



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

Крайнова Г.С.

« 27 » апреля 2022 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора департамента общей и  
экспериментальной физики

Короченцев В. В.

(Ф.И.О.)

« 27 » апреля 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Фазовые переходы

**Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

Электроника и нанoeлектроника

**Форма подготовки очная**

курс 4 семестр 8

лекции 22 час.

практические занятия 34 час

интерактивные 20 час.

в том числе с использованием МАО лек. \_\_\_\_\_ / пр. 20 / лаб. \_\_\_\_\_ час.

всего часов аудиторной нагрузки 56 час.

в том числе с использованием МАО 20 час.

самостоятельная работа 88 час.

в том числе на подготовку к экзамену 36 час.

контрольные работы (количество) 2 шт.

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет не предусмотрен

экзамен 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.03.04 **Электроника и нанoeлектроника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19 сентября 2017 г. № 927 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента  
общей и экспериментальной физики

протокол № 7 от « 3 » марта 2022\_ г.

И.о. директора департамента: к.х.н., доцент Короченцев В. В.

Составитель (ли): к.ф.-м.н., доцент Полянский Д.А.

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины:

**Цель дисциплины:** раскрыть природу фазовых превращений, дать представление о движущих механизмах и условиях данных превращений, влиянии их на структуру и свойства материалов наноэлектроники.

### Задачи дисциплины:

1. Дать представление студентам об основах теории фазовых переходов.
2. Сформировать представление о влиянии фазовых превращений на структуру и свойства материалов, применяющихся в электронике и наноэлектронике.
3. Дать представление о бинодальных и спинодальных механизмах фазовых превращений.
4. Обучить методам получения стабильных фаз с нужными технологическими параметрами.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции:

Для успешного изучения дисциплины «Фазовые переходы» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОПК-1.1. Формулирует фундаментальные законы природы и основные физические и математические законы;
- ОПК-2.3. Применяет основные методы и средства проведения экспериментальных исследований и измерений.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции	Тип задач
Производственно-технологический	пособен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ПК-3.1. Осуществляет оценку соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции	Тип задач
		ПК-3.2. Осуществляет настройку высокотехнологичного оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники в соответствии с правилами настройки и эксплуатации
		ПК-3.3. Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-3.1. Осуществляет оценку соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров	Знает: физические основы фазовых превращений
	Умеет: проводить теоретические расчеты, анализировать экспериментальные результаты, представлять полученные данные в виде отчетов..
	Владеет: навыками анализа полученных результатов, соотнесения экспериментальных данных с теоретическими расчетами.
ПК-3.2. Осуществляет настройку высокотехнологичного оборудования производства материалов и изделий нанoeлектроники в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	Знает: Современное состояние науки, связанной получением и изучением новых наноструктурированных конденсированных сред путём контролируемых фазовых превращений.
	Умеет: Управлять технологическими процессами, проводить всесторонние исследования.
	Владеет: Навыками теоретической и экспериментальной работы, позволяющими получать конденсированные среды с нужными параметрами и формировать консолидированные наноматериалы путём контролируемого фазового превращения.
ПК-3.3. Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией	Знает виды контрольно-измерительного оборудования, используемого в получении наноструктурированных материалов
	Умеет работать с контрольно-измерительным оборудованием, используемым в получении наноструктурированных материалов
	Владеет навыками работы с контрольно-измерительным оборудованием, используемым в получении наноструктурированных материалов

## 2. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы 144 академических часа).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лаб	Лабораторные работы
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	СР	Контроль	
1	Раздел I. Основы теории фазовых переходов	8	10		14	52	36	ПР-2, ПР-6
2	Раздел II. Прикладные аспекты физики фазовых превращений.		12		20			ПР-2, ПР-6
	Итого:		22	0	34	52	36	

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекционные занятия (22 час.)

#### Раздел I. Основы теории фазовых переходов. (10 часов)

##### Тема 1. Термодинамические основы фазовых переходов (6ч.)

Понятие фазы и фазовых переходов, их классификация. Кривые Ван-дер-Ваальса, понятие о бинадали и спинодали, стабильных, метастабильных и нестабильных состояниях. Термодинамические потенциалы и производные от них.

