

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ 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 ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

Утверждено на заседании  
Ученого совета ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол от 28.08.2023 № 23.8

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Физическое материаловедение / Material Physics

---

*название дисциплины*

для студентов направление подготовки

14.03.01 "Ядерная энергетика и теплофизика"

---

*Код и название направления подготовки*

Образовательная программа  
Nuclear Technologies

---

*Шифр, название специализации*

Форма обучения: очная

**г. Обнинск 2023 г.**

# 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

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

Коды компетенций	Результаты освоения ООП <i>Содержание компетенций</i>	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-2	<p>Готовность к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной</p>	<p><b>Знать:</b> физику кинетических явлений и процессы в реакторах, ускорителях, воздействие ионизирующего излучения на материалы, распространение и взаимодействие излучения с веществом</p> <p><b>Уметь:</b> описывать конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие излучения с веществом, физику кинетических явлений, воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды</p> <p><b>Владеть:</b> способностью к созданию теоретических и математических моделей, описывающих конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие излучения с веществом, физику кинетических явлений, воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды</p>
ПК-3	<p>Способность использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики,</p>	<p><b>Знать:</b> физику кинетических явлений и процессы в реакторах, ускорителях, воздействие ионизирующего излучения на материалы, распространение и взаимодействие излучения с веществом</p>

	<p>гидродинамики и теплопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения</p>	<p><b>Уметь:</b> описывать конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие излучения с веществом, физику кинетических явлений, воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды <b>Владеть:</b> способностью к созданию теоретических и математических моделей, описывающих конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие излучения с веществом, физику кинетических явлений, воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды</p>
ПСК-1.8	<p>Способность применять современные экспериментальные методы измерений и обработки данных по ядерно-физическим и теплофизическим свойствам материалов; нейтронно-физических и теплогидравлических параметров ядерной установки</p>	<p><b>Знать:</b> физику кинетических явлений и процессы в реакторах, ускорителях, воздействие ионизирующего излучения на материалы, распространение и взаимодействие излучения с веществом <b>Уметь:</b> описывать конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие излучения с веществом, физику кинетических явлений, воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды <b>Владеть:</b> способностью к созданию теоретических и математических моделей, описывающих конденсированное состояние вещества, распространение и взаимодействие излучения с веществом, физику кинетических</p>

		явлений, воздействие ионизирующего излучения на материалы, человека и объекты окружающей среды
--	--	--

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина реализуется в рамках базовой части. Индекс дисциплины: Б1.Б.27  
Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

- Физика;
- Ядерная физика;
- Теоретическая механика.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре.

## 3. 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 (вносятся данные по реализуемым формам)	
	Очная	Заочная
	Семестр	Курс
	№ 2	№ 1
	Количество часов на вид работы:	
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>	<b>51</b>	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>51</b>	
В том числе:		
<i>лекции (лекции в интерактивной форме)</i>	34	
<i>практические занятия (практические занятия в интерактивной форме)</i>	17	
<i>лабораторные занятия</i>		
<b>Промежуточная аттестация</b>		
В том числе:		
<i>зачет</i>	<b>0</b>	
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>		
<b>Самостоятельная работа обучающихся(всего)</b>	<b>57</b>	
В том числе:		
<i>проработка учебного (теоретического) материала</i>	9	

<i>подготовка к семинарам</i>	10	
<i>подготовка ко всем видам текущего контроля</i>	15	
<i>подготовка к зачету</i>	20	
<b>Всего (часы):</b>	<b>108</b>	
<b>Всего (зачетные единицы):</b>	<b>3</b>	

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

**4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам)											
		Очная форма обучения					Заочная форма обучения						
		Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО	Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО		
1.	Идеальные и реальные кристаллы	4	2			2							
2.	Основы теории сплавов	8	2			3							
3.	Основные требования к материалам ядерных реакторов	4	2			10							
4.	Влияние облучения на свойства материалов	4	3			10							
5.	Конструкционные материалы активной зоны реактора	4	2			8							
6.	Ядерные топливные материалы	4	2			8							
7.	Теплоносители и замедлители	4	2			8							
8.	Поглощающие материалы	2	2			8							
	<b>Всего:</b>	<b>34</b>	<b>17</b>			<b>57</b>							

*Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия /семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся*

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

##### Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	Идеальные и реальные кристаллы	Кристаллические и аморфные материалы. Классификация кристаллических материалов. Кристаллографические обозначения. Монокристаллы и поликристаллы. Классификация дефектов. Точечные дефекты и их роль в формировании свойств облученных материалов. Линейные дефекты, их роль в формировании свойств пластически деформированных материалов. Поверхностные дефекты.
2.	Основы теории сплавов	Фазы в сплавах. Фазовые диаграммы, экспериментальное построение и расчет фазовых диаграмм. Диаграмма железо-углерод. Типы фазовых превращений, их сущность, способы реализации: диффузионные и бездиффузионные превращения, явления возврата, отжига, рекристаллизации, полиморфизма. Кристаллизация и фазовые превращения в твердом состоянии. Фазовые превращения в сплавах системы железо-углерод. Дисперсионное твердение.
3.	Основные требования к материалам ядерных реакторов	Сравнительный анализ типичных рабочих параметров активной зоны ядерных реакторов и других энергетических установок. Общие требования к материалам и конструкциям ядерных реакторов. Экономические, технологические и научные проблемы выбора материалов и конструкций элементов активной зоны.
4.	Влияние облучения на свойства материалов	Внутреннее строение твердого тела, типы связей, энергия связи. Кристаллическое строение, основные типы кристаллических решеток и их дефекты. Связь с механическими, теплофизическими и химическими свойствами. Анизотропия кристаллического строения и свойств. Классификация радиационных повреждений. Основные свойства точечных дефектов. Коллективные дефекты. Основные радиационные эффекты, их энергетическая, дозовая и температурная зависимости. Радиационная стойкость и радиационный ресурс.

