

ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет
«МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено на заседании Ученого
совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ,
протокол №25.8 от 25.08.2025

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Неравновесная термодинамика в материаловедении

название дисциплины

для направления подготовки

22.04.01 - Материаловедение и технологии материалов

код и название направления подготовки

образовательная программа

Композиты и материалы фотоники

Форма обучения: очная

г. Обнинск

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Неравновесная термодинамика в материаловедении» являются:

- приобретение знаний об основах неравновесной термодинамики,
- описание неравновесных радиационно-индуцированных состояний,
- описание неравновесных состояний при пластической деформации,
- приобретение знаний о применении аморфных материалов.

Задачи изучения дисциплины:

- ознакомление с основами процессов получения наноматериалов, с их физико-химическими свойствами, с областями применения, с перспективами развития систем, использующих наноматериалы.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Данная дисциплина относится к вариативной части.

Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные у обучающихся в результате освоения дисциплин – физическое материаловедение, физика конденсированного состояния, фазовые равновесия и структурообразование:

Физическое материаловедение: методы получения материалов с заданными физико-механическими свойствами, структура и свойства реальных металлических и неметаллических материалов, физика и химия покрытий;

Физика конденсированного состояния: основные понятия и определения физики твердого тела; основные методы исследований и описания металлов, диэлектриков.

Фазовые равновесия и структурообразование: классификация различных материалов по их функциональным свойствам, диаграммы равновесий фаз, структура и фазовые равновесия в материалах.

Основной задачей курса является ознакомление с основами процессов получения наноматериалов, с их физико-химическими свойствами, с областями применения, с перспективами развития систем, использующих наноматериалы.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код компетенции	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций (в соответствии с ФГОС)</i>	Перечень планируемых результатов обучения
ПК-1	Способен использовать методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов	З-ПК-1 Знать основные методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов; У-ПК-1 Уметь использовать методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов; В-ПК-1 Владеть навыками моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов.
ОПК-1.	Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов	З-ОПК-1 Знать основы физики конденсированного состояния, современные представления о структуре материалов и технологических процессов получения конструкционных и функциональных материалов; У-ОПК-1 Уметь решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов; В-ОПК-1 владеть навыками исследования материалов и производственной деятельности в области материаловедения.

ОПК-2.	Способен разрабатывать научно- техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии	3-ОПК-2 Знать перечень основных стандартов по оформлению научно-технической документации; У-ОПК-2 Уметь оформлять научно-техническую, проектную и служебную документацию, научно- технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии; В-ОПК-2 Владеть навыками разработки научно- технической, проектной и служебной документации, научно-технических отчетов, обзоров, публикаций, рецензий.
ПК-2	Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	3-ПК-2 Знать основные физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, У-ПК-2 Уметь использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов; В-ПК-2 Владеть навыками проведения комплексных исследований, применяя стандартные и сертификационные испытания. Владеть методами моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих: - формирование культуры безопасности при работе с лазерным излучением различного вида; - формирование культуры безопасности при работе с высокомоощными экспериментальными и промышленными установками.	Использование воспитательного потенциала профильных дисциплин и всех видов практик для: - формирования культуры безопасности лазерного излучения посредством тематического акцентирования в содержании дисциплин и учебных заданий, подготовки эссе, рефератов, дискуссий, а также в ходе практической работы с лазерным оборудованием; - формирования культуры безопасности при работе на высокомоощных экспериментальных и промышленных установках, которые имеют повышенный уровень опасности через выполнение студентами практических и лабораторных работ, в том числе на оборудовании для исследования высокотемпературной плазмы.

Организация интерактивных мероприятий и реализация специализированных заданий с воспитательным и социальным акцентом:

1. Организация научно-практических конференций, встреч с выдающимися учеными и ведущими представителями отраслей в области лазерных и плазменных технологий, круглых столов, и прикладной математики.
2. Участие в студенческих олимпиадах и студенческих конкурсах, конкурсах профессионального мастерства, студенческих научных обществах и объединениях, а также летних школах.
3. Участие в подготовке публикаций в высокорейтинговых международных журналах.
4. Проведение научного семинара студентов и аспирантов отделения лазерных и плазменных технологий.

5. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид работы	Форма обучения очная
	Семестр
	№ 2
	Количество часов на вид работы:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	32
В том числе:	
<i>лекции</i>	12
<i>практические занятия</i>	20
<i>лабораторные занятия</i>	0
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
<i>Зачет (оценка)</i>	
<i>экзамен</i>	-
Самостоятельная работа обучающихся	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	76
В том числе:	
<i>проработка учебного (теоретического) материала</i>	36
<i>подготовка к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости (в течение семестра)</i>	20
<i>выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>	
<i>подготовка к зачету</i>	20
Всего (часы):	108
Всего (зачетные единицы):	3

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

6.1. Структура учебной дисциплины.

№ п/ п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости и (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел
			Лекции	Практические занятия	лаб. работы			
2 семестр								
1	Основы неравновесной термодинамики	1-2	3	5	-	По графику сдачи коллоквиума . По графику сдачи и защиты контрольной работы.	9 Контрольная работа	30
2	Неравновесные радиационно-индуцированные состояния.	3-11	3	5	-			
3	Неравновесные состояния при пластической деформации	12-15	3	5	-		17 Контрольная работа	30
4	Аморфные материалы.	16-17	3	5	-			
Зачет								40
Итого за семестр:								100

6.2. Содержание дисциплины

6.2.1. Лекции

Раздел 1. Основы неравновесной термодинамики.

Линейная и нелинейная неравновесная термодинамика. Диссипативные структуры

Раздел 2. Неравновесные радиационно-индуцированные состояния.

Структуры облученных упорядочивающихся сплавов. Фазообразование при облучении. Диффузия. Радиационно-индуцированные сегрегации. Устойчивость облучаемых сплавов. Диссипативные структуры. Ориентационные эффекты. Эффект дальнего действия.

Раздел 3. Неравновесные состояния при пластической деформации.

Последовательность структур. Ротационная мода. Сверхпластичность

Раздел 4. Аморфные материалы.

Получение аморфных материалов. Структура аморфных материалов. Механические свойства. Процессы разрушения.

6.2.2. Практические занятия

Раздел(ы)	Тема практического (семинарского) занятия	Литература	Количество аудиторных часов
Основы неравновесной термодинамики	Линейная и нелинейная неравновесная термодинамика. Диссипативные структуры	[1,2]	5
Неравновесные радиационно-индуцированные состояния.	Структуры облученных упорядочивающихся сплавов. Фазообразование при облучении. Диффузия. Радиационно-индуцированные сегрегации. Устойчивость облучаемых сплавов. Диссипативные структуры.	[3-6]	5

Неравновесные состояния при пластической деформации	Последовательность структур. Ротационная мода. Сверхпластичность	[5,6]	5
Аморфные материалы.	Получение аморфных материалов. Структура аморфных материалов. Механические свойства. Процессы разрушения.	[1-3]	5

6.2.3. Лабораторный практикум

6.2.4. Курсовые проекты (работы)

6.2.5. Самостоятельная работа

1. Точечные дефекты. [2, с.11 - 28]
2. Дислокации в различных металлических структурах.[2, с.31 - 58]
3. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами.[2, с.135 - 142]
4. Малоугловые и большеугловые границы.[2, с.156 - 170]
5. Твердые растворы.[4,с.485 - 546]
6. Фазы в металлических системах.[4,с. 512 - 523]

Контроль самостоятельной работы осуществляется в виде проверки письменных работ по указанным темам, а также при проведении семинарских занятий и рейтинговом контроле.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

1. Физическое материаловедение. Учебник для вузов в 6 томах. Под ред. Б.А.Калина. М.: МИФИ, 2007.
2. И.И.Новиков. Дефекты кристаллического строения металлов. М.:Металлургия.1983. 231с.
3. Н.Ашпрофт, Н.Нермин. Физика твердого тела. М.: Мир. 1979. в 2-х томах. (400с. и 422 с.)
4. Р.Кан. Физическое металловедение. М.: Металлургия, Т.1. 1987. 640с

8. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

8.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (результаты по разделам)	Код контролируемой компетенции (или её части) / и ее формулировка	Наименование оценочного средства
Текущий контроль			
1.	1. Упругость твердых тел	ОПК-1 Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов ОПК-2 Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии ПК-1 Способен использовать методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов ПК-2 Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	<i>Контрольная работа 1- Упругость твердых тел</i>
2.	2 Неупругость твердых тел	ОПК-1 Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов ОПК-2 Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии ПК-1 Способен использовать методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов ПК-2 Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, проводить комплексные исследования, применяя стандартные и	<i>Контрольная работа 2- Неупругость твердых тел</i>

