

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»
Кафедра физики**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ
«ФИЗИКА ПЛАСТИЧНОСТИ И ПРОЧНОСТИ»**

Основной образовательной программы
по направлению подготовки 010900.68 – Прикладные математика и физика

Благовещенск 2012

УМКД разработан канд. физ. – мат. наук, доцентом Ульянычевой Верой Федоровной

Рассмотрен на заседании кафедры физики

Протокол заседания кафедры № _____ от « _____ » _____ 20__ г.

Зав. кафедрой _____ / _____ Голубева И.А. _____ /
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

СОГЛАСОВАНО:

Протокол заседания УМСМ _____

№ _____ от « _____ » _____ 20__ г.

Председатель УМСМ _____ / _____ Ванина Е.А. _____ /
(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Содержание УМКД:

| | |
|---|-----------|
| 1 Методический раздел | 4 |
| 1.1 Рабочая учебная программа дисциплины | 4 |
| 1.2 Методические рекомендации студентам по самостоятельному изучению дисциплины | 20 |
| 2 Обучающий раздел | 21 |
| 2.1 Курс лекций (электронный ресурс) | 21 |
| 2.2 Темы практических занятий | 21 |
| 2.3 Образовательные технологии | 22 |
| 3 Контролирующий раздел | 23 |
| 3.1 Примерные варианты тестов | 23 |
| 3.2 Вопросы для подготовки к экзамену | 27 |
| 3.3 Экзаменационные билеты | 28 |

1. МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Рабочая учебная программа дисциплины

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Физика пластичности и прочности» является изучение экспериментальных и теоретических закономерностей деформационного упрочнения монокристаллов и поликристаллов металлических систем с целью формирования фундаментальных знаний в области физики пластичности и прочности металлических систем.

Задачи дисциплины:

1. Изучение основных закономерностей, характера формирования и эволюции дислокационных структур монокристаллов и поликристаллов металлических систем.
2. Изучение экспериментальных закономерностей и теоретических моделей процессов и явлений деформационного упрочнения металлических систем.
3. Изучение основных направлений создания высокопрочных материалов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина «Физика пластичности и прочности» относится к общенаучному циклу М1.В.ДВ.2.1 и является дисциплиной по выбору.

Для освоения дисциплины «Физика пластичности и прочности» необходимо знать: математический анализ, векторный и тензорный анализ, курс кристаллографии, физику кристаллов, физику конденсированного состояния.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен продемонстрировать следующие результаты образования:

1. **Знать:** экспериментальные закономерности и теоретические модели фундаментальных процессов и явлений, перспективы развития физики пластичности и прочности металлических систем.
2. **Уметь:** понимать, излагать и анализировать информацию, полученную по физике пластичности и прочности металлических систем, эффективно использовать теоретические компоненты физики пластичности и прочности для решения профессиональных задач.

3. **Владеть:** научными методами анализа деформационных и прочностных характеристик металлических систем.

В процессе освоения дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями:

компетенция системного аналитического мышления: способность использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученные в области естественных и гуманитарных наук, и обладать научным мировоззрением (ОК-1);

компетенция креативности: способность ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание (ОК-2);

компетенция самообразования и профессиональной мобильности: способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях (ОК-3);

компетенция профессиональной аналитической деятельности: способность применять в своей профессиональной деятельности углубленные знания, полученные в соответствии с профильной направленностью (ПК-1);

компетенция профессиональной научной деятельности: способность ставить задачи теоретических и (или) экспериментальных научных исследований и решать их с помощью соответствующего физико-математического аппарата, современной аппаратуры и информационных технологий (ПК-2);

компетенция профессионального развития: способность самостоятельно осваивать новые дисциплины и методы исследований (ПК-3);

компетенция математического и физического моделирования явлений и процессов: способность самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические и физические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств (ПК-9).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Физика пластичности и прочности»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| № п/п | Раздел дисциплины | Виды учебной работы | | | Формы текущего контроля |
|-------|-------------------|---------------------|----------------------|------------|-------------------------|
| | | Лекции (час.) | Практические занятия | СРС (час.) | |

| | | | (час.) | | |
|---|--|----|--------|----|---|
| 1 | Модуль 1 «Элементарная теория дислокации» | 4 | 9 | 4 | Контроль посещения аудиторных занятий. Контролирующий тест по модулю. Защита рефератов и расчетно-графических работ. |
| 2 | Модуль 2 «Основы физики пластичности и прочности» | 14 | 27 | 14 | Контроль посещения аудиторных занятий. Контролирующий тест по модулю. Защита рефератов и расчетно-графических работ. Коллоквиум |
| 3 | Экзамен | | | 36 | |
| | Итого | 18 | 36 | 54 | |

5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Лекции

Модуль 1 «Элементарная теория дислокации»

1.1 Теоретическая прочность кристаллов на сдвиг. Атомная модель сдвига по Френкелю.

Характеристика скольжения в реальных кристаллах. Закон Шмида – Боаса. Соотношение между теоретической и экспериментально наблюдаемой прочностью на сдвиг.

1.2 Геометрия дислокаций. Упругие свойства дислокаций в изотропной непрерывной среде.

Понятие трансляционной дислокации. Вектор Бюргерса. Типы дислокаций. Контур Бюргерса. Общее определение дислокации. Ядро дислокации. Непрерывность дислокаций в кристаллах. Дислокационные узлы и закон Кирхгофа для векторов Бюргерса. Правило знаков вектора Бюргерса.

