Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ
Сибирского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИФПМ СО РАН
чл.-к. РАН _____ С.Г. Псахье
«17» сентября 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б.1.В.ОД.2 ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Направление подготовки
22.06.01 Технологии материалов

Профиль (направленность программы)
05.16.09 Материаловедение (в машиностроении)

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
очная

ТРУДОЕМКОСТЬ – 4 ЗЕТ (144 часа)

ТОМСК 2015 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 22.06.01 Технологии материалов (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 №888.

РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ разработал:
доктор физико-математических наук, профессор Л.Б. Зуев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании Ученого совета ИФПМ СО РАН,
протокол № 6 от «16» сентября 2015 г.

Ученый секретарь Института
доктор технических наук, доцент В.С. Плешанов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины аспирантами является приобретение знаний в области физики твердого тела: типы межатомных связей в кристаллах, типы кристаллических решеток материалов и их характеристика, реальное строение металлических и неметаллических кристаллов, дефекты кристаллического строения, дислокационная структура и прочность металлических и неметаллических материалов, формирование структуры материалов при кристаллизации, пластической деформации и рекристаллизации.

Задачей дисциплины является теоретическое изучение связи физико-механических свойств твердых тел различной природы с их составом и структурой. После освоения курса аспиранты должны уметь правильно объяснять природу наблюдаемых в экспериментах закономерностей, иметь представление об общих подходах создания и получения новых материалов и покрытий с заданными свойствами, а также прогнозировать свойства новых материалов в зависимости от их состава и структуры. Аспиранты должны также уметь использовать в исследованиях современную микроскопическую технику для решения возникающих задач.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

2.1. Учебная дисциплина является основной в подготовке аспирантов по научной специальности 05.16.09 Материаловедение (в машиностроении), входит в список обязательных дисциплин вариативной части Блока 1 «Образовательные дисциплины (модули)» основной образовательной программы подготовки аспиранта по направлению **22.06.01 Технологии материалов**.

2.2. Данная программа строится на преемственности программ в системе высшего образования и предназначена для аспирантов ИФПМ СО РАН. Она основывается на положениях, отраженных учебных программах указанных уровней.

2.3. Дисциплина «Физика конденсированного состояния» необходима при подготовке выпускной квалификационной работы аспиранта и подготовке к сдаче кандидатского экзамена.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Физика конденсированного состояния» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки **22.06.01 Технологии материалов**:

1. Универсальных компетенций:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).

2. **Профессиональных компетенций:**

- умение использовать многоуровневый подход к описанию физических и механических свойств материалов различного назначения на стадиях их конструирования и лабораторного исследования с применением современных методов анализа (ПК-8);
- Способность проводить теоретическое и экспериментальное исследование природы кристаллических и аморфных, неорганических и органических веществ в твердом и жидком состояниях и изменение их физических свойств при различных внешних воздействиях (ПК-9).

Аспирант, изучивший дисциплину «Физика конденсированного состояния» должен:

Иметь представление об идеальной кристаллической структуре и реальных кристаллах; о теоретической и реальной прочности кристаллов, о роли и значении дефектов в формировании физико-механических свойств твердых тел; о диффузии в твердых телах; о процессе формирования кристаллической структуры; о процессах деформационного и примесного упрочнения; о процессах наклепа, возврата и рекристаллизации.

Знать:

- теорию твердого состояния
- теорию сплавов
- теорию диффузии
- виды дефектов кристаллической решетки;
- механизмы образования дефектов кристаллической решетки;
- механизмы взаимодействия дефектов кристаллической решетки;
- механизмы движения дефектов кристаллической решетки;
- механизмы возврата и рекристаллизации;
- теории деформационного и примесного упрочнения.

Уметь:

- самостоятельно работать с научной литературой по материаловедению и понимать её;
- самостоятельно анализировать и решать задачи научно-исследовательского характера по материаловедению и уметь пропагандировать их;
- вести целенаправленный поиск литературы по заданному направлению по реферативным журналам, электронным библиотекам и другим Internet-источникам.
- использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач;
- применять на практике базовые профессиональные навыки;
- использовать специализированные знания в области материаловедения для научно-исследовательской работы.