		сертификационные испытания	
Промежуточный контроль			
9.	Зачёт с оценкой	ОПК-1 Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов ОПК-2 Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии ПК-1 Способен использовать методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов ПК-2 Способен понимать физические и химические процессы, протекающие в материалах при их получении, обработке и модифицировании, использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств материалов, проводить комплексные исследования, применяя стандартные и сертификационные испытания	Зачётный билет
Всего; 3			

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

8.2.1. Зачет

а) типовые вопросы (задания):

- 1 Сверхпластичность.
- 2 Радиационно-стимулированная диффузия.
- 3 Аморфные материалы.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

в) описание шкалы оценивания:

Оценка	Критерии оценки
Зачтено 24-40	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровнях «отлично», «хорошо», «удовлетворительно».
Не зачтено 23 и меньше	Выставляется при соответствии параметрам экзаменационной шкалы на уровне «неудовлетворительно».

8.2.2. Вопросы для контрольной работы

а) типовые задания (вопросы) - образец:

- 1 Неустойчивость в твердых растворах.
- 2 Неравновесные фазы в облучаемых сплавах.
- 3 Свойства квазикристаллов.

б) критерии оценивания компетенций (результатов):

- уровень освоения обучающимся материала, предусмотренного учебной программой;
- умение обучающегося использовать теоретические знания при выполнении заданий и задач;
- обоснованность, четкость, краткость изложения ответа.

в) описание шкалы оценивания:

Отметка «отлично» (в баллах от 37 до 40) ставится, если:

- изученный материал изложен полно, определения даны верно;
- ответ показывает понимание материала;
- обучающийся может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, не только по учебнику и конспекту, но и самостоятельно составленные.

Отметка «хорошо» (в баллах от 34 до 37) ставится, если:

- изученный материал изложен достаточно полно;
- при ответе допускаются ошибки, заминки, которые обучающийся в состоянии исправить самостоятельно при наводящих вопросах;
- обучающийся затрудняется с ответами на 1-2 дополнительных вопроса.

Отметка «удовлетворительно» (в баллах от 30 до 33) ставится, если:

- материал изложен неполно, с неточностями в определении понятий или формулировке определений;
- материал излагается непоследовательно;
- обучающийся не может достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- на 50% дополнительных вопросов даны неверные ответы.

Отметка «неудовлетворительно» (в баллах от 0 до 29) ставится, если:

- при ответе обнаруживается полное незнание и непонимание изучаемого материала;
- материал излагается неуверенно, беспорядочно;
- даны неверные ответы более чем на 50% дополнительных вопросов.

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и

складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (КТ № 1) и контрольная точка № 2 (КТ № 2).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Вид контроля	Этап рейтинговой системы Оценочное средство	Балл	
		Минимум	Максимум
Текущий	Контрольная точка № 1		
	Оценочное средство № 1.	30	40
	Контрольная точка № 2		
	Оценочное средство № 2.	30	40
Промежуточный	Зачёт с оценкой		
	Оценочное средство		
	Билеты к зачету	0	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде экзамена, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Оценка сформированности компетенций на зачете для тех обучающихся, которые не набрали необходимого количества баллов (60) по оценочным средствам, пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций с помощью оценочных средств текущего контроля во время изучения дисциплины, проводится после дополнительной проверки компетенций преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на дополнительных занятиях

9. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

9.1. Основная литература

1. В.В.Кирсанов, А.Л.Суворов, Ю.В.Трушин. Процессы радиационного дефектообразования в металлах. М.: Энергоатомиздат. 1985. 272с.
2. К. Судзуки, Х. Фудзимори, К. Хасимото. Аморфные материалы. М.: Металлургия. 1987. 328с.
3. В.С.Хмелевская. Неравновесные состояния в твердом теле. Обнинск: ИАТЭ. 2004. 156с., (30 экз. в библи.)

9.2. Дополнительная литература

1. Г. Николис, И.Пригожин. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Наука. 1979. 232с.

9.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Интернет – сайт (<http://www.iatehysics.narod.ru>)

Интернет – сайт (<http://www.nanometr.ru>)

Интернет – сайт (<http://www.portalnano.ru/>)

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Электронные ресурсы НИЯУ МИФИ.