

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

ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДЕФЕКТОВ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

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
5	2	72	16	16	0		13	0	Э
Итого	2	72	16	16	0	0	13	0	

АННОТАЦИЯ

В курсе изложены основы теории дефектов кристаллической структуры. Дается классификация дефектов кристаллической структуры.

Рассматриваются точечные дефекты. Излагаются представления об образовании и подвижности точечных дефектов, их отжиге; энергии образования вакансий и междоузельных атомов; искажениях кристаллической решетки; источниках и стоках точечных дефектов; комплексах точечных дефектов.

Рассматриваются линейные дефекты кристаллического строения твердых тел. Излагаются современные представления об образовании и механизмах размножения дислокаций; их движении; силах, действующих на дислокации; процессах взаимодействия между дислокациями, а также между дислокациями и точечными дефектами, дислокационных структурах.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения учебной дисциплины состоит в том, чтобы перед чтением курсов, непосредственно связанных с изучением материалов, ввести студентов в основы теории дефектов кристаллической структуры.

Данный курс необходим для понимания влияния дефектов кристаллической структуры на свойства металлов, их фазовые превращения при нагреве и радиационном воздействии, изменения структуры при обработке и эксплуатации.

В задачи дисциплины входит установление зависимостей между дефектной структурой и механическими и физическими свойствами материалов

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у обучающихся в результате освоения математических и физических дисциплин, химии.

Данная дисциплина является базой для изучения специальных дисциплин «Физическое материаловедение», «Функциональные и конструкционные материалы», «Реакторные материалы», «Методы исследования реакторных материалов», «Наноматериалы и нанотехнологии», «Физические свойства твердых тел», «Материалы с особыми физическими свойствами».

Знание ее содержания необходимо при выполнении работ по курсовому и дипломному проектированию, НИРС, а также при практической работе.

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			
сбор данных о существующих типах и марках материалов, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников	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	ПК-1.2 [1] - способен применять знания об основных типах современных материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-1.2[1] - знать основные типы современных материалов, а также подходы к выбору материалов для заданных условий эксплуатации; У-ПК-1.2[1] - уметь выбрать материал для заданных условий эксплуатации; В-ПК-1.2[1] - владеть основными подходами при выборе материалов для заданных условий эксплуатации
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	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	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 <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	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

	обеспечение для обработки результатов и анализа полученных данных, моделирования поведения материалов, оценки и прогнозирования их эксплуатационных характеристик		методах исследования, анализа, диагностики 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.
сбор данных о существующих типах и марках материалов, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников	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	ПК-2 [1] - способен использовать на практике современные представления о влиянии структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	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 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	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для

	за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	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 (B19)	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 открытий 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>5 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	8/8/0		25	КИ-8	3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
2	Часть 2	9-16	8/8/0		25	КИ-15	3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		16/16/0		50		
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	Э	3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-1, У-ПК-1, В-ПК-1, 3-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
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	16	16	0
1-8	Часть 1	8	8	0
1	Тема 1 Классификация дефектов. Вакансии: равновесная концентрация, энергия образования.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
2	Тема 2 Подвижность вакансий, энергия миграции вакансии. Самодиффузия	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	Тема 3 Междоузельные атомы: энергия образования междоузельного атома, подвижность и энергия миграция междоузельного атома.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	Тема 4 Искажение кристаллической решетки при образовании точечных дефектов.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Тема 5 Комплексы точечных дефектов: равновесная концентрация комплексов, энергия связи комплексов, подвижность комплексов	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Тема 6 Экспериментальные исследования точечных дефектов. Методы определения энергии образования и миграции точечных дефектов.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	8	8	0
9	Тема 7 Линейные дефекты. Краевая и винтовая дислокации. Контур и вектор Бюргерса. Основные свойства дислокаций	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
9	Тема 8 Скольжение дислокаций. Сила Пайерлса-Набарро.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тема 9 Переползание дислокаций. Скорость движения дислокаций. Пластическая деформация как движение дислокации.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	Тема 10 Упругие свойства дислокаций. Поля напряжений винтовой и. краевой дислокаций. Энергия дислокации.	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Тема 11 Силы, действующие на дислокацию. Взаимодействие между дислокациями, взаимодействие дислокаций с точечными дефектами..	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	Тема 12	Всего аудиторных часов		

	Дислокационные реакции. Полные и частичные дислокации в ГЦК и ГПУ решетках. Энергетический критерий дислокационных реакций.	0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	Тема 13 Тетраэдр Томпсона в ГЦК решетке. Стандартная бипирамида в ГПУ решетке. Пересечение дислокаций, движение дислокации с порогами	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	Тема 14 Дислокационные структуры. Скопление дислокаций. Стенка дислокации. Плотность дислокаций. Субзеренные границы.	Всего аудиторных часов		
		0	0	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Тема 15 Дефекты упаковки. Энергия дефекта упаковки. Расщепление дислокации. Двойники.	Всего аудиторных часов		
		0	0	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 учебной дисциплины используются активные и интерактивные формы обучения с применением LMS, электронных ресурсов и информационно-коммуникационных технологий. Занятия проводятся в форме чтения лекций по тематике и семинаров, охватывающих разделы учебной дисциплины.

Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы.