##### Тема 2. Фазовые переходы 1 и 2 рода (4 ч.)

Классификация фазовых переходов. Теория Ландау. Параметр порядка.

## **Раздел II. Прикладные аспекты физики фазовых превращений (12 ч.)**

### **Тема 3. Фазовые превращения и нанотехнологии. (12 ч.)**

Применение контролируемых фазовых превращений в создании наноструктурных материалов. Получение и контролируемая кристаллизация аморфных металлических сплавов, спинодальный распад, эвтектические ультрадисперсные сплавы.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические работы (34 час.)**

**Лабораторная работа №1** Расчёт энергии образования твёрдого и устойчивости твёрдого раствора - 4 час.

**Практическая работа № 2** Расчет скорости зародышеобразования и критического размера зародыша – 4 час.

**Практическая работа № 3** Построение кривых охлаждения и определение всех фазовых переходов в двухкомпонентных сплавах заданного состава – 4 час.

**Практическая работа № 4** Изучение характеристик сплава до и после распада – 10 час.

**Практическая работа № 5** Получение АМС заданного состава – 4 час.

**Практическая работа № 6** Изучение структуры и свойств полученного АМС – 4 час.

**Практическая работа № 7** Проведение контролируемой кристаллизации полученного АМС для создания консолидированного наноматериала и исследование его структуры и свойств - 4 час.

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Фазовые переходы» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение (час)</b>	<b>Форма контроля</b>
<b>8 семестр</b>				
1	2 -10 неделя	Реферат	32 час.	Выступление с презентацией по теме реферата

### **Темы рефератов**

1. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его фундаментальные следствия.
2. Теория Эренфеста.
3. Кинетика зародышеобразования и роста новой фазы.
4. Теория Ландау для фазовых переходов 2 рода.
5. Особенности эпитаксиальных фаз.
6. Новые фазы, возникающие в нанокристаллическом состоянии.
7. Спинодальный распад и его физическая основа.
8. Устойчивость твёрдых растворов.
9. Методы фиксации фазовых превращений.
10. Метод интенсивной пластической деформации.
11. Полиморфные модификации и их связь с размерностью.
12. Методы аморфизации металлов.
13. Контролируемая кристаллизация аморфных сплавов.
14. Многообразие аморфности.
15. Получение массивных аморфных сплавов

### **Методические рекомендации по написанию и оформлению реферата**

Реферат – творческая деятельность студента, которая воспроизводит в своей структуре научно–исследовательскую деятельность по решению

теоретических и прикладных проблем в определённой отрасли научного знания. В силу этого курсовая работа является важнейшей составляющей учебного процесса в высшей школе.

Реферат, являясь моделью научного исследования, представляет собой самостоятельную работу, в которой студент решает проблему теоретического или практического характера, применяя научные принципы и методы данной отрасли научного знания. Результат данного научного поиска может обладать не только субъективной, но и объективной научной новизной, и поэтому может быть представлен для обсуждения научной общественности в виде научного доклада или сообщения на научно-практической конференции, а также в виде научной статьи.

Реферат выполняется под руководством научного руководителя и предполагает приобретение навыков построения делового сотрудничества, основанного на этических нормах осуществления научной деятельности. Целеустремлённость, инициативность, бескорыстный познавательный интерес, ответственность за результаты своих действий, добросовестность, компетентность – качества личности, характеризующие субъекта научно-исследовательской деятельности, соответствующей идеалам и нормам современной науки.

Реферат – это самостоятельная учебная и научно-исследовательская деятельность студента. Научный руководитель оказывает помощь консультативного характера и оценивает процесс и результаты деятельности. Он предоставляет примерную тематику реферативных работ, уточняет совместно со студентом проблему и тему исследования, помогает спланировать и организовать научно-исследовательскую деятельность, назначает время и минимальное количество консультаций. Научный руководитель принимает текст реферата на проверку не менее чем за десять дней до защиты.

Традиционно сложилась определенная структура реферата, основными элементами которой в порядке их расположения являются следующие:

1. Титульный лист.
2. Задание.
3. Оглавление.
4. Перечень условных обозначений, символов и терминов (если в этом есть необходимость).
5. Введение.