Теория прямолинейных дислокаций. Упругая модель дислокации. Уравнение равновесия твердого тела с дислокацией. Винтовая дислокация. Поле напряжений и смещений винтовой дислокации в бесконечной сплошной среде. Условия на поверхности. Винтовая коаксиальная дислокация в цилиндре. Силы изображения для винтовых дислокаций. Краевая дислокация. Уравнение равновесия и поле напряжений краевой дислокации. Силы изображения для краевых дислокаций. Энергия упругой деформации среды с дислокацией. Собственная упругая энергия винтовой и краевой дислокации. Оценка энергии ядра дислокаций. Свободная энергия твердого тела с дислокацией и их термодинамическая стабильность.

1.3 Силы, действующие на дислокацию. Взаимодействие дислокаций.

Внутренние и внешние напряжения в упруго-изотропном твердом теле. Теорема Колонетти. Сила, действующая на дислокацию. Энергия и сила между параллельными прямолинейными дислокациями. Прямолинейная смещенная дислокация. Дислокационные диполи. Общий случай трансляционных дислокаций. Понятие линейного натяжения дислокаций. Зависимость линейного натяжения от ориентации дислокации.

1.4 Движение дислокаций. Влияние периодичности кристаллической решетки.

Консервативное и неконсервативное движение дислокаций. Равномерное движение винтовой дислокации. Масса дислокации. Эффекты, обусловленные ускоренным движением дислокаций. Дислокационная модель Пайерлса-Набарро. Атомные смещения и энергия несовпадения в модели Пайерлса. Сопротивление решетки движению дислокаций (силы Пайерлса).

1.5 Характерные (устойчивые) дислокации в кристаллах.

Полные, единичные и кратные дислокации. Частичные (неполные) дислокации.

Понятие дислокационной реакции. Дефекты упаковки в плотноупакованных кристаллах. Дислокационная реакция Хайденрейха-Шокли и ГЦК кристалле. Частичная дислокация Шокли. Расщепление дислокаций. Дислокация Франка. Дислокационные реакции Ломера-Коттрелла и Хирта в ГЦК кристаллах. Вершинные (уголковые) дислокации. Дислокационные барьеры.

Символика Томпсона. Тетраэдр и треугольник Томпсона. Дислокационные реакции в символикe Томпсона. Дефекты упаковки в ГЦК кристаллах. Частичные дислокации в ОЦК кристаллах. Особенности диссоциации винтовых дислокаций в ОЦК решетке. Сидячие конфигурации винтовых дислокаций. Раскалывающие дислокации и дислокационные барьеры в ОЦК решетке. Реакции между и дислокациями в ГПУ в решетке.

1.6 Подвижность дислокаций.

Динамика дислокаций. Движущая винтовая дислокация. Поле смещений, поле напряжений и энергия движущейся винтовой дислокации. Эффектная масса дислокации.

1.7 Генерация и пересечение дислокаций.

Механизмы генерации дислокаций. Источник Франка-Рида. Механизм двойного поперечного скольжения. Критическое напряжение источника Франка-Рида. Пересечение полных дислокаций. Образование уступов, перегибов и рекомбинированных сегментов дислокаций при пересечении. Понятие леса дислокаций. Анализ Хирта пересечения дислокаций. Движение

дислокации с уступом. Образование точечных дефектов при движении уступов на дислокациях.

1.8 Системы дислокаций.

Плотность дислокаций. Тензор плотности дислокаций. Плоские скопления дислокаций. Субзеренные границы. Высокоугловые границы. Решетки совпадающих узлов. Понятие специальной границы. Границы общего типа. Зернограничные дислокации.

Модуль 2 «Основы физики пластичности и прочности»

2.1 Общие закономерности пластичного течения в кристаллах.

Кристаллографическая природа скольжения. Системы скольжения в кристаллах. Приведенные касательные напряжения. Кривые течения монокристаллов. Первичная и скрытые системы скольжения. Анализ касательных напряжений в открытых системах. Влияние ориентации кристалла.

2.2 Физическая природа критического скалывающего напряжения.

Дислокационная структура исходного кристалла. Реализация макроскопического сдвига движением и размножением дислокаций. Напряжение Пайерлса. Генерация дислокаций.

Источники Франка-Рида и механизм двойного поперечного скольжения. Дислокационная решетка Тэйлора. Лес дислокаций. Взаимодействие пробной дислокации с дислокационной решеткой Тэйлора и лесом дислокаций. Дальнодействующее и короткодействующее взаимодействие дислокаций.

2.3 Теория деформационного упрочнения монокристаллов.

Три стадии скольжения в кубических кристаллах. Общие закономерности пластического течения на 1 стадии. Дислокационная модель скольжения на этой стадии. Влияние ориентации кристалла. Феноменологическая теория упрочнения на 1 стадии упрочнения.

Взаимодействие дислокаций различных систем скольжения.
Дислокационные барьеры.

Дислокационные скопления. Модель непрерывного распределения дислокаций в плоском скоплении. Поле напряжений плоского скопления дислокаций. 2-я стадия скольжения. Дислокационные модели и теория упрочнения в полях дальнедействующих внутренних напряжений. Факты нарушения подобия дислокационных структур при деформации.