Владеть:

- информацией по данной дисциплине, на уровне умения вести дискуссию и отстаивать собственную точку зрения.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Общая трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины "Физика конденсированного состояния" составляет 4 ЗЕТ/ 144 часов.

Вид учебной работы	**Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час)**	**Распределение по семестрам обучения (в соответствии с учебным планом) (час)**	
	Всего: 144	**5 семестр**	**6 семестр**
Аудиторные занятия	***48***	***24***	***24***
Лекции	48	24	24
Другие виды работ	***96***	***48***	***48***
Самостоятельная работа	96	48	48
Формы текущего контроля		**опрос**	**опрос**
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом		**зачет**	**зачет**

4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Приводимая ниже таблица показывает распределения бюджета учебного времени, отводимого на освоение предлагаемого курса согласно учебному плану.

№ п.п.	**Наименование разделов дисциплины**	**Аудиторные часы**				**самостоятельная работа (час.)**
		Всего (в часах)	**лекции**	**Практические (семинары)**	**лабораторные**	
1	2	3	4	5	6	7
1	Кристаллическое строение металлов	4	4	-	-	12
2	Теоретические методы описания металлов	6	6	-	-	12
3	Модель идеальной кристаллической решетки металлов. Структурно-нечувствительные свойства	3	3	-	-	12
4	Модель реальной кристаллической решетки металлов. Структурно-чувствительные свойства	10	10	-	-	8
5	Металлические сплавы как дефектные системы. Равновесие и фазовые превращения. Структурообразование	5	5	-	-	12
6	Пластическое течение. Общие закономерности. Макролокализация и неоднородность деформации	6	6	-	-	8
7	Микро- и мезомеханизмы деформации и упрочнения металлов и сплавов	8	8	-	-	12
8	Разрушение как финальная стадия процесса деформирования	2	2			12
9	Металлы и сплавы в экстремальных условиях	4	4			8
	Итого:	**48**	**48**	**-**	**-**	**96**

4.3. Содержание разделов и тем

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: *экспериментальная и теоретическая физика, физика металлов, кристаллография, механика деформируемого твердого тела, термодинамика, теория электронной структуры.*

Во **Введении** рассматриваются вопросы связи физики конденсированного состояния с другими областями науки и техники и разделами физики, обсуждается роль физики конденси-

рованного состояния в научно-техническом прогрессе, характеризуются основные методы исследований в физике конденсированного состояния и исторические этапы развития этой науки.

Раздел 1. ***Кристаллическое строение металлов***

Геометрическая кристаллография. Кристаллические сингонии. Координатное и обратное пространство кристалла. Индексация плоскостей и направлений. Типы межатомных связей в твердых телах. Межчастичные потенциалы и их использование в описании твердых тел. Типы кристаллических решеток металлов. Элементарная ячейка, параметр решетки, базис, координационное число, плотность упаковки, индицирование кристаллических структур. Энергия связи. Ионные кристаллы. Ковалентные кристаллы. Металлы. Молекулярные кристаллы. Квантовые кристаллы. Моно- и поликристаллы. Аллотропия. Аморфное состояние и его свойства.

Раздел 2. ***Теоретические методы описания металлов***

Основные положения термодинамики конденсированного состояния. Элементы квантовой механики и статистики. Распределения Максвелла-Больцмана, Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Фермионы и бозоны. Метод квазичастиц в физике конденсированного состояния. Описание реакций в твердых телах. Фазовые переходы. Классификация и термодинамика фазовых переходов.

Раздел 3. ***Модель идеальной кристаллической решетки металлов. Структурно-нечувствительные свойства***

Классический и квантовый гармонический осциллятор. Ионная и электронная подситсемы кристалла. Адиабатическое приближение. Электронный газ. Статистика, свойства. Тепловые свойства твердых тел (теплоемкость, теплопроводность, термическое расширение). Зонная теория твердых тел и описание свойств твердых тел ее на основе. Геометрия поверхности Ферми. Ее роль в физике конденсированного состояния. Плазменные колебания. Резонансы. Эффект Холла. Сверхпроводящее состояние. Высокотемпературная сверхпроводимость. Применение в науке и технике. Магнетизм металлов. Физическая природа магнетизма. Диа-, пара- и ферромагнетики.