6. Основная часть.
7. Заключение.
8. Библиографический список.
9. Приложения.

На титульном листе указываются: учебное заведение, выпускающая кафедра, автор, научный руководитель, тема исследования, место и год выполнения реферата.

Название реферата должно быть по возможности кратким и полностью соответствовать ее содержанию.

В оглавлении (содержании) отражаются названия структурных частей реферата и страницы, на которых они находятся. Оглавление целесообразно разместить в начале работы на одной странице.

Наличие развернутого введения – обязательное требование к реферату. Несмотря на небольшой объем этой структурной части, его написание вызывает значительные затруднения. Однако именно качественно выполненное введение является ключом к пониманию всей работы, свидетельствует о профессионализме автора.

Таким образом, введение – очень ответственная часть реферата. Начинаться должно введение с обоснования актуальности выбранной темы. В применении к реферату понятие «актуальность» имеет одну особенность. От того, как автор реферата умеет выбрать тему и насколько правильно он эту тему понимает и оценивает с точки зрения современности и социальной значимости, характеризует его научную зрелость и профессиональную подготовленность.

Кроме этого во введении необходимо вычлнить методологическую базу реферата, назвать авторов, труды которых составили теоретическую основу исследования. Обзор литературы по теме должен показать основательное знакомство автора со специальной литературой, его умение систематизировать источники, критически их рассматривать, выделять существенное, определять главное в современном состоянии изученности темы.

Во введении отражаются значение и актуальность избранной темы, определяются объект и предмет, цель и задачи, хронологические рамки исследования.

Завершается введение изложением общих выводов о научной и практической значимости темы, степени ее изученности и обеспеченности источниками, выдвижением гипотезы.

В основной части излагается суть проблемы, раскрывается тема, определяется авторская позиция, в качестве аргумента и для иллюстраций выдвигаемых положений приводится фактический материал. Автору необходимо проявить умение последовательного изложения материала при одновременном его анализе. Предпочтение при этом отдается главным фактам, а не мелким деталям.

Реферат заканчивается заключительной частью, которая так и называется «заключение». Как и всякое заключение, эта часть реферата выполняет роль вывода, обусловленного логикой проведения исследования, который носит форму синтеза накопленной в основной части научной информации. Этот синтез – последовательное, логически стройное изложение полученных итогов и их соотношение с общей целью и конкретными задачами, поставленными и сформулированными во введении. Именно здесь содержится так называемое «выводное» знание, которое является новым по отношению к исходному знанию. Заключение может включать предложения практического характера, тем самым, повышая ценность теоретических материалов.

Итак, в заключении реферата должны быть: а) представлены выводы по итогам исследования; б) теоретическая и практическая значимость, новизна реферата; в) указана возможность применения результатов исследования.

После заключения принято помещать библиографический список использованной литературы. Этот список составляет одну из существенных частей реферата и отражает самостоятельную творческую работу автора реферата.

Список использованных источников помещается в конце работы. Он оформляется или в алфавитном порядке (по фамилии автора или названия книги), или в порядке появления ссылок в тексте письменной работы. Во всех случаях указываются полное название работы, фамилии авторов или редактора издания, если в написании книги участвовал коллектив авторов, данные о числе томов, название города и издательства, в котором вышла работа, год издания, количество страниц.

### **Критерии оценки реферата.**

Изложенное понимание реферата как целостного авторского текста определяет критерии его оценки: новизна текста; обоснованность выбора источника; степень раскрытия сущности вопроса; соблюдения требований к оформлению.

**Новизна текста:** а) актуальность темы исследования; б) новизна и самостоятельность в постановке проблемы, формулирование нового аспекта известной проблемы в установлении новых связей (межпредметных, внутрипредметных, интеграционных); в) умение работать с исследованиями, критической литературой, систематизировать и структурировать материал; г) явленность авторской позиции, самостоятельность оценок и суждений; д) стилевое единство текста, единство жанровых черт.