5.	Конструкционные материалы активной зоны реактора	Сплавы магния, алюминия и циркония. Аустенитные и нержавеющие стали. Жаропрочные и тугоплавкие сплавы. Их ядерно-физические, теплофизические и механические характеристики. Легирующие добавки и их влияние на свойства сплавов. Совместимость и радиационная стойкость.
6.	Ядерные топливные материалы	<p>Определение и основные требования к ядерному топливу. Виды ядерного топлива и топливные циклы. Энерговыворотка и глубина выгорания. Продукты деления и изменение нуклидного состава топлива.</p> <p>Структура и свойства металлического урана. Влияние облучения на свойства урана. Виды сплавов урана, их свойства и совместимость. Плутоний, как ядерное топливо. Получение плутония и его свойства. Сплавы плутония. Торий, его сплавы и их свойства. Анализ эксплуатации металлического топлива, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике.</p> <p>Керамическое топливо. Классификация керамического топлива. Оксид урана и его свойства. Технология изготовления порошка <math>UO_2</math>. Производство изделий из компактной двуокиси урана и требования к ним. Терморadiационная стойкость и совместимость. Оксиды плутония и тория, смешанные оксиды, их свойства, достоинства и недостатки. Карбидное топливо и его свойства. Нитриды и другие виды керамического топлива. Сравнительный анализ и перспективы использования. Дисперсионное топливо. Виды, требования, свойства и перспективы использования. Альтернативные и редко используемые виды ядерного топлива</p>
7.	Теплоносители и замедлители	Требования, предъявляемые к теплоносителям, основные виды и особенности теплоотвода. Рабочие параметры теплоносителей. Затраты на прокачку. Газовые теплоносители. Механизмы коррозии в газах. Меры защиты от коррозии. Свойства газовых теплоносителей (воздух, $CO_2$ , He, He+N <sub>2</sub> , диссоциирующие газы). Сравнительный анализ эксплуатации газовых теплоносителей, проблемы и перспективы использования. Жидкометаллические теплоносители. Механизмы коррозии в жидких металлах. Особенности применения и способы очистки. Свойства жидкометаллических

		<p>теплоносителей (Na, Ka, Li, Pb, Hg, Sb, Bi, Ga). Органические теплоносители. Виды органических теплоносителей, их свойства и терморadiационная стойкость.</p> <p>Требования к водному теплоносителю. Теплофизические свойства воды и водяного пара. Замедляющие свойства тяжелой и легкой воды. Паровой коэффициент реактивности. Радиоллиз воды и меры его подавления. Коррозия в воде. Понятие двойного электрического слоя. Анодные и катодные реакции. Активация воды.</p> <p>Общие требования к замедлителям и терморadiационные параметры их эксплуатации. Свойства графита и его радиационная стойкость. Особенности реакторов с графитовым замедлителем. Энергия Вигнера. Характеристики бериллия, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике.</p>
8.	Поглощающие материалы	<p>Поглощающие материалы и их свойства. Формы использования поглотителей и материалов защиты. Проблемы и перспективы создания новых конструкционных материалов активной зоны реактора.</p>

### *Практические/семинарские занятия*

<b>№</b>	<b>Наименование раздела /темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
1.	Идеальные и реальные кристаллы	<p>Кристаллические и аморфные материалы. Классификация кристаллических материалов. Кристаллографические обозначения. Монокристаллы и поликристаллы. Классификация дефектов. Точечные дефекты и их роль в формировании свойств облученных материалов. Линейные дефекты, их роль в формировании свойств пластически деформированных материалов. Поверхностные дефекты.</p>
2.	Основы теории сплавов	<p>Фазы в сплавах. Фазовые диаграммы, экспериментальное построение и расчет фазовых диаграмм. Диаграмма железо-углерод. Типы фазовых превращений, их сущность, способы реализации: диффузионные и бездиффузионные превращения, явления возврата, отдыха, рекристаллизации, полиморфизма. Кристаллизация</p>

		и фазовые превращения в твердом состоянии. Фазовые превращения в сплавах системы железо-углерод. Дисперсионное твердение.
3.	Основные требования к материалам ядерных реакторов	Сравнительный анализ типичных рабочих параметров активной зоны ядерных реакторов и других энергетических установок. Общие требования к материалам и конструкциям ядерных реакторов. Экономические, технологические и научные проблемы выбора материалов и конструкций элементов активной зоны.
4.	Влияние облучения на свойства материалов	Внутреннее строение твердого