Клубки и сплетения дислокаций. Барьерный эффект. Ячеистая дислокационная структура. Теория упрочнения в моделях близкодействующего взаимодействия дислокаций. Модель композита. Дальнедействующие внутренние напряжения в объеме и стенках ячеек. Коллективные эффекты в дислокационных ансамблях. Разориентированные ячеистые структуры. Полосовые структуры. Фрагментация кристаллов. Ротационные моды деформации. Носители ротационной пластичности.

Понятие дисклинации. Частичные дисклинации. Поле напряжений и энергия клиновой дисклинации. Дисклинационные диполи. Явление динамического дислокационного возврата. 3-я стадия скольжения.

2.4 Термическая и атермическая компоненты напряжения течения.

Термическая активация движения дислокаций в поле локальных препятствий. Скорость активируемого движения дислокаций. Энергия и объем активации. Термически-активируемое движение дислокаций в потенциале Пайерлса. Модель Дорна-Рейнака. Энергия и объем активации движения дислокации в модели Рейнака. Термически-активируемое движение дислокаций и макроскопическое течение в кристаллах. Диффузионное переползание дислокаций. Особенности термически-активируемого течения в ковалентных кристаллах; металлических кристаллах с ОЦК и ГЦК решетками.

2.5 Структура и движение дислокаций в твердых растворах и интерметаллидах.

Взаимодействие дислокаций с растворенными атомами. Теория упрочнения твердых растворов. Примесные сегрегации на дислокациях.

Сегрегации (атмосферы) Коттрелла и Сузуки.

Сверхдислокации в упорядоченных структурах и интерметаллидах.

Сверхдислокации в B2 интерметаллидах. Структура сверхдислокаций в интерметаллидах типа $L1_2$. Плоское и объемное расщепление дислокаций в сверхструктуре $L1_2$. Механизмы самозакрепления сверхдислокаций Флинна, Кира, Витека. Аномальная температурная зависимость сопротивления движению дислокаций в сверхструктурах.

2.6 Дислокационные модели и теория дисперсного упрочнения в гетерофазных сплавах.

Дислокационные модели взаимодействия дислокаций с частицами атомно-упорядоченных фаз. Механизм Хэма и теория предела текучести в сплавах с атомно-упорядоченной фазой. Поле напряжений сферического включения. Упругое взаимодействие дислокаций с частицами вторичных фаз. Дислокационная модель Герольда-Хаберкорна и теория предела текучести в сплавах с упругими включениями вторичных фаз.

Сгибание дислокациями включений вторичных фаз. Механизм Орована. Теория предела текучести сплавов с частицами некогерентных фаз.

Дислокационные кольца Орована. Особенности упрочнения гетерофазных сплавов. Нерелаксированные состояния. Релаксация локальных напряжений в гетерофазных сплавах. Призматическое скольжение на частицах вторичных фаз. Геометрически необходимые деформации. Дислокационная модель Эшби. Теория упрочнения в модели локального призматического скольжения на частицах вторичных фаз.

2.7 Основные направления создания современных высокопрочных материалов.

5.2 Практические занятия

Модуль 1 «Элементарная теория дислокации»

1.1 Вектор Бюргерса. Типы дислокаций. Контур Бюргерса. Правило знаков вектора Бюргерса. Дислокационные узлы и закон Кирхгофа

1.2 Дислокационная реакция Хайденрейха-Шокли и ГЦК кристалле. Частичная дислокация Шокли. Расщепление дислокаций. Дислокация Франка. Дислокационные реакции Ломера-Коттрелла и Хирта в ГЦК кристаллах. Вершинные (угловые) дислокации. Дислокационные барьеры. Символика Томпсона. Тетраэдр и треугольник Томпсона. Дислокационные реакции в символике Томпсона.

Модуль 2 «Основы физики пластичности и прочности»

2.1 Кристаллографическая природа скольжения. Системы скольжения в кристаллах. Приведенные касательные напряжения. Кривые течения монокристаллов. Первичная и скрытые системы скольжения. Анализ касательных напряжений в открытых системах. Влияние ориентации кристалла.

2.2 Источники Франка-Рида и механизм двойного поперечного скольжения. Дислокационная решетка Тэйлора. Лес дислокаций. Взаимодействие пробной дислокации с дислокационной решеткой Тэйлора и лесом дислокаций. Дальнодействующие и короткодействующие взаимодействия дислокаций.

2.3 Дислокационные модели и теории упрочнения монокристаллов чистых металлов, твердых растворов.

2.4 Дислокационные модели и теории дисперсного упрочнения гетерофазных кристаллов.

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

| № | № раздела (темы) | Форма (вид) самостоятельной работы | Трудоемкость в часах |
|---|------------------|------------------------------------|----------------------|
|---|------------------|------------------------------------|----------------------|

| | дисциплины | | |
|---|---|--|----|
| 1 | Модуль 1 «Элементарная теория дислокации» | Изучение материалов лекций. Подготовка к контролирующему тесту по модулю. Подготовка и защита рефератов, индивидуальных заданий. | 4 |
| 2 | Модуль 2 «Основы физики пластичности и прочности » | Изучение материалов лекций. Подготовка к контролирующему тесту по модулю. Подготовка и защита рефератов, индивидуальных заданий. Составление конспектов по разделам, вынесенным на самостоятельное изучение. Подготовка к коллоквиуму по модулю 1. | 14 |
| 3 | Подготовка к экзамену | | 36 |

7. МАТРИЦА КОМПЕТЕНЦИЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

| Темы, разделы дисциплины | Компетенции | | | | | | | Σ общее количество компетенци й |
|--|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|------|--|
| | ОК- 1 | ОК- 2 | ОК- 3 | ПК- 1 | ПК- 2 | ПК- 3 | ПК-9 | |
| Модуль 1 «Элементар ная теория дислокации » | + | + | + | + | + | + | + | 7 |
| Модуль 2 «Основы физики | + | + | + | + | + | + | + | 7 |

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| пластичности и прочности» | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины «Физика пластичности и прочности» применяются традиционные методы и технологии в том числе и интерактивные технологии: метод заданий, метод дебатов, метод презентации информации.