**Степень раскрытия сущности вопроса:** а) соответствие плана теме реферата; б) соответствие содержания теме и плану реферата; в) полнота и глубина знаний по теме; г) обоснованность способов и методов работы с материалом; е) умение обобщать, делать выводы, сопоставлять различные точки зрения по одному вопросу (проблеме).

**Обоснованность выбора источников:** а) оценка использованной литературы: привлечены ли наиболее известные работы по теме исследования (в т.ч. журнальные публикации последних лет, последние статистические данные, сводки, справки и т.д.).

**Соблюдение требований к оформлению:** а) насколько верно оформлены ссылки на используемую литературу, список литературы; б) оценка грамотности и культуры изложения (в т.ч. орфографической, пунктуационной, стилистической культуры), владение терминологией; в) соблюдение требований к объёму реферата.

**Студент** представляет реферат на рецензию не позднее чем за неделю до защиты. Рецензентом является научный руководитель. Опыт показывает, что целесообразно ознакомить студента с рецензией за несколько дней до защиты. Оппонентов назначает преподаватель из числа студентов. Для устного выступления студенту достаточно 10-20 минут (примерно столько времени отвечает по билетам на экзамене).

**Оценка 5 ставится**, если выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована ее актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

**Оценка 4** – основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не

выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

**Оценка 3** – имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

**Оценка 2** – тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

**Оценка 1** – реферат студентом не представлен.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Основы теории фазовых переходов	ПК-3.1. Осуществляет оценку соответствия наноматериалов и наноструктур требованиям технологических инструкций, технической и нормативной документации по проведению измерений их параметров	Знает: физические основы фазовых превращений	ПР-2 (контрольная работа)	Экзамен (вопросы 1-18)
			Умеет: проводить теоретические расчеты, анализировать экспериментальные результаты, представлять полученные данные в виде отчетов..	Практические работы 1-3 (ПР-6)	
			Владеет: навыками анализа полученных результатов, соотнесения экспериментальных данных с теоретическими расчетами.	Практические работы 1-2 3 (ПР-6)	
2	Раздел II. Зондовые нанотехнологии и в электронике. Основы нанолитографии и	ПК-3.2. Осуществляет настройку высокотехнологичного оборудования производства материалов и изделий наноэлектроники в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	Знает: Современное состояние науки, связанной получением и изучением новых наноструктурированных конденсированных сред путём контролируемых фазовых превращений.	ПР-2 (контрольная работа)	Экзамен (вопросы 18-37)
			Умеет: Управлять технологическими процессами, проводить всесторонние исследования.	Практические работы 3-6 3 (ПР-6)	
			Владеет: Навыками теоретической и экспериментальной работы, позволяющими получать конденсированные среды с нужными параметрами и формировать консолидированные наноматериалы путём контролируемого фазового превращения.	Практические работы 3-6 3 (ПР-6)	
		ПК-3.3. Проводит подготовку к проведению процесса модификации свойств	Знает виды контрольно-измерительного оборудования, используемого в получении наноструктурированных материалов	Практическая работа 7 3 (ПР-6)	

		наноматериалов и наноструктур в соответствии с технической и эксплуатационной документацией	Умеет работать с контрольно-измерительным оборудованием, используемым в получении наноструктурированных материалов	Практическая работа 7 3 (ПР-б)	
			Владеет навыками работы с контрольно-измерительным оборудованием, используемым в получении наноструктурированных материалов	Практическая работа 7 3 (ПР-б)	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе VIII.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Карякин Н. В. Основы химической термодинамики. — М.: Академия, 2003. — 463 с. — (Высшее профессиональное образование)
2. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Статистическая физика. Часть 1. — Издание 4-е. — М.: Наука, 1995. — («Теоретическая физика», том V).
3. Хачатурян А.Г. Теория фазовых превращений и структура твёрдых растворов. М.: Наука, 1974
4. В.Г. Дубровский. Теория формирования эпитаксиальных наноструктур — Москва, Физматлит, 2009. - 350 с.
5. Г.Стенли Фазовые переходы и критические явления. М.: Мир.1973.
6. Епифанов Г.И. Введение в физику твердого тела/ Г.И. Епифанов. - М.: Лань, 2011. - 288с.
7. Г.Е. Абросимова. Эволюция структуры аморфных сплавов. УФН, Т.181, №12, стр 1265-1281.
8. А. П. Гуляев. Металловедение: учебник для вузов. «Альянс», 2011г.
9. В.П. Скрипов, А.В. Скрипов. Спинодальный распад. УФН, Т.128, вып.2, стр 193-231.
10. В.В. Слезов, В.В. Сагалович. Диффузионный распад твёрдых растворов. УФН, Т.151, вып.1, стр 67-104.