Раздел 4. ***Модель реальной кристаллической решетки металлов. Структурно-чувствительные свойства***

Классификация структурных дефектов. Точечные дефекты. Их концентрация. Энергия образования вакансий. Типы точечных дефектов: вакансии, дефекты Френкеля и Шоттки, примесные атомы внедрения и замещения. Краевые, винтовые и смешанные дислокации. Дислокация как граница незавершенного сдвига. Двойники. Границы раздела в твердых телах. Модели границ зерен. Свойства свободных поверхностей. Поры, частицы вторичных фаз, микротрещины. Взаимодействие дефектов разного типа. Механизмы генерации дефектов. Вакансии и диффузия. Уравнения Фика для диффузии. Механизмы диффузии в твердых телах. Физическая природа коэффициента диффузии. Диффузия в градиентных полях. Ускоренная диффузия в кристаллах. Роль диффузии в образовании сплавов. Решение дифференциальных уравнений диффузии для некоторых случаев. Расчеты диффузионных процессов. Геометрия дислокаций. Двумерные дефекты. Поверхности. Объемные дефекты. Дефекты и механические свойства.

Раздел 5. ***Металлические сплавы как дефектные системы. Равновесие и фазовые превращения. Структурообразование***

Термодинамика сплавов. Правило фаз. Статистические методы в теории сплавов. Кристаллизация металлов и сплавов. Агрегатные состояния веществ. Энергетические условия и термодинамика процесса кристаллизации. Критический зародыш кристалла. Влияние степени переохлаждения на скорость роста кристаллитов и число критических зародышей. Твердые растворы и их распад. Полиморфизм. Аморфное состояние металлов. Диаграммы состояния сплавов. Фазовые превращения в твердом состоянии. Связь между свойствами сплавов, их составом и структурой. Конструкционные, инструментальные и функциональные сплавы. Твердые сплавы. Суперспла-

вы. Смарт-сплавы. Сплавы с памятью формы. Технологии получения и упрочнения сплавов.

Раздел 6. ***Пластическое течение. Общие закономерности. Макролокализация и неоднородность деформации***

Деформация. Кривые пластического течения и их стадийность. Тензоры упругой и пластической деформации. Тензор упругих напряжений. Упругая и пластическая дисторсия. Локализация деформации. Концентраторы напряжений. Скачкообразная деформация. Синергетика пластического течения. Нелинейность пластически деформируемой среды. Процессы структурообразования при пластической деформации.

Раздел 7. ***Микро- и мезомеханизмы деформации и упрочнения металлов и сплавов***

Дислокационная структура и прочность металлов. Дислокационные реакции. Сила, действующая на дислокацию. Энергия дислокационной линии. Размножение дислокаций. Упругое взаимодействие дислокаций. Характерные полные дислокации. Частичные дислокации. Дефекты упаковки. Энергия дефекта упаковки. Сетки дислокаций. Размножение дислокаций при пластической деформации. Источник Франка-Рида. Кристаллографическая природа пластической деформации. Критическое напряжение сдвига. Дислокационная теория предела текучести. Принципы упрочнения металлов и сплавов. Зернограничное упрочнение. Карты пластической деформации. Упрочнение сплавов. Деформация бездефектных кристаллов. Теоретическая и реальная прочность твердых тел. Физический смысл теоретической прочности и методы оценки ее величины. Дефекты кристаллического строения и прочность материалов. Кривая Одинга. О возможности реализации теоретической прочности в реальных материалах. Нитевидные кристаллы. Углеродные и стеклянные волокна. Наклеп, возврат и рекристаллизация. Структурные изменения в металлах и сплавах при пластической деформации. Теория деформационного упрочнения моно- и поликристаллов. Основные определения деформационного упрочнения. Теории стадий деформационного упрочнения ГЦК монокристаллов. Теории упрочнения ОЦК и ГПУ монокристаллов. Деформационное упрочнение поликристаллов. Соотношение Холла-Петча. Многоуровневый характер процесса пластического течения. Теория примесного упрочнения. Упрочнение дисперсными частицами. Общие представления о природе примесного упрочнения. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Взаимодействие дислокаций с примесными атомами. Атмосферы Котрелла, Снука, Сузуки. Взаимодействие дислокаций с вакансиями и межузельными атомами. Упрочнение твердых растворов и сплавов с выделениями вторых фаз. Упрочнение двухфазных сплавов. Прочность композиционных материалов.

