

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**

**ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АКУСТИКИ**

УТВЕРЖДАЮ

«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:

Основы материаловедения

Уровень высшего образования:

Специалитет

Специальность:

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

Акустика

Форма обучения:

Очная

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 21.12.2018 г. № 1780.

Год (годы) приема на обучение_____

Авторы-составители:

1. Профессор, академик РАН, доктор физико-математических наук Руденко Олег Владимирович, кафедра акустики физического факультета МГУ
2. Доцент, кандидат физико-математических наук Одина Наталья Ивановна, кафедра акустики физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой акустики
д.ф.-м.н., профессор Руденко О.В.

Аннотация к рабочей программе дисциплины

Курс предназначен для ознакомления студентов со свойствами микро- и наноструктурных материалов, используемых в промышленности: их регулярной структурой, дефектами и их влиянием на свойства изучаемых материалов, в том числе в условиях механических и тепловых воздействий. Студенты знакомятся с основами кристаллофизики, химической термодинамики, теории прочности и разрушения, физическими особенностями технологических процессов, методами исследования атомной и микроскопической структуры. Основы материаловедения излагаются с точки зрения использования акустических методов диагностики и неразрушающего контроля для изучения свойств материалов, изделий и структур.

Дисциплина реализуется на 4 курсе в 8 семестре специалитета, входит в вариативную часть и является спецкурсом кафедры по выбору для обучающихся по специализации «Акустика».

Объем дисциплины составляет 2 з.е., в том числе 34 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 38 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Промежуточная аттестация по дисциплине – зачет в 8 семестре.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы материаловедения» входит в вариативную часть программы по специальности «Фундаментальная и прикладная физика» (блок «Профессиональный», вариативная часть) и является спецкурсом кафедры по выбору для обучающихся по специализации «Акустика».

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Предполагается, что слушатели владеют базовыми методами математической физики, знают основы акустики и волновой физики.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
		Знать: способы описания и методы исследования структуры (регулярной и дефектной) твердых тел, методы исследования основных механических свойств материалов, принципы работы существующих устройств диагностики внутренней структуры твердых тел, принципы построения фазовых диаграмм. Уметь: использовать данные рентгеновского и химического анализа, электронной и атомной силовой микроскопии, механических тестов для постановки задач акустической диагностики материалов и процессов. Владеть: базовыми методами постановки и решения научно-исследовательских задач материаловедения.

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 34 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 38 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Контактная работа включает в себя: занятия лекционного типа (лекции).

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (ак.ч.)	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, академические часы	Форма текущего контроля успеваемости, наименование
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, академические часы¹</i>				Всего		
		Занятия лекционного типа (лекции)	Занятия семинарского типа					
Семинары	Лабораторные занятия*		Практические занятия*					
Строение кристаллических тел. Ближний и дальний порядок. Потенциал межатомного взаимодействия. Элементарная ячейка. Кристаллические системы. Пространственные решетки Бравэ. Параметры решетки. Координационное число. Коэффициент	4	2				2	2	

¹Текущий контроль успеваемости может быть реализован в рамках занятий лекционного и(или) семинарского типа.

компактности.								
Узлы, направления и плоскости решетки. Индексы Миллера. Полиморфизм. Типы химической связи. Влияние анизотропии и ангармоничности потенциала межатомного взаимодействия на упругие свойства кристаллов.	4	2				2	2	
Дефекты кристаллической структуры. Точечные дефекты. Вакансии, дефекты внедрения и замещения. Дефекты Френкеля и Шоттки. Линейные дефекты (дислокации). Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса. Движение дислокаций. Закон Паейрлса-Набарро. Пластическая деформация. Закон Шмида. Поверхностные дефекты. Границы зерен. Закон Холла-Петча. Граница двойников.	4	2				2	2	
Методы исследования структуры твердых тел. Устройство и принцип действия рентгеновского дифрактометра. Просвечивающая электронная микроскопия. Туннельная микроскопия. Атомная силовая	4	2				2	2	

микроскопия. Акустическая и фотоакустическая микроскопия.								
Механические тесты. Тест на растяжение. Статический модуль Юнга. Пределы прочности и текучести. Изгибные испытания. Определение твердости. Тесты Бринелля, Виккерса и Роквелла. Микро- и нанотвердость. Ударная вязкость. Трещиностойкость. Усталостные испытания. Ползучесть. Закон Аррениуса. Параметр Ларсона-Миллера.	4	2				2	2	
Обработка металлов давлением. Механизмы деформационного упрочнения. Источник Франка-Рида. Методы обработки металлов давлением. Термическая обработка металлов. Виды термической обработки. Отжиг. Стадии отжига. Рекристаллизация. Контроль отжига. Сварка. Акустическая сварка. Сверхпластические деформации.	4	2				2	2	
Основные закономерности затвердевания. Стадии затвердевания. Гомогенная и гетерогенная нуклеация.	4	2				2	2	

