

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

ОДОБРЕНО
УМС ИЯФИТ Протокол №01/08/24-573.1 от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА ПРОЧНОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Направление подготовки
(специальность) [1] 22.03.01 Материаловедение и технологии
материалов

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
6	2	72	15	15	0		15-42	0	Э , ЗО
Итого	2	72	15	15	0	0	15-42	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина ставит своей целью формирование у студентов научно обоснованных знаний о процессах пластической деформации, физических основах пластичности и прочности металлических материалов, а также экспериментальных методах определения их механических свойств. В рамках освоения дисциплины излагаются основные теоретические концепции и экспериментальные подходы, используемые в рамках физического металловедения при изучении и интерпретации явлений, связанных с пластической деформацией металлов и их способностью сопротивляться разрушению.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины является ознакомление студентов с основами рассмотрения пластических и прочностных свойств металлических материалов, с принципами и методами их оценки, с моделями, описывающими на мезо- и микроуровнях пластическое поведение твердых тел, их деформационное упрочнение, процессы возврата и рекристаллизации, явления ползучести, усталости и разрушения. Приобретение навыков работы с научной, справочной и электронной литературой по физическому материаловедению.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для успешного освоения данной дисциплины студентам необходимы знания, полученные при изучении следующих дисциплин: «Специальные главы высшей математики», «Экспериментальные методы физики», «Технологический эксперимент», «Методы исследования реакторных материалов».

Знания и умения студентов, полученные в результате освоения данной дисциплины, необходимы при выполнении работ по курсовому проектированию, НИРС, а также при практической работе выпускников по специальности.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			

<p>участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору материалов, оценке их технологических и служебных качеств путем комплексного анализа их структуры и свойств, физико-механических, коррозионных и других испытаний</p>	<p>методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик</p>	<p>ПК-1.1 [1] - способен применять профессиональные знания для участия в разработке новых конструкционных и функциональных материалов, полуфабрикатов и изделий с заданным уровнем свойств и структурных характеристик</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-1.1[1] - Знать основы теоретической физики твердого тела, физики конденсированного состояния и физического материаловедения; У-ПК-1.1[1] - уметь анализировать теоретические и экспериментальные данные для разработки новых конструкционных и функциональных материалов с заданным уровнем свойств и структурных характеристик; В-ПК-1.1[1] - владеть навыками разработки новых конструкционных и функциональных материалов с заданным структурно-фазовым состоянием и комплексом свойств</p>
<p>участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору материалов, оценке их технологических и служебных качеств путем комплексного анализа их структуры и свойств, физико-механических, коррозионных и других испытаний</p>	<p>методы и средства испытаний и диагностики, исследования и контроля качества материалов, пленок и покрытий, полуфабрикатов, заготовок, деталей и изделий, все виды исследовательского, контрольного и испытательного оборудования, аналитической аппаратуры, компьютерное программное обеспечение для обработки</p>	<p>ПК-1 [1] - способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-1[1] - знать основные методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; ; У-ПК-1[1] - уметь использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики</p>

	<p>результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик</p>		<p>и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации; ; В-ПК-1[1] - владеть навыками исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации.</p>
сбор данных о существующих типах и марках материалов, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников	<p>основные типы современных конструкционных и функциональных неорганических (металлических и неметаллических) и органических (полимерных и углеродных) материалов, композитов и гибридных материалов, сверхтвердых материалов, интеллектуальных и наноматериалов, пленок и покрытий</p>	<p>ПК-2 [1] - способен использовать на практике современные представления о влиянии структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011</p>	<p>З-ПК-2[1] - знать основные представления о структуре материалов и влиянии структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; ; У-ПК-2[1] - уметь анализировать влияние структуры материалов на их свойства, а также ее эволюцию при взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями; ; В-ПК-2[1] - владеть практическими навыками анализа эволюции структурно-фазового состояния материалов при взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и</p>

			излучениями и влияния этой эволюции на свойства материалов.
--	--	--	--

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми

		участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытых и теорий.