Раздел 8. ***Разрушение как финальная стадия процесса деформирования***

Трещины Гриффитса и Баренблатта. Кинетика разрушения. Микромеханика разрушения. Дислокационные механизмы зарождения трещин. Рост магистральной трещины. Роль поверхностной энергии. Виды разрушения. Разрушение при ползучести и повторно-переменном нагружении. Длительная прочность. Формула Журкова. Прочность и надежность. Линейная и нелинейная механика разрушения.

Раздел 9. ***Металлы и сплавы в экстремальных условиях***

Металлы и сплавы при высоких давлениях. Структурные превращения при высоких давлениях. Ударное нагружение. Влияние мегадеформаций на структуру и свойства металлов и сплавов. Влияние низких и высоких температур. Влияние сверхпроводящего перехода на прочность и пластичность. Хладноломкость сплавов. Влияние поверхностно-активных сред на прочность и пластичность.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемно-ориентированного обучения. Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствие с технологией проблемно-ориентированного обучения и предполагает следующие формы активности:

- самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемно-ориентированного обучения:

- постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Физики конденсированного состояния» и формирует необходимые компетенции;
- решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

6. ТЕКУЩАЯ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Цель контроля – получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

6.1. Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости аспиранта, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляется на протяжении семестра. Текущий контроль знаний обучающихся организован как устный групповой опрос (УГО).

Текущая самостоятельная работа аспиранта направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина – активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость занятий;
- степень усвоения теоретических знаний.

6.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине осуществляется в конце 5-го и 6-го семестров в виде зачета. Обучающийся допускается к зачету в случае выполнения аспирантом всех учебных заданий предусмотренных настоящей программой. В случае наличия учебной задолженности (пропущенных занятий и (или) невыполненных заданий) аспирант отрабатывает пропущенные занятия и выполняет задания.

Оценивание обучающегося на промежуточной аттестации осуществляется с использованием нормативных оценок на зачете – зачтено (не зачтено).

Оценивание аспиранта на промежуточной аттестации в форме зачета

Оценка зачета (нормативная)	Требования к знаниям и критерии выставления оценок
Зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует содержание тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями, имеет представление об идеальной кристаллической структуре и реальных кристаллах; о теоретической и реальной прочности кристаллов, о роли и значении дефектов в формировании физико-механических свойств твердых тел; о диффузии в твердых телах; о процессе формирования кристаллической структуры; о процессах деформационного и примесного упрочнения; о процессах наклепа, возврата и рекристаллизации.
Не зачтено	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала в области физики конденсированного состояния. Не информирован или слабо разбирается в проблемах данной дисциплины.

6.3 Контрольные вопросы к курсу «Физика конденсированного состояния»

Раздел 1. ***Кристаллическое строение металлов***

1. В чем сущность кристаллического строения металлов?
2. Что такое элементарная ячейка?
3. Что такое монокристалл и поликристалл?
4. Какие типы кристаллических решеток вам известны?
5. Дайте определение сингонии.
6. Что такое аллотропия металлов?
7. Как обозначаются кристаллографические направления и плоскости в кубической сингонии?
8. Как обозначаются кристаллографические направления и плоскости в гексагональной сингонии?
9. Что называется энергией связи кристалла?
10. Запишите выражение для потенциала межатомных взаимодействий.
11. Какова классификация кристаллов по типу связи?
12. Каков физический смысл модуля упругости?

Раздел 2. ***Теоретические методы описания металлов***

1. Рассмотрите статистики, применяемые в физике конденсированного состояния.
2. Что такое квазичастицы?
3. Объясните плодотворность идеи о квазичастицах в физике конденсированного состояния.
4. Природа металлической связи.
5. Что такое фазовые переходы в конденсированных средах?
6. Опишите кинетику возможных реакций в твердых телах.