Интерактивные методы используются в 16 часах аудиторных занятий что составляет 33% от общего числа аудиторных занятий.

Лекции проводятся с использованием интерактивной доски и мультимедийного оборудования. Практически каждая лекция сопровождается показом лекционных демонстраций (или видеосюжетов).

При проведении практических занятий используется «Мозговой штурм», «Метод Дельфи», направленные на вовлечение всех обучающихся в процесс решения конкретных задач.

9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

9.1 Расчетно-графические работы

Предполагается выполнение 2 расчетно-графических работ (РГР) по соответствующим модулям.

РГР зачитывается при условии правильного выполнения заданий.

9.2 Контролирующий тест

Контролирующий тест проводится по темам соответствующих модулей. В каждом тесте содержится 10 заданий. Тест выявляет теоретические знания, практические умения и аналитические способности студентов.

9.3 Коллоквиум

Коллоквиум проводится в устной форме. На коллоквиум выносятся вопросы №№ 1-13 списка экзаменационных вопросов.

9.4 Реферат

Студенты готовят рефераты по темам, предложенным в примерном списке рефератов. Защита рефератов проходит на практических занятиях.

9.5 Подготовка конспектов по темам самостоятельного изучения

Темы для самостоятельного изучения:

Модуль 1 «Элементарная теория дислокации»

Консервативное и неконсервативное движение дислокаций. Равномерное движение винтовой дислокации. Масса дислокации. Эффекты, обусловленные ускоренным движением дислокаций. Дислокационная модель Пайерлса-Набарро. Атомные смещения и энергия несовпадения в модели Пайерлса. Сопrotивление решетки движению дислокаций (силы Пайерлса). Подвижность дислокаций. Динамика дислокаций. Движущая винтовая дислокация. Поле смещений, поле напряжений и энергия движущейся винтовой дислокации. Эффектная масса дислокации. Системы дислокаций. Плотность дислокаций. Тензор плотности дислокаций. Плоские скопления дислокаций. Субзеренные границы. Высокоугловые границы. Решетки совпадающих узлов. Понятие специальной границы. Границы общего типа. Зернограницные дислокации.

Модуль 2 «Основы физики пластичности и прочности»

Феноменологическая теория упрочнения на 1 стадии упрочнения. Взаимодействие дислокаций различных систем скольжения. Дислокационные барьеры. Коллективные эффекты в дислокационных ансамблях. Разориентированные ячеистые структуры. Полосовые структуры. Фрагментация кристаллов. Ротационные моды деформации. Носители ротационной пластичности. Понятие дисклинации. Частичные дисклинации. Поле напряжений и энергия клиновой дисклинации. Дисклинационные диполи. Явление динамического дисклокационного возврата. 3-я стадия скольжения. Диффузионное переползание дислокаций. Особенности термически-активируемого течения в ковалентных кристаллах; металлических кристаллах с ОЦК и ГЦК решетками. Сегрегации (атмосферы) Коттрелла и Сузуки. Сверхдислокации в упорядоченных структурах и интерметаллидах. Сверхдислокации в В2 интерметаллидах. Структура сверхдислокаций в интерметаллидах типа $L1_2$. Плоское и объемное расщепление дислокаций в сверхструктуре $L1_2$. Механизмы самозакрепления сверхдислокаций Флинна, Кира, Витека. Аномальная температурная зависимость сопротивления движению дислокаций в сверхструктурах.

Темы рефератов

1. Дисклинации. Поле напряжений и энергия.
2. Системы дислокаций. Зернограницные дислокации.
3. Фрагментация кристаллов. Ротационные моды деформации.
4. Особенности термически-активируемого течения в ковалентных кристаллах, металлах с ОЦК и ГЦК решеткой.

5. Сверхдислокации в B_2Li_2 интерметаллидах.
6. Пластическая деформация дисперсионно-твердеющих и дисперсно-упрочненных сплавов. Модель Хирша-Хэмпфра.
7. Пластическая деформация дисперсионно-твердеющих и дисперсно-упрочненных сплавов. Модель Брауна-Стоббса.