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>6 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
2	Второй раздел	9-15	7/7/0		25	КИ-15	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		15/15/0		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	Э, ЗО	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2, З-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, З-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	15	15	0
1-8	Первый раздел	8	8	0
1 - 2	Введение. Масштабные уровни возможного рассмотрения проявлений пластичности и прочности металлических материалов. Экспериментальные методы исследования материалов как главный источник информации об особенностях их структуры. Описание процесса деформации на разных его этапах. Место пластичности и прочности в технологических процессах обработки металлических материалов. Основные понятия. Кривая растяжения как наиболее характерный пример деформационного поведения. Деформационное упрочнение и формирование кристаллографической текстура – главные особенности металлических материалов, претерпевших пластическую деформацию. Текстура как «память» материала о его «биографии» и предшествующих состояниях.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
3 - 4	Упругость. Упругость, эластичность, неупругость. Тензоры напряжений и деформаций, обобщенный закон Гука, модули и коэффициенты упругости для кубической и гексагональной кристаллических решеток. Вывод закона Гука как результата взаимодействия отдельных шаров. Проявления пластичности на последовательных этапах упругого поведения. Основные соотношения между упругими модулями.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0
5 - 6	Процессы пластической деформации. Пластическая деформация, как результат действия систем кристаллографического скольжения. Плоскости и направления наиболее плотной упаковки. Повороты кристаллической решетки зерна в результате скольжения под действием сжатия и растяжения. Описание переориентации решетки при деформации с помощью стереографической проекции. Критическое сдвиговое напряжение. Фактор Шмida. Построение распределения фактора Шмida на стереографической проекции для разных систем скольжения. Двойникование и его представление на стереографической проекции. Деформация монокристаллов и поликристаллов. Структурные особенности деформированных монокристаллов Неоднородность деформации.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	2 0	0

7 - 8	Деформация поликристаллов. Модели деформации поликристалла по Тейлору, Заксу и Кохендорферу. Неоднородность реальной пластической деформации. Полосы Чернова-Людерса. Эффект Баушингера. Эффект Портевена-Ле Шателье. Роль границ зерен. Закон Холла-Петча. Теории зуба текучести. Эффект бегающей шейки. Влияние степени упрочнения на локализацию деформации. Образование кристаллографических текстур деформации. Изображение текстур с помощью прямых и обратных полюсных фигур. Рассмотрение образования текстур в металлах с кристаллическими решетками ГЦК, ОЦК и ГПУ на стереографической проекции. Сверхпластичность. Структурные предпосылки для развития сверхпластичности	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
Онлайн				
		0	0	0
9-15	Второй раздел	7	7	0
9 - 12	Ползучесть. Логарифмическая ползучесть. Теория установившейся ползучести. Виды диффузионной ползучести. Карты Эшби механизмов пластической деформации. Структурные изменения в металле при ползучести.	Всего аудиторных часов		
		4	3	0
Онлайн				
		0	0	0
13 - 14	Разрушение. Механизмы зарождения и роста трещин. Пластическая зона у вершины движущейся трещины. Хрупкое разрушение. Вязкое разрушение. Вязко-хрупкий переход. Проблема низкотемпературной хрупкости ОЦК-металлов и пути ее решения. Фрактография.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
Онлайн				
		0	0	0
15	Усталость материалов. Особенности протекания пластической деформации при циклическом нагружении. Возникновение усталостных трещин под действием циклических напряжений. Влияние различных факторов на усталость материалов. Методы испытаний на усталость.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
Онлайн				
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий используются технические средства обучения (компьютерный проектор и учебные фильмы по тематике учебной дисциплины).

Самостоятельная работа студентов подразумевает проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы для подготовки к докладам на семинарах с их публичным обсуждением, а также коллоквиумах и зачете.