Раздел 3. ***Модель идеальной кристаллической решетки металлов. Структурно-нечувствительные свойства***

1. Какая статистика пригодна для описания электронного газа?
2. Каково влияние температуры на распределение Ферми-Дирака?
3. Что такое энергия Ферми?
4. Почему электроны при комнатной температуре не вносят существенного вклада в теплоемкость металла?
5. Оцените температуру, при которой теплоемкость решетки в металле сравняется с электронной теплоемкостью.
6. В чем причина различия коэффициентов теплопроводности металлов и диэлектриков?
7. Чем определяется теплопроводность диэлектриков?
8. Что такое энергетические зоны?
9. Что представляет собой поверхность Ферми?

10. Что такое сверхпроводимость?
11. Что такое теплоемкость?
12. Дайте определение теплопроводности твердых тел.
13. Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье.
14. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности?
15. Что такое тепловое расширение?
16. Сформулируйте основные предположения теории теплоемкости Дебая.
17. Что такое дебаевская частота и характеристическая дебаевская температура?

Раздел 4. ***Модель реальной кристаллической решетки металлов. Структурно-чувствительные свойства***

1. Классификация структурных дефектов.
2. Свойства точечных дефектов.
3. Свойства дислокаций.
4. Что такое диффузия?
5. Объясните смысл понятия «диффузионная пара».
6. Запишите 1-е уравнение Фика.
7. Запишите 2-е уравнение Фика.
8. Каким образом можно оценить коэффициент диффузии?
9. Какие механизмы диффузии в твердых телах вам известны?
10. Запишите формулу для вычисления концентрации вакансий.
11. Что такое энергия активации диффузии

Раздел 5. ***Металлические сплавы как дефектные системы. Равновесие и фазовые превращения. Структурообразование***

1. Атомы в кристаллической решетке
2. Типы твердых растворов
3. Факторы, управляющие растворимостью металлов
4. Вторые фазы в сплавах
5. Распад твердых растворов
6. Электронная структура сплавов
7. Что такое упорядочение твердых растворов?
8. Чем определяются периоды решетки твердых растворов?
9. Упругая деформация решетки в твердых растворах
10. Что такое энергия смешения в твердых растворах?

Раздел 6. ***Пластическое течение. Общие закономерности. Макролокализация и неоднородность деформации***

1. Напряженно-деформирование состояние. Его характеристики
2. Тензоры напряжений и деформаций.
3. Пластическая дисторсия.
4. Локализация деформации.
5. Концентрация напряжений.
6. Нелинейность деформируемой среды.

Раздел 7. ***Микро- и мезомеханизмы деформации и упрочнения металлов и сплавов***

1. Запишите формулу для теоретической сдвиговой прочности.
2. Что представляет собой модель дислокации Френкеля-Конторовой?
3. Что такое плоскость скольжения?
4. Что представляет собой линия дислокации?
5. Запишите формулу для силы Пича-Келера, действующей на дислокацию.
6. Чему равна энергия дислокационной линии?
7. Запишите уравнение Тейлора-Орована.
8. Дайте определение плотности дислокаций.
9. Какое движение дислокаций называется консервативным?

10. В чем заключается дислокационный механизм пластической деформации?
11. Что такое напряжение Пайерлса-Набарро?
12. Какое движение дислокаций называется неконсервативным?
13. Механизмы деформационного упрочнения ГЦК, ОЦК и ГПУ кристаллов.
14. Запишите выражение для термически активированного движения дислокаций.
15. Какой механизм пластической деформации кристаллов называется двойникованием?

Раздел 8. ***Разрушение как финальная стадия процесса деформирования***

1. Дайте определение разрушения.
2. В чем заключается основная идея теории трещин Гриффитса?
3. Запишите формулу Гриффитса.
4. Что такое модуль сцепления материала?
5. Запишите формулу Журкова.
6. Какие дислокационные механизмы зарождения трещин вам известны?
7. Какова классификация типов разрушения?
8. В чем отличие между транскристаллитным и интеркристаллитным изломом?