11. Физическое металловедение. Под ред. Р. Кана. М., «Мир», 1968.

### **Дополнительная литература**

1. А.А. Кацнельсон. Ближний порядок в твёрдых растворах металлов. Соросовский образовательный журнал, 1999 г, №11, стр. 110-116.
2. Слезов, В.В. Сагалович. Диффузионный распад твёрдых растворов. УФН, Т.151, вып.1, стр 67-104.
3. Д.А.Паршин, Г.Г. Зегря. Физика: Статистическая термодинамика. Курс лекций. <http://lms.physics.spbstu.ru/course/index.php?categoryid=12>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. [http://www.physics.by/e107\\_files/mono/monograf\\_4fed\\_pdf/4fed\\_gl7.pdf](http://www.physics.by/e107_files/mono/monograf_4fed_pdf/4fed_gl7.pdf)
2. <http://lms.physics.spbstu.ru/course/index.php?categoryid=12>
3. <http://dssp.petrus.ru/p/tutorial/ftt/Part13/part13.2.htm>
4. <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/155.html>
5. <http://www.chem.msu.su/rus/jvho/2001-3/66.pdf>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется общее программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows XP, Microsoft Office и др.), а также специализированное свободно распространяемое программное обеспечение по обработке экспериментальных данных Gwyddion.

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>
3. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.** Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

*Лекционные занятия* ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов. Успешное освоение дисциплины предполагает активное участие студентов на всех этапах ее освоения. Изучение дисциплины следует начинать с проработки содержания рабочей программы и методических указаний. При изучении и проработке теоретического материала студентам необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- перед очередной лекцией просмотреть конспект предыдущего занятия;
- при самостоятельном изучении темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПУД литературные источники.

В случае, если возникли затруднения, обратиться к преподавателю в часы консультаций или на практическом занятии.

*Лабораторные занятия* акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений. Основной целью проведения лабораторных занятий является систематизация и закрепление знаний по изучаемой теме, формирование умений самостоятельно работать с дополнительными источниками информации, аргументировано высказывать и отстаивать свою точку зрения.

При подготовке к лабораторным занятиям студентам необходимо:

- повторить теоретический материал по заданной теме;
- продумать формулировки вопросов, выносимых на обсуждение;



- использовать не только конспект лекций, но и дополнительные источники литературы, рекомендованные преподавателем.

*Контрольные работы* предназначены для поэтапного усвоения материала студентами, стимуляции активного изучения теоретических основ зондовой микроскопии в течение всего семестра, возможного применения рейтинговой системы оценки.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче экзамена, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

**Работа с литературой.** Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

**Подготовка к экзамену.** К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, сдавшие 5 отчетов по лабораторным работам, написавшие 2 предусмотренные учебной программой дисциплины контрольные работы, посетившие не менее 75% аудиторных занятий.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 441. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 15) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Специализированное ПО не требуется

контроля и промежуточной аттестации		
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 325. Лаборатория пленочных технологий	Набор оборудования, позволяющего получать и исследовать свойства различных материалов до и после фазовых превращений	ПО, позволяющее выполнять лабораторные работы
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)	Специализированное ПО не требуется

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступны лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Для дисциплины «Фазовые переходы» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Защита реферата

Письменные работы

2. Написание реферата

3. Контрольная работа (ПР-2)

**Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, понимание материала, самостоятельность выполнения домашних задач, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к экзамену.

### **Письменные работы**

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Лабораторные работы позволяют студентам непосредственно ознакомиться с научным экспериментальным оборудованием, научиться получать экспериментальные результаты, обрабатывать их, анализировать результаты и делать выводы.