Для контроля усвоения студентом разделов данного курса используются тестовые технологии, ответы на которые позволяют судить об усвоении студентом данного курса. Также усвоение студентами материала курса контролируется тестированием.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-1	З-ПК-1	ЗО, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	ЗО, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	ЗО, Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.1	З-ПК-1.1	ЗО, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.1	ЗО, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.1	ЗО, Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2	З-ПК-2	ЗО, Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	ЗО, Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	ЗО, Э, КИ-8, КИ-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту,

75-84		C	если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
70-74		D	
65-69			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.
60-64	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «удовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 669 И85 Закономерности развития кристаллографической текстуры и субструктурной неоднородности в циркониевых сплавах при деформации и термообработке : монография, Перлович Ю.А., Исаенкова М.Г., Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
2. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.1 Физика твердого тела, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
3. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.4 Физические основы прочности. Радиационная физика твердого тела. Компьютерное моделирование, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 60.43 X77 Пластическая деформация металлов : , Хоникомб Р., М.: Мир, 1972
2. 539.3/.6 М60 Ползучесть и разрушение : , Миллер К., М.: Металлургия, 1986
3. 539.3 Ч-13 Ползучесть металлических материалов : , Чадек Й., Москва: Мир, 1987
4. 621.7 Н73 Теория термической обработки металлов : Учебник, Новиков И.И., М.: Металлургия, 1978

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Конспект лекций по дисциплине, материал изложен в учебниках:

1. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т. /Под общей ред. Б.А. Калина. – Том 1. Физика твердого тела/ Г.Н. Елманов, Г.Н., А.Г. Залужный, В.И. Скрытный, Е.А. Смирнов, В.Н. Яльцев – М.: МИФИ, 2012.

2. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т. /Под общей ред. Б.А. Калина. – Том 4. Физические основы прочности. Радиационная физика твердого тела. Компьютерное моделирование/ Е.Г. Григорьев, Ю.А. Перлович, Г.И. Соловьев, А.Л. Удовский, В.Л. Якушин.– М.: МИФИ, 2012.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Учебная дисциплина содержит 2 раздела. Каждый раздел завершается контрольными мероприятиями в виде письменного коллоквиума. В программе дисциплины предусмотрены следующие формы занятий в течение 15 недель 6-го семестра:

1.Лекции – 15 часов

2.Семинары – 15 часов.

Для лучшего усвоения учебного материала студентам рекомендую просмотреть перед лекциями и семинарами разделы Учебника «Физическое материаловедение» в следующей последовательности:

РАЗДЕЛ. 1

ТЕМА 1. Механические испытания и механические свойства. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т./Под общей редакцией Б.А. Калина. Т.1. Физика твердого тела. Глава 4. — М.: МИФИ, 2012.— с.618-741. Раздел 4.1.

РАЗДЕЛ. 1

ТЕМА 2. Упругое поведение металлических материалов Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т./Под общей редакцией Б.А. Калина. Т.1. Физика твердого тела. Глава 4. — М.: МИФИ, 2012.— с.618-741. Раздел 4.2.

РАЗДЕЛ. 1

ТЕМА 3. Кристаллографические механизмы пластической деформации. Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т./Под общей редакцией Б.А. Калина. Т.1. Физика твердого тела. Глава 4. — М.: МИФИ, 2012.— с.618-741. Раздел 4.3.

РАЗДЕЛ. 1

ТЕМА 4. Физические методы изучения пластической деформации Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т./Под общей редакцией Б.А. Калина. Т.1. Физика твердого тела. Глава 4. — М.: МИФИ, 2012.— с.618-741. Раздел 4.3.

РАЗДЕЛ. 1

ТЕМА 5. Деформация металлических поликристаллов Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т./Под общей редакцией Б.А. Калина. Т.1. Физика твердого тела. Глава 4. — М.: МИФИ, 2012.— с.618-741. Раздел 4.3.

РАЗДЕЛ. 2

ТЕМА 1. Ползучесть Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т./Под общей редакцией Б.А. Калина. Т.1. Физика твердого тела. Глава 4. — М.: МИФИ, 2012.— с.618-741. Раздел 4.4.

РАЗДЕЛ. 2

ТЕМА 2. Разрушение Физическое материаловедение: Учебник для вузов: В 6 т./Под общей редакцией Б.А. Калина. Т.1. Физика твердого тела. Глава 4. — М.: МИФИ, 2012.— с.618-741. Раздел 4.5.

При подготовке к коллоквиумам

Кл 1 Материалы к разделу 1

Кл 2 Материалы к разделу 2

При подготовке к семинарам

Необходимо просмотреть лекции и составить круг вопросов для обсуждения с преподавателем.

Автор(ы):

Крымская Ольга Александровна