Раздел 9. ***Металлы и сплавы в экстремальных условиях***

1. В чем заключается основная идея кинетической теории прочности Журкова?
2. Что называется эффектом Ребиндера?
3. Что такое *хладноломкость*?
4. Дайте определение адиабатического среза.
5. Какова роль концентраторов напряжений при деформации и разрушении твердых тел?
6. Дайте определение водородного охрупчивания.
7. Твердые тела при высоких давлениях.
8. Поведение твердых тел при ударном нагружении.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Абрикосов А.А. Основы теории металлов. М.: Наука, 1987. 520 с.
2. Брандт Н.Б., Кульбачинский В.А. Квазичастицы в физике конденсированного состояния. М.: Физматлит, 2007. 635 с.
3. Жданов Г.С. Физика твердого тела. М.: Изд-во МГУ, 1962. 501 с.
4. Зуев Л.Б., Баранникова С.А. Физика прочности и экспериментальная механика. Новосибирск: Наука, 2011. 349 с.
5. Зуев Л.Б., Данилов В.И. *Физические основы прочности материалов*. Долгопрудный: ИД Интеллект, 2013. 374 с.
6. Мерер Х. Диффузия в твердых телах. Долгопрудный: ИД Интеллект, 2011. 535 с.
7. Олемской А.И., Кацнельсон А.А. Синергетика конденсированной среды. М.: УРСС, 2003. 335 с.
8. Пестриков В.М., Морозов Е.М. Механика разрушения. С.-Пб.: Профессия, 2012. 551 с.
9. Пирсон У. Кристаллохимия и физика металлов и сплавов. В 2-х томах. М.: Мир,1977. Т.1. 419 с.; Т. 2. 471 с.
10. Скотт Э. Нелинейная наука. Рождение и развитие когерентных структур. М.: Физматлит, 2007. 559 с.
11. Уманский Я.С., Скаков Ю.А. Физика металлов. Атомное строение металлов и сплавов. М.: Атомиздат, 1978. 352 с.
12. Шаскольская М.П. Кристаллография. М.: Высшая школа, 1984. 375 с.
13. Штремель М.А. Прочность сплавов. В 2-х частях. М.: Изд-во МИСИС, 1999. Ч. 1. Дефекты решетки. 384 с.; Ч. 2. Деформация. 526 с.

Дополнительная литература

1. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. В 2-х томах. М.: Мир, 1979. Т.1. 399 с.; Т. 2. 422 с.
2. Ван Бюрен. Дефекты в кристаллах. М.: ИЛ, 1962. 584 с.

3. Климонтович Ю.Л. Введение в физику открытых систем. М.: Янус-К, 2002. 284 с.
4. Сиротин Ю.И., Шаскольская М.П. Основы кристаллофизики. М.: Наука, 1979. 639 с.
5. Фридель Ж. Дислокации. М.: Наука, 1967. 643 с.
6. Хирт Дж., Лоте И. Теория дислокаций. М.: Атомиздат, 1972. 600 с.
7. Шульце Г. Металлофизика. М.: Мир, 1971. 503 с.
8. Горелик С.С., М.Я. Дашевский. Материаловедение полупроводников и диэлектриков: Учебник для вузов.- М.: МИСиС, 2003.- 480 с.Учебник для вузов.- М.: МИСиС, 2003.- 480 с.
9. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высш. шк., 2000.
10. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводимости. МЦ НМО, М., 2000.

Интернет источники:

http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/solidstate.htm

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ИФПМ СО РАН располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение диссертационной работы. Есть компьютеры, оснащенные выходом в Интернет и в локальную сеть Института, а также принтеры, сканеры и ксероксы. Программы пакета Microsoft Office, Adobe Reader, WinDjView.

Аспиранты имеют возможность использовать комплекс аналитического, испытательного и исследовательского оборудования ИФПМ СО РАН и Филиала Научно-образовательного центра ТГУ по нанотехнологиям, входящего в состав Центра коллективного пользования «Нанотех» ИФПМ СО РАН и являющегося его структурным подразделением.