Контрольные работы нужны для более полного и постепенного усвоения теоретического материала и проверки самостоятельной работы студентов в данном направлении.

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Фазовые переходы» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (7-й, осенний семестр). Форма экзамена – два вопроса, на которые студенту дается 20 мин подготовки и два произвольных дополнительных вопроса. Допуск к экзамену возможен только после сдачи всех отчетов по лабораторным работам и написанию контрольных работ.

### **Методические указания по сдаче экзамена**

Экзамен принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять экзамен в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения экзамена (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на экзамене, должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на экзамене посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются на экзамен с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». При неявке студента на экзамен в ведомости делается запись «не явился».

### **Список вопросов к экзамену**

1. Что такое фаза. Условие равновесия фаз. Тройная точка
2. Примеры ФП 1 рода. Метастабильные состояния. Критическая точка.
3. Кинетика фазовых переходов. Формула для свободной энергии.
4. Гетерофазные флуктуации. Теория Фольмера-Вебера-Френкеля.
5. Кинетика роста новой фазы. Теория Лифшица-Слезова.
6. Фазовые переходы второго рода. Параметр порядка.
7. Нестационарное и гетерогенное зарождение
8. Кривые Ван-дер-Ваальса. Бинодаль. Спинодаль.
9. Каноническое уравнение состояния. Классификация ФП по Эренфесту.
10. Условие термодинамического равновесия фаз в подробностях.
11. Теория Ландау. Параметр порядка.
12. 3 типа твёрдых растворов в зависимости от положения примесных атомов.
13. 3 типа твёрдых растворов в зависимости от взаимной растворимости

14. Правило фаз Гиббса
15. Потенциал Гиббса ( $G$ ) и  $dG$  для систем с постоянным и переменным числом частиц.
16. Внутренняя энергия ( $U$ ). Формула для статических и квазистатических процессов.
17. Большой термодинамический потенциал ( $\Omega$ ). Энтальпия ( $H$ ).
18. Химический потенциал  $\mu$ . Свободная энергия  $F$
19. 3 типа межфазных границ. Определение. Краткое описание.
20. Эвтектическое и перетектоидное превращение. Определение, формула, диаграмма состояния.
21. Распад твердых растворов. Типы распадов. Перечислить, дать краткое описание.
22. Типы дефектов в твердых телах в зависимости от размерности. Привести примеры.
23. Вторичная кристаллизация. Определение, механизмы роста новой фазы.
24. Полиморфные превращения.
25. Превращения в твердом состоянии. Перечислить, дать определения.
26. Какие материалы относятся к наноструктурным. Перечислить, дать определения.
27. Что такое консолидированные материалы. Какие типы поверхностей раздела в них встречаются.
28. Методы получения нанокристаллических структур путём превращений в конденсированных средах.
29. Что такое верхний и нижний предел нанокристаллического состояния. Зависимость объёма поверхностей раздела размеров зерна.
30. Диффузионные и бездиффузионные превращения в твердом состоянии. Дать краткое описание. Привести примеры.
31. Мартенситное и массивное превращение. Дать краткое описание. В чём их различие.
32. Основные признаки аморфного состояния. Координационные сферы.
33. Особенности аморфных металлов.
34. Метод спиннингования.
35. Особенности получения объемных аморфных металлов.
36. Структурная релаксация в аморфных металлах.
37. Контролируемая кристаллизация.

## Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине

### «Фазовые переходы»:

Баллы (рейтинговая оценка)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86 -100	отлично	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он полно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
76 - 85	хорошо	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61 -75	удовлетворительно	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при решении задач.
0 -60	неудовлетворительно	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет решение задач. Как правило, оценка «неудовлетворительно» «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### Оценочные средства для текущей аттестации

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (контрольных работ и сдаче отчетов по лабораторным работам) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;

- посещение занятий
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

### **Устный опрос в сочетании с проверкой отчета по лабораторной работе**

Оценивание защиты лабораторной работы проводится при представлении отчета в электронном или печатном виде, по двухбалльной шкале: «зачтено», «не зачтено».