9.6 Экзамен

Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и задачу.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

При определении оценки знаний магистрантов во время экзамена преподаватель руководствуется следующими критериями:

| Оценка | Полнота, системность, прочность знаний | Обобщенность знаний |
|---------|--|---|
| Отлично | Изложение полученных знаний в устной, письменной или графической форме, полное, в системе, в соответствии с требованиями учебной программы; допускаются единичные несущественные ошибки, самостоятельно исправляемые студентами. | Выделение существенных признаков изученного с помощью операций анализа и синтеза; выявление причинно-следственных связей; формулировка выводов и обобщений; свободное оперирование известными фактами и сведениями с использованием сведений из других предметов. |
| Хорошо | Изложение полученных знаний в устной, письменной и графической форме, полное, в системе, в соответствии с требованиями учебной программы; допускаются отдельные несущественные | Выделение существенных признаков изученного с помощью операций анализа и синтеза; выявлений причинно-следственных связей; формулировка выводов и обобщений, в |

| | | |
|---------------------|---|--|
| | ошибки, исправляемые студентами после указания преподавателя на них. | которых могут быть отдельные несущественные ошибки; подтверждение изученного известными фактами и сведениями. |
| Удовлетворительно | Изложение полученных знаний неполное, однако, это не препятствует усвоению последующего программного материала; допускаются отдельные существенные ошибки, исправление с помощью преподавателя. | Затруднения при выполнении существенных признаков изученного, при выявлении причинно-следственных связей и формулировке выводов. |
| Неудовлетворительно | Изложение учебного материала неполное, бессистемное, что препятствует усвоению последующей учебной информации; существенные ошибки, неисправляемые даже с помощью преподавателя. | Бессистемное выделение случайных признаков изученного; неумение производить простейшие операции анализа и синтеза; делать обобщения, выводы. |

ПРИМЕРНЫЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Кристаллографическая природа пластической деформации. Системы скольжения. Ориентация кристаллов.
2. Критическое приведенное напряжение сдвига при скольжении. Закон Шмида-Боаса.
3. Определение сдвиговой деформации. Кривые напряжение-деформация.
4. Гранецентрированные кубические кристаллы. Геометрическое рассмотрение. Кривые течения монокристаллов.
5. Теоретическая прочность кристалла на сдвиг. Свойства дислокаций (краевая, винтовая). Вектор Бюргерса.

6. Силы, действующие на дислокацию. Напряжение движения дислокации.
7. Размножение дислокаций. Источник Франка-Рида.
8. Поле напряжений винтовой, краевой дислокаций.
9. Собственная упругая энергия винтовой и краевой дислокаций. Линейное натяжение дислокаций.
10. Силы взаимодействия дислокаций.
11. Движение дислокаций. Влияние периодичности кристаллической решетки. Дислокационная модель Пайерлса-Барро.
12. Расщепление дислокаций. Полные, частичные дислокации. Диффекты упаковки. Символика Томпсона.
13. Сидячие дислокации. Дислокации Франка. Дислокационные реакции Ломера-Коттрела, Хирта. Дислокационные барьеры.
14. Деформация кристаллов с ГЦК решеткой. Общие закономерности на I стадии. Теория упрочнения на I стадии.
15. II стадия упрочнения. Дислокационные модели и теории упрочнения на II стадии.
16. III стадия упрочнения. Общие закономерности теории упрочнения.
17. Твердые растворы. Взаимодействие дислокаций с растворенными атомами. Упругое взаимодействие.
18. Взаимодействие вследствие различия модулей упругости. Электрическое взаимодействие. Химическое взаимодействие. Экспериментальное подтверждение взаимодействия дислокаций с атомами растворенного вещества.
19. Системы дислокаций. Зернограничные дислокации.
20. Общие закономерности пластического течения в кристаллах.
21. Физическая природа критического напряжения сдвига.
22. Термическая и атермическая компоненты напряжения течения. Скорость активируемого движения дислокаций.
23. Диффузионное переползание дислокаций. Особенности термически активируемого течения в ковалентных кристаллах, металлах, СОЦК и ГЦК решеткой.
24. Теория упрочнения твердых растворов.
25. Сверхдислокации в упорядоченных и неупорядоченных структурах и интерметаллидах.
26. Дислокационные модели взаимодействия дислокаций с частицами атомно-упорядоченных фаз.
27. Дислокационная модель Герольда-Хаберкорна и теория предела текучести в сплавах с упругими включениями.
28. Дислокационные модели в гетерофазных сплавах с некогерентными частицами. Модели Орована, Брауна.
29. Геометрически – необходимые дислокации. Дислокационная модель Эшби.

30. Теория упрочнения и модели локального призматического скольжения.

31. Основные направления создания современных высокопрочных материалов.

10.УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Физика пластичности и прочности»

а) основная литература:

1. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов: основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения. – Минск: Вышэйш. шк., 2009. -375 с.

б) дополнительная литература:

1. Дж. Кристиан. Теория превращений в металлах и сплавах. – М.: Мир, 1978.-806 с.

2. Физическое металловедение. Пер.с англ. под ред. Абрамова О.В., Копецкого Ч.В., Серебрякова А.В.Т.З. – М.: Металлургия, 1987.-402с.

3. Физика прочности и пластичности: сб./ред. С.Н. Журков. – Я.: Наука, 1986.-152 с.

4. Пластическая деформация металлов и сплавов: сб./ред. П. И. Полухин.- М.: Металлургия, 1967.-408 с.

5. Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. Курс лекций. – М.: Физматлит, 2006. -286 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

| № | Наименование ресурса | Краткая характеристика |
|----------|--|--|
| 1 | http://ru.wikipedia.org | Интернет-энциклопедия образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочники, а также статьи различной тематики. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам, отраслям знания. |
| 2 | Электронная библиотечная система « Университетская библиотека-online » http://www.biblioclub.ru | ЭБС по тематике охватывает всю область естественнонаучных знаний и предназначена для использования в учебном процессе в высшей школе преподавателями и студентами. |
| 3 | Электронный ресурс библиотеки АмГУ: http://www.amursu.ru/ | Содержит электронный каталог, электронную библиотеку, ссылки на разнообразные образовательные ресурсы в российском интернете. |
| 4 | Электронный ресурс | Содержит большой перечень учебников и |

| | |
|--|-------------------------------------|
| <p>Электронно-Библиотечной системы издательства «Лань» (тематический пакет «Физика»).</p> <p>http://e.lanbook.com</p> <p>(Физика)</p> | <p>учебно-методических пособий.</p> |
|--|-------------------------------------|

г) периодические издания:

1. Доклады Академии наук
2. Журнал экспериментальной и теоретической физики Известия РАН. Серия физическая.

11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

ДИСЦИПЛИНЫ

Оборудование

1. Интерактивная доска, мультимедийное оборудование в аудитории.
2. Видеопроектор Epson.
3. Цветной телевизор ABEST, 2003 г.
4. Ноутбук Пентиум 100, 2003 г.

1.2 Методические рекомендации для студентов по самостоятельному изучению дисциплины

1.1 Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям

- 1) Для подготовки к практическим и семинарским занятиям используйте конспекты лекций, учебники и учебные пособия, указанные в списке рекомендуемой основной и дополнительной литературы.
- 2) Прочитайте тему занятия, выделите те вопросы теории, которые подлежат обсуждению в аудитории.
- 3) Прочтите конспект лекции, освещающей данную тему.
- 4) Ответьте на вопросы для самопроверки. При возникновении трудностей с пониманием теоретических основ изучаемой темы, обратитесь к учебнику или методическому пособию. Целесообразно использовать в

ходе подготовки учебники разных авторов, где изучаемый вопрос рассматривается с разных методических позиций.

- 5) При выполнении индивидуальных расчетно-графических заданий внимательно просмотрите решение аналогичных задач, рассматриваемых на учебных занятиях, осмыслите методы и методические приемы, используемые при их решении.
- 6) Постарайтесь самостоятельно воспроизвести решение этих задач; при возникновении трудностей вернитесь к тому месту в конспекте, который вызвал затруднения. Вновь повторите эту процедуру – до тех пор, пока воспроизведение не станет уверенным.
- 7) Освоив методику решения данного класса задач, приступайте к решению задач из индивидуального задания. При этом придерживайтесь следующих правил:
 - Запишите краткие условия; выясните, что известно и что требуется найти.
 - Сделайте чертеж, изобразите схему или график, поясняющий суть задачной ситуации;
 - Выделите объекты задачи и выясните природу происходящих с ними изменений (процессов). Запишите ключевые отношения, законы, описывающие данное физическое явление.
 - Примените эти отношения к системе объектов задачи, получите математическую модель физической системы (процесса), описанной в задаче: как правило, это система уравнений, решение которой дает ответ на требования задачи.
 - Оформите аккуратно решение задачи на листе формата А4.
- 8) На практических и семинарских занятиях целесообразно иметь при себе конспекты лекций, учебники и учебные пособия, в которых изложена теория и методика решения задач по данному учебному курсу.

2 ОБУЧАЮЩИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Курс лекций (электронный ресурс)

2.2 Темы практических занятий

1. Вектор Бюргерса. Типы дислокаций. Контур Бюргерса. Правило знаков вектора Бюргерса. Дислокационные узлы и закон Кирхгофа

2. Дислокационная реакция Хайденрейха-Шокли и ГЦК кристалле. Частичная дислокация Шокли. Расщепление дислокаций. Дислокация Франка. Дислокационные реакции Ломера-Коттрелла и Хирта в ГЦК кристаллах. Вершинные (угловые) дислокации. Дислокационные барьеры. Символика Томпсона. Тетраэдр и треугольник Томпсона. Дислокационные реакции в символике Томпсона.

3. Тестирование. Защита рефератов и расчетно-графических работ.

4. Кристаллографическая природа скольжения. Системы скольжения в кристаллах. Приведенные касательные напряжения. Кривые течения монокристаллов. Первичная и скрытые системы скольжения. Анализ касательных напряжений в открытых системах. Влияние ориентации кристалла.

5. Источники Франка-Рида и механизм двойного поперечного скольжения. Дислокационная решетка Тэйлора. Лес дислокаций. Взаимодействие пробной дислокации с дислокационной решеткой Тэйлора и лесом дислокаций. Дальнодействующие и короткодействующие взаимодействия дислокаций.

6. Дислокационные модели и теории упрочнения монокристаллов чистых металлов, твердых растворов.

7. Дислокационные модели и теории дисперсного упрочнения гетерофазных кристаллов.

8. Тестирование. Защита расчетно-графических работ.

9. Защита рефератов.

2.3. Образовательные технологии

При изучении дисциплины «Физика пластичности и прочности» применяются традиционные методы и технологии в том числе и интерактивные технологии: метод заданий, метод дебатов, метод презентации информации.

Интерактивные методы используются в 16 часах аудиторных занятий что составляет 33% от общего числа аудиторных занятий.

Лекции проводятся с использованием интерактивной доски и мультимедийного оборудования. Практически каждая лекция сопровождается показом лекционных демонстраций (или видеосюжетов).