<p>Дендритный и планарный рост. Правило Хворинова. Дефекты затвердевания. Акустический контроль процессов затвердевания.</p> <p>Методы получения микро- и нанокристаллических материалов. Методы получения поликристаллического слитка. Методы выращивания монокристаллов. Методы получения нанопорошков и компактных наноматериалов.</p>								
<p>Фазовые превращения. Фазовая диаграмма бинарной системы с неограниченной растворимостью в твердом состоянии. Понятие фазы. Правило фаз Гиббса. Правила Юм-Розери. Равновесное и неравновесное затвердевание твердых растворов. Сегрегация.</p>	4	2				2	2	<i>Контрольная работа</i>
<p>Фазовые диаграммы с протеканием трехфазных реакций. Важнейшие типы трехфазных реакций. Эвтектическая реакция. Твердые растворы, эвтектические, до-эвтектические и за-эвтектические сплавы. Структура и механические свойства эвтектических</p>	4	2				2	2	

сплавов. Дисперсное упрочнение.								
Фазовая диаграмма системы Fe-Fe₃C. Эвтектоидная реакция. Полиморфные превращения железа и твердых растворов на его основе. Цементит. Перлит. Бейнит. Эвтектоидная, до- и за-эвтектоидная стали. Термокинетические кривые. Мартенситное превращение. Эффект памяти формы в мартенситных сплавах.	4	2				2	2	
Простая термообработка стали. Изотермическая тепловая обработка. Влияние содержания углерода, скорости охлаждения и легирующих примесей на термокинетические кривые. Закалка и отпуск. Проба Джомини для определения закаливаемости стали.	4	2				2	2	
Классификация сплавов железа с углеродом. Стали и чугуны. Специальные и нержавеющие стали. Обработка поверхности: науглероживание, цианидирование, карбонитрование.	4	2				2	2	
Разрушение и коррозия металла. Механизмы трещинообразования.	4	2				2	2	

Хрупкое и вязкое разрушение. Усталостное разрушение. Акустическая эмиссия. Основные виды коррозии: химическая, электрохимическая, межзеренная. Окисление. Абразивный износ. Эрозия.								
Методы неразрушающего контроля твердых тел. Рентгенография, ультразвуковое тестирование, магнитный и вихретоковый, термографический, акустоэмиссионный, термо-акустоэмиссионный, фотоакустический	12	6				6	6	
Наноструктуры. Этапы развития нанотехнологий. Классификация наноструктур. Структурные свойства индивидуальных нанокластеров. «Магические числа». Флуктуации структуры. Электронная структура нанокластеров. Механические свойства нанокристаллических материалов.	4	2				2	2	<i>Контрольная работа</i>
Промежуточная аттестация_зачет_____	4						4 ²	<i>Экзамен</i>
Итого	72	34					38	

²Часы на проведение промежуточной аттестации выделяются из часов самостоятельной работы обучающегося

*Лабораторные занятия, практические занятия относятся к практической подготовке обучающихся.

6. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

Вопросы к зачету по дисциплине «Основы материаловедения»:

Строение кристаллических тел. Ближний и дальний порядок. Потенциал межатомного взаимодействия. Элементарная ячейка. Кристаллографические системы. Пространственные решетки Бравэ. Параметры решетки. Координационное число. Коэффициент компактности.

Узлы, направления и плоскости решетки. Индексы Миллера. Полиморфизм. Типы химической связи. Влияние анизотропии и ангармоничности потенциала межатомного взаимодействия на упругие свойства кристаллов.

Дефекты кристаллической структуры. Классификация дефектов. Точечные дефекты. Вакансии, дефекты внедрения и замещения. Дефекты Френкеля и Шоттки. Линейные дефекты (дислокации). Краевые и винтовые дислокации. Вектор Бюргерса. Движение дислокаций. Закон Паейрлса-Набарро.

Пластическая деформация. Закон Шмида. Поверхностные дефекты. Границы зерен. Закон Холла-Петча. Граница двойников.

Методы исследования структуры твердых тел. Устройство и принцип действия рентгеновского дифрактометра.

Просвечивающая электронная микроскопия. Туннельная микроскопия. Атомная силовая микроскопия. Акустическая и фотоакустическая микроскопия.

Механические тесты. Тест на растяжение. Определение статического модуля Юнга из зависимости напряжение-деформация. Пределы прочности и текучести. Изгибные испытания.

Определение твердости. Тесты Бринелля, Виккерса и Роквелла. Микро- и нанотвердость.

Ударная вязкость. Трещиностойкость. Ультразвуковая оценка трещиностойкости. Усталостные испытания.

Ползучесть. Закон Аррениуса. Параметр Ларсона-Миллера.

Обработка металлов давлением. Деформационное упрочнение. Коэффициент деформационного упрочнения. Механизмы деформационного упрочнения. Источник Франка-Рида. Методы обработки металлов давлением. Остаточные напряжения.

Термическая обработка металлов. Виды термической обработки. Отжиг. Стадии отжига. Рекристаллизация. Контроль отжига. Сварка. Акустическая сварка. Сверхпластические деформации.

Основные закономерности затвердевания. Стадии затвердевания. Гомогенная и гетерогенная нуклеация. Дендритный и планарный рост. Правило Хворинова. Дефекты затвердевания. Акустический контроль процессов затвердевания.

Методы получения микро- и нанокристаллических материалов. Методы получения поликристаллического слитка. Методы выращивания монокристаллов. Методы получения нанопорошков и компактных наноматериалов.

Фазовые превращения. Фазовая диаграмма бинарной системы с неограниченной растворимостью в твердом состоянии.

Понятие фазы. Правило фаз Гиббса. Правила Юм-Розери.

Равновесное и неравновесное затвердевание твердых растворов. Сегрегация.

Фазовые диаграммы с протеканием трехфазных реакций. Важнейшие типы трехфазных реакций.

Эвтектическая реакция. Твердые растворы, эвтектические, до-эвтектические и за-эвтектические сплавы.

Структура и механические свойства эвтектических сплавов. Дисперсное упрочнение.

Когерентные и некогерентные выделения. Соотношение Авраами. Упрочнение старением.

Фазовая диаграмма системы Fe-Fe₃C. Эвтектоидная реакция.

Полиморфные превращения железа и твердых растворов на его основе. Цементит. Перлит. Бейнит. Эвтектоидная, до- и за-эвтектоидная стали.

Термокинетические кривые.

Мартенситное превращение. Эффект памяти формы в мартенситных сплавах. Влияние мартенситного превращения на акустические параметры.

Простая термообработка стали. Изотермическая тепловая обработка. Влияние содержания углерода, скорости охлаждения и легирующих примесей на термокинетические кривые. Закалка и отпуск. Проба Джомини для определения закаливаемости стали.

Классификация сплавов железа с углеродом. Стали и чугуны. Специальные и нержавеющие стали.

Обработка поверхности: науглероживание, цианидирование, карбоазотирование.

Чугуны: белый, серый, ковкий.

Разрушение и коррозия металла. Механизмы трещинообразования. Хрупкое и вязкое разрушение. Усталостное разрушение.

Акустическая эмиссия. Основные виды коррозии: химическая, электрохимическая, межзеренная. Окисление. Абразивный износ. Эрозия.

Методы неразрушающего контроля твердых тел. Рентгенография, ультразвуковое тестирование, магнитный и вихретоковый, термографический, акустоэмиссионный, термо-акустоэмиссионный, фотоакустический.

Наноструктуры. Этапы развития нанотехнологий. Классификация наноструктур. Структурные свойства индивидуальных нанокластеров. «Магические числа». Флуктуации структуры. Электронная структура нанокластеров. Механические свойства нанокристаллических материалов.

6.2. Шкала и критерии оценивания

7. Ресурсное обеспечение

Перечень основной и дополнительной учебной литературы

1. О.В. Руденко, Н.И. Одина. Материаловедение и методы диагностики микро- и наноструктурных материалов. Конспект лекций в электронной форме. 2010.
2. Ч. Киттель. Введение в физику твердого тела. Москва, Мир, 1976.
3. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. Москва, Техносфера, 2007.
4. Г. Кайно. Акустические волны, Москва, Мир, 1996.
5. Б. Радж, В. Раджендран, П. Паланичами. Применения ультразвука. Москва, Техносфера, 2006.
6. Материаловедение (под ред. Б.Н. Арзамасова, В.И. Макарова, Г.Г. Мухина и др.), Москва, Изд. МГТУ им. Баумана, 2001.

Дополнительная:

1. Р. Труэлл, Ч. Эльбаум, Б. Чик. Ультразвуковые методы в физике твердого тела. Москва, Мир, 1972.
2. Ю.В. Трушин. Физическое материаловедение. С.-Петербург, Наука, 2000.

Периодическая литература

1. Акустический журнал.
2. Journal of the Acoustical Society of America.

Описание материально-технической базы
Учебная аудитория физического факультета.
Проектор, компьютер

8. Язык преподавания: русский.