Пример контрольных вопросов к практической работе № 4 «Изучение характеристик сплава до и после распада»:

1. Какие виды распада бывают?
2. Какими методами производится структурный и элементный анализ сплавов ?
3. Какие параметры влияют на ширину и интенсивность рентгеновских пиков?
4. Что позволяет увеличить устойчивость сплавов к структурной релаксации?
5. Что такое контролируемая кристаллизация?

### **Критерии оценивания отчета по практической работе**

<b>Оценка</b>	<b>Требования</b>
<b>«зачтено»</b>	Студент присутствовал на лабораторной работе, самостоятельно получил необходимые экспериментальные результаты, оформил отчет в соответствии с требованиями, правильно построил графические зависимости физических величин, сделал правильные выводы, объяснил ход закономерностей, продемонстрировал глубокое знание теории изучаемых явлений, правильно ответил на контрольные вопросы
<b>«не зачтено»</b>	Студент не предоставил отчет, либо отчет не соответствует установленным требованиям по оформлению или содержанию, не содержит выводов. Студент предоставил правильно оформленный отчет, но использовал чужие данные. Студент предоставил правильно оформленный отчет, но не может ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольная работа**

Контрольная работа проводится в виде письменного ответа на вопросы, содержащиеся в билете. Результат оценивается по четырехбалльной системе «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

*Пример билетов для контрольной работы 1*

### Билет 1

1. Что такое фаза. Условие равновесия фаз. Тройная точка.
2. Термодинамические потенциалы.  $\Omega$ ,  $H$ ,  $S$ .
3. Кинетика фазовых переходов. Формула для свободной энергии.

### Билет 2

1. Кривые Ван-дер-Ваальса. Бинодаль. Спинодаль.
2. Каноническое уравнение состояния. Классификация ФП по Эренфесту.
3. Гетерофазные флуктуации. Теория Фольмера-Вебера-Френкеля.

### Билет 3

1. Термодинамические потенциалы. Параметры состояния.  $U$ ,  $\mu$
2. Условие термодинамического равновесия фаз в подробностях.
3. Кинетика роста новой фазы. Теория Лифшица-Слезова.

### Билет 4

1. Термодинамические потенциалы. Параметры состояния.  $G$ ,  $F$
2. Примеры ФП 1 рода. Метастабильные состояния. Критическая точка.
3. Нестационарное и гетерогенное зарождение

### *Пример билетов для контрольной работы 2*

#### Билет 1

1. 3 типа межфазных границ. Определение. Краткое описание.
2. Эвтектическое и перетектоидное превращение. Определение, формула, диаграмма состояния.
3. Распад твердых растворов. Типы распадов. Перечислить, дать краткое описание.

#### Билет 2

1. Типы дефектов в твёрдых телах в зависимости от размерности. Привести примеры.
2. Вторичная кристаллизация. Определение, механизмы роста новой фазы.
3. Полиморфные превращения.

#### Билет 3

1. Превращения в твёрдом состоянии. Перечислить, дать определения.



2. Какие материалы относятся к наноструктурным. Перечислить, дать определения.
3. Что такое консолидированные материалы. Какие типы поверхностей раздела в них встречаются.

#### Билет 4

1. Методы получения нанокристаллических структур путём превращений в конденсированных средах.
2. Что такое верхний и нижний предел нанокристаллического состояния. Зависимость объёма поверхностей раздела размеров зерна.
3. Диффузионные и бездиффузионные превращения в твердом состоянии. Дать краткое описание. Привести примеры.

#### Билет 5

1. Мартенситное и массивное превращение. Дать краткое описание. В чём их различие.
2. Основные признаки аморфного состояния. Координационные сферы.
3. Особенности аморфных металлов.

#### Билет 6

1. Метод спиннингования.
2. Особенности получения объемных аморфных металлов.
3. Структурная релаксация в аморфных металлах и контролируемая кристаллизация.

#### Критерии оценивания контрольных работ

Оценка	Требования
«отлично»	Студент решил 70% тестовых заданий
«хорошо»	Студент решил 55% тестовых заданий
«удовлетворительно»	Студент решил 40% тестовых заданий
«неудовлетворительно»	Студент решил менее 40% тестовых заданий.