При проведении практических занятий используется «Мозговой штурм», «Метод Дельфи», направленные на вовлечение всех обучающихся в процесс решения конкретных задач.

3. КОНТРОЛИРУЮЩИЙ РАЗДЕЛ

3.1 Примерные варианты тестов

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры

Кафедра физики

« » _____ 20 ____ г.

Факультет ИФФ

И.о. заведующего кафедрой

Направление подготовки – 010900.68

Прикладные математика и физика, 2 курс

Утверждаю: _____

Очная форма обучения

Дисциплина «Физика пластичности и прочности»

Тест №1 – Теория дислокаций

Тест содержит 10 заданий, время тестирования 25 минут.

1. Краевая дислокация это - _____
_____, Вектор Бюргерса которой _____

2. Винтовая дислокация это - _____
_____, Вектор Бюргерса которой _____

3. Определить силу действующую на дислокацию _____

4. Перечислить дислокационные источники _____

5. Поле напряжений краевой дислокации задается (выбрать правильный ответ), если ось X расположена вдоль вектора Бюргерса

- | | | |
|------------------|------------------|------------------|
| а) σ_{xx} | б) σ_{xy} | в) σ_{yy} |
| σ_{yy} | σ_{zx} | σ_{yz} |
| σ_{xy} | σ_{zy} | σ_{xz} |

6. Поле напряжений винтовой дислокации задается (выбрать правильный ответ), в декартовой системе координат

- | | | |
|------------------|----------------|------------------|
| а) σ_{xz} | б) τ_{xz} | в) σ_{yz} |
| σ_{yz} | τ_{yz} | τ_{xz} |

7. Запасенная упругая энергия дислокации

- а) пропорциональна b^2
- б) пропорциональна b
- в) пропорциональна $1/b$

8. Сформулировать критерий Франка

9. Будет ли выгодно такое расщепление дислокаций и почему

- а) $2b \rightarrow b+b$

10. Записать реакцию расщепления полной дислокации

$$a/2 [10\bar{1}] \rightarrow$$

$$a/2 [0\bar{1}\bar{1}] \rightarrow$$

АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Утверждено на заседании кафедры

Кафедра физики

« » _____ 20 ____ г.

Факультет ИФФ

И.о. заведующего кафедрой

Направление подготовки – 010900.68

Прикладные математика и физика, 2 курс

Утверждаю: _____

Очная форма обучения

Дисциплина «Физика пластичности и прочности»

Тест №2 – Физика пластичности и прочности

Тест содержит 10 заданий, время тестирования 25 минут

1. Какие основные параметры играют роль при деформации _____

2. Какими величинами задается исходная ориентация кристалла на полюсной фигуре (выбрать правильный ответ)
 - а) Угол между осью кристалла и первичной плоскостью
 - б) Угол между осью кристалла и сопряженной плоскостью
 - в) Угол между осью кристалла и направлением сдвига

3. Дать определение критического напряжения сдвига и сдвиговой деформации _____

4. Из предложенных плотных упаковок атомов установить соответствие
 - A) АВАВАВ
 - B) АВСАВС
 - C) АВСАВ
 - 1) ГЦК-упаковка
 - 2) ГПУ-упаковка
 - 3) ГЦК-упаковка при двойниковании

5. Сформулировать закон Шмида _____

6. Напряжение Орована – это _____

_____ из предложенных соотношений выбрать правильный ответ для напряжения Орована

A) $\tau = \frac{Gb}{2\pi D} \ln\left(\frac{x}{r_0}\right)$

B) $\tau = \tau_0 \sqrt{1 + \frac{R}{b} \mu}$

C) $\tau = G \sqrt{\frac{bf\varepsilon}{2R}}$

7. Дислокационная модель 1 стадии упрочнения металлов (выбрать правильный ответ) учитывает что

A) Плотность источников и длина свободного пробега постоянны

B) Плотность источников постоянна

C) Длина свободного пробега постоянна

8. С чем связано увеличение упрочнения на 2 стадии упрочнения в ГЦК металлах (выбрать правильный ответ)

A) С действием вторичных систем сдвига

B) С действием первичных систем сдвига

C) С действием как вторичных, так и первичных систем сдвига

9. Модель упрочнения сплавов с некогерентными частицами – модель Хирша учитывает

A) призматические петли

B) не учитывает призматические петли

C) петли Орована

10. указать количество систем сдвига в ГЦК металлах (выбрать правильный ответ)