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	3-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.2	3-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-2	3-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	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, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	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			
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. 539.2 Е80 Теория и моделирование структуры и характеристик точечных дефектов в твердых телах : учебное пособие для вузов, Назаров А.В., Ершова И.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.1 Физика твердого тела, , : МИФИ, 2007

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 669 Н73 Дефекты кристаллического строения металлов : , Новиков И.И., М.: Металлургия, 1983
2. ЭИ 3-24 Дислокации в кристаллах, их движение и упругие свойства : Учебное пособие, Залужный А.Г., М.: МИФИ, 1990
3. 669 Ш93 Прочность сплавов Ч.1 Дефекты решетки, Штремель М.А., М.: Металлургия, 1982
4. 539.3 3-24 Точечные дефекты кристаллического строения металлов и сплавов : Учеб. пособие, Залужный А.Г., М.: МИФИ, 1987
5. ЭИ Ф50 Физическое материаловедение Т.1 Физика твердого тела, , : МИФИ, 2007
6. 620 Ф50 Физическое материаловедение Т.1 Физика твердого тела, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

1. Пакет программ Microsoft Office (мультимедийная аудитория)

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Аудитория с мультимедийными средствами ()

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Первый и второй разделы. Излагаются основы теории дислокаций. В этом разделе дислокации классифицируются по взаимной ориентации вектора сдвига и единичного вектора направления линии дислокации. Особое внимание необходимо уделить объяснению различия в механизмах перемещения, полях деформаций и напряжений, взаимодействия с точечными дефектами дислокаций разного типа (винтовые, краевые и смешанные). Подробно рассмотреть

влияние различных факторов на пластическую деформацию кристаллов (факторы, тормозящие движение дислокаций).

Третий раздел. Рассматриваются механизмы образования дислокаций. В этом разделе необходимо особое внимание уделить рассмотрению источника Франка – Рида размножения дислокаций при пластической деформации.

При изложении междислокационного взаимодействия рассмотреть механизмы образования таких дислокационных структур, как стенка и скопление дислокаций; образования субструктуры.

Подробно рассмотреть использование таких геометрических образов, как тетраэдр Томпсона и стандартная бипирамида, при анализе дислокационных реакций

Проведение практических занятий и выполнение самостоятельных работ

Проведение занятий направлено на закрепление прочитанного материала и использование его для решения практических задач.

С этой целью предлагаются задачи по определению равновесной концентрации точечных дефектов и их комплексов; по определению параметров самодиффузии; по анализу сил, действующих на дислокации при различных напряженных состояниях и при междислокационном взаимодействии; по анализу дислокационных реакций.

В рамках самостоятельной работы студентам периодически предлагается проработка отдельных глав рекомендованных учебников и учебных пособий.

Организация контроля

На семинарских занятиях студенты вызываются к доске для решения практических задач. Постоянно, индивидуальным опросом, проводится контроль теоретических знаний. После каждого модуля проводится коллоквиум с последующим анализом результатов работ.

Получение положительной оценки по каждому коллоквиуму является необходимым условием получения итоговой положительной оценки. В случае пропуска или получения отрицательной оценки работа должна быть переделана и сдана во время зачетной недели в конце семестра.

Проведение экзамена

Для допуска к экзамену необходимо выполнить с положительными оценками все проведенные в течение семестра проверочные работы. Во время сдачи экзамена отвечает на вопросы, перечень экзаменационных вопросов прилагается.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Данный курс необходим для понимания влияния дефектов кристаллической структуры на свойства металлов, их фазовые превращения при нагреве и радиационном воздействии, изменение структуры при обработке и эксплуатации. В курсе изложены основы теории дефектов кристаллической структуры.

Необходимо акцентировать внимание студентов на практическое использование полученных знаний.

Особое внимание следует обратить на роль дефектов при формировании свойств металлов и сплавов (диффузионные свойства, фазовые превращения, влияние облучения и др.);

на экспериментальные методы исследования точечных дефектов (энергии образования и миграции точечных дефектов); объяснить различия в механизмах перемещения, полях деформаций и напряжений, взаимодействия с точечными дефектами дислокаций разного типа (винтовые, краевые и смешанные). Подробно рассмотреть влияние различных факторов на пластическую деформацию кристаллов (факторы, тормозящие движение дислокаций). При изложении междислокационного взаимодействия рассмотреть механизмы образования таких дислокационных структур, как стенка и скопление дислокаций; образования субструктуры. Подробно рассмотреть использование таких геометрических образов, как тетраэдр Томпсона и стандартная бипирамида, при анализе дислокационных реакций

Проведение семинарских занятий направлено на закрепление прочитанного материала и использование его для решения практических задач.

С этой целью предлагаются задачи по определению равновесной концентрации точечных дефектов и их комплексов; по определению параметров самодиффузии; по анализу сил, действующих на дислокации при различных напряженных состояниях и при междислокационном взаимодействии; по анализу дислокационных реакций.

В рамках самостоятельной работы студентам периодически предлагается проработка отдельных глав рекомендованных учебников и учебных пособий («Физическое материаловедение», том 1, 2007 г.; М. А. Штремель «Прочность сплавов. Дефекты решетки». 1982 г.; И. И. Новиков, К. М. Розин «Кристаллография и дефекты кристаллической решетки», 1990 г.; А. Г. Залужный «Точечные дефекты кристаллического строения металлов и сплавов». 1987 г.; А. Г. Залужный «Дислокации в кристаллах, их движение и упругие свойства» 1990 г.)

Практика показала, что следует использовать различные приемы вовлечения студентов в творческий процесс освоения учебного материала: опрос студентов по содержанию прочитанных лекций и проведенных семинарских занятий; вызов студентов к доске для решения текущей задачи; самостоятельное решение задач со сверкой промежуточных и конечного результатов решения; показ преподавателем на доске решения типовых задач и, наконец, самостоятельные работы.

Автор(ы):

Залужный Александр Георгиевич, д.ф.-м.н.,
профессор

Рецензент(ы):

Исаенкова М.Г.