Названия содержательных модулей и тем	Содержательный модуль 1. «Введение в физику структурных фазовых переходов»																						
	Количество часов																						
	Очная форма						Заочная форма																
							на базе общего среднего образования						на базе среднего профессионального образования						на базе высшего профессионального образования				
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1.	11	1	–	1	9																		
Тема 2.	11	1	–	1	9																		
Тема 3.	11	1	–	1	9																		
Тема 4.	13	2	–	2	9																		
Тема 5.	13	2	–	2	9																		
Тема 6.	13	2	–	2	9																		
Тема 7.	13	2	–	2	9																		
Тема 8.	13	2	–	2	9																		
Тема 9.	10	1	–	1	8																		
Итого по содержательному модулю 1	108	14		14	80																		

Названия содержательных модулей и тем	Содержательный модуль 2. «Фазовые переходы с участием структурных дефектов»																						
	Количество часов																						
	Очная форма						Заочная форма																
							на базе общего среднего образования						на базе среднего профессионального образования						на базе высшего профессионального образования				
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1.	15	2	–	2	11																		
Тема 2.	15	2	–	2	11																		
Тема 3.	15	2	–	2	11																		
Тема 4.	15	2	–	2	11																		
Тема 5.	16	2	–	2	12																		
Тема 6.	16	2	–	2	12																		
Тема 7.	16	2	–	2	12																		
Итого по содержательному модулю 2	108	14		14	80																		
Всего по модулю	216	28		28	160																		

6. Темы семинарских занятий

не предусмотрено рабочим планом.

7. Темы практических занятий

не предусмотрено рабочим планом.

8. Темы лабораторных занятий

1. Термодинамическая теория Ландау
2. Многомерные параметры порядка. Взаимодействующие параметры порядка.
3. Фазовые переходы во внешнем поле. Фазовые диаграммы для моделей η^4 и η^6.
4. Флуктуационная теория фазовых переходов. Критические индексы.
5. Структурные и магнитные фазовые переходы в лантан–стронциевом манганите.

9. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов по курсу "Структурные фазовые переходы" предусматривает:

- разработки теоретических основ прослушанного лекционного материала;
- изучение отдельных тем или вопросов, которые предусмотрены для самостоятельной работы;
- подготовку к практическим занятиям;
- самостоятельное решение задач;
- подготовку к модульному контролю.

Темы для самостоятельной работы:

1. Мягкие моды. Ангармонические эффекты.
2. Приводимые и неприводимые представления пространственных групп.
3. Магнитные решетки симметрии
4. Инвариантные разложения термодинамического потенциала
5. Псевдособственные фазовые переходы
6. Дисперсионное упрочнение металлов и сплавов.

10. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

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.

11. Образец экзаменационного билета

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Уровень образования – Магистр

Направление подготовки – 03.04.02 «Физика»

Семестр – 2

Учебная дисциплина – «Структурные фазовые переходы»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Флуктуационные переходы между близкими структурными уровнями в теории Ландау фазовых переходов второго рода
2. Фазовые переходы во внешнем поле
3. Метод неравновесной эволюционной термодинамики

«Утверждено»

на заседании кафедры

протокол №___ от «__»_____ ___ г.

Заведующий кафедрой В.Н. Варюхин

Экзаменатор Л.С. Метлов

12. Критерии оценивания

Согласно модульному принципу организации учебного процесса содержание дисциплины «Структурные фазовые переходы» включает в себя два зачётных модуля. Каждый зачётный модуль состоит из теоретического материала и практических задач, выполнение которых требует овладения теорией в указанном в модуле объёме.

Оценка знаний студентов проводится по 100-балльной шкале по следующим критериям:

Зачётные модули	Форма контроля	Баллы
Содержательный модуль 1	Блок лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	15
Содержательный модуль 2		
	Блок лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	15
Зачет, экзамен		50
Общий итог		100

К первому модульному контролю студент должен защитить 5 лабораторных работ. *За 1-3* лабораторные работы студент может получить в сумме 10 баллов.

На первом модульном контроле студент имеет возможность получить 15 баллов, ответив на вопросы из списка предложенных для самостоятельной работы.

Ко второму модульному контролю студент должен защитить 5 лабораторных работ. За *4, 5* лабораторные работы студент может получить по 10 баллов.

На втором модульном контроле студент имеет возможность получить 15 баллов, ответив на вопросы из списка предложенных для самостоятельной работы.

На экзамене студент имеет возможность получить 50 баллов. Основой для получения оценки на экзамене является уровень овладения студентами материала курса «Структурные фазовые переходы», предусмотренного учебным планом направления подготовки 03.04.02 Физика. Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов. От студента требуется устное изложение ответов на них. Ответ на каждый из вопросов оценивается в 25 баллов.

Оценка за овладение курса выставляется по следующим принципам:
(Разрабатываются и утверждаются кафедрой на основе Положения ДонНУ)

Оценка по 100-балльной шкале, которая действует в ДонНУ	По шкале ECTS	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет. зачёт)	Определение
90–100	A	«Отлично» (5) *(зачтено)*	отлично – отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
80–89	B	«Хорошо» (4) *(зачтено)*	хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%)
75–79	C		хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%)
70–74	D	«Удовлетворительно» (3) *(зачтено)*	удовлетворительно – неплохо, но со значительным количеством недостатков
60–69	E		достаточно – выполнение удовлетворяет минимальные критерии
35–59	FX	«Неудовлетворительно» с возможностью	неудовлетворительно – надо поработать над тем, как получить положительную

		повторной аттестации (2) *(не зачтено)*	оценку
0-34	F	«Неудовлетворительно» (2) *(не зачтено)*	неудовлетворительно - с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов

.

13. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

Для проведения **лекционных и лабораторных занятий** используется ауд. 304 «Компьютерный класс», оборудованная интерактивной доской, мультимедийным проектором и ПЭВМ в количестве 10 шт.

14. Рекомендованная литература

Основная

1. Ю.А. Изюмов, В.Н. Сыромятников. Фазовые переходы и симметрия кристаллов. – М.: Наука, 1984. – 245 с.
2. А. Брус, Р. Каули. Структурные фазовые переходы. – М.: Мир, 1984. – 408 с.
3. Л.С. Метлов. Неравновесная эволюционная термодинамика и ее приложения. Донецк, Ноулидж, 2014. – 176 с.

Дополнительная

1. А.З. Паташинский, В.Л. Покровский. Флуктуационная теория фазовых переходов. М.: Наука, 1982. – 382 с.
2. В.Ф. Елесин, В.А. Кашурников. Физика фазовых переходов. М.: МИФИ, 1997. – 180 с.
3. L.S. Metlov. Nonequilibrium evolution thermodynamics of vacancies. Phys. Rev. Lett. – V. 106. – P. 165506 (2011).

15. Информационные ресурсы

16. Программное обеспечение (при наличии)

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 2017/18 год.
Протокол заседания кафедры №1 от 28 августа 2017г.

Зав.кафедрой ТФ и НТ В.Н.Варюхин

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 2018/19 год.
Протокол заседания кафедры № 1 от 20.08. 2018г.

Зав.кафедрой ТФ и НТ В.Н.Варюхин