A) 10

В) 12

С) 16

3.2 Вопросы к экзамену

1. Кристаллографическая природа пластической деформации. Системы скольжения. Ориентация кристаллов.
2. Критическое приведенное напряжение сдвига при скольжении. Закон Шмида-Боаса.
3. Определение сдвиговой деформации. Кривые напряжение-деформация.
4. Гранецентрированные кубические кристаллы. Геометрическое рассмотрение. Кривые течения монокристаллов.
5. Теоретическая прочность кристалла на сдвиг. Свойства дислокаций (краевая, винтовая). Вектор Бюргерса.
6. Силы, действующие на дислокацию. Напряжение движения дислокации.
7. Размножение дислокаций. Источник Франка-Рида.
8. Поле напряжений винтовой, краевой дислокаций.
9. Собственная упругая энергия винтовой и краевой дислокаций. Линейное натяжение дислокаций.
10. Силы взаимодействия дислокаций.
11. Движение дислокаций. Влияние периодичности кристаллической решетки. Дислокационная модель Пайерлса-Барро.
12. Расщепление дислокаций. Полные, частичные дислокации. Дифекты упаковки. Символика Томпсона.
13. Сидячие дислокации. Дислокации Франка. Дислокационные реакции Ломера-Коттрела, Хирта. Дислокационные барьеры.
14. Деформация кристаллов с ГЦК решеткой. Общие закономерности на I стадии. Теория упрочнения на I стадии.
15. II стадия упрочнения. Дислокационные модели и теории упрочнения на II стадии.
16. III стадия упрочнения. Общие закономерности теории упрочнения.
17. Твердые растворы. Взаимодействие дислокаций с растворенными атомами. Упругое взаимодействие.
18. Взаимодействие вследствие различия модулей упругости. Электрическое взаимодействие. Химическое взаимодействие. Экспериментальное подтверждение взаимодействия дислокаций с атомами растворенного вещества.
19. Системы дислокаций. Зернограничные дислокации.
20. Общие закономерности пластического течения в кристаллах.
21. Физическая природа критического напряжения сдвига.
22. Термическая и атермическая компоненты напряжения течения. Скорость активируемого движения дислокаций.

23. Диффузионное переползание дислокаций. Особенности термически активируемого течения в ковалентных кристаллах, металлах, СОЦК и ГЦК решеткой.

24. Теория упрочнения твердых растворов.

25. Сверхдислокации в упорядоченных и неупорядоченных структурах и интерметаллидах.

26. Дислокационные модели взаимодействия дислокаций с частицами атомно-упорядоченных фаз.

27. Дислокационная модель Герольда-Хаберкорна и теория предела текучести в сплавах с упругими включениями.

28. Дислокационные модели в гетерофазных сплавах с некогерентными частицами. Модели Орована, Брауна.

29. Геометрически – необходимые дислокации. Дислокационная модель Эшби.

30. Теория упрочнения и модели локального призматического скольжения.

31. Основные направления создания современных высокопрочных материалов.

Примерное содержание экзаменационных билетов

БИЛЕТ № 1

1. Кристаллографическая природа пластической деформации. Системы скольжения. Ориентация кристаллов.
2. Теория упрочнения и модели локального призматического скольжения.

БИЛЕТ № 2

1. Критическое приведенное напряжение сдвига при скольжении. Закон Шмида-Боаса.
2. Геометрически – необходимые дислокации. Дислокационная модель Эшби.

БИЛЕТ № 3

1. Определение сдвиговой деформации. Кривые напряжение-деформация
2. Дислокационные модели в гетерофазных сплавах с некогерентными частицами. Модели Орована, Брауна.

БИЛЕТ № 4

1. Гранецентрированные кубические кристаллы. Геометрическое рассмотрение. Кривые течения монокристаллов.
2. Дислокационная модель Герольда-Хаберкорна и теория предела текучести в сплавах с упругими включениями.

БИЛЕТ № 5

1. Теоретическая прочность кристалла на сдвиг. Свойства дислокаций (краевая, винтовая). Вектор Бюргерса.
2. Дислокационные модели взаимодействия дислокаций с частицами атомно-упорядоченных фаз.

БИЛЕТ № 6

1. Силы, действующие на дислокацию. Напряжение движения дислокации.
2. Сверхдислокации в упорядоченных и неупорядоченных структурах и интерметаллидах.

БИЛЕТ № 7

1. Размножение дислокаций. Источник Франка-Рида.
2. Теория упрочнения твердых растворов.

БИЛЕТ № 8

1. Поле напряжений винтовой, краевой дислокаций.
2. Диффузионное переползание дислокаций. Особенности термически активируемого течения в ковалентных кристаллах, металлах, СОЦК и ГЦК решеткой.

БИЛЕТ № 9

1. Собственная упругая энергия винтовой и краевой дислокаций. Линейное натяжение дислокации
2. Термическая и атермическая компоненты напряжения течения. Скорость активируемого движения дислокаций.

БИЛЕТ № 10

1. Силы взаимодействия дислокаций.
2. Физическая природа критического напряжения сдвига.

БИЛЕТ № 11

1. Движение дислокаций. Влияние периодичности кристаллической решетки. Дислокационная модель Пайерлса-Барро.
2. Общие закономерности пластического течения в кристаллах.

БИЛЕТ № 12

1. Расщепление дислокаций. Полные, частичные дислокации. Диффекты упаковки. Символика Томпсон.
2. Системы дислокаций. Зернограничные дислокации.

БИЛЕТ № 13

1. Сидячие дислокации. Дислокации Франка. Дислокационные реакции Ломера-Коттрела, Хирта. Дислокационные барьеры.

2. Взаимодействие вследствие различия модулей упругости. Электрическое взаимодействие. Химическое взаимодействие. Экспериментальное подтверждение взаимодействия дислокаций с атомами растворенного вещества.

БИЛЕТ № 14

1. Деформация кристаллов с ГЦК решеткой. Общие закономерности на I стадии. Теория упрочнения на I стадии.
2. Твердые растворы. Взаимодействие дислокаций с растворенными атомами. Упругое взаимодействие.

БИЛЕТ № 15

1. II стадия упрочнения. Дислокационные модели и теории упрочнения на II стадии.
2. III стадия упрочнения. Общие закономерности теории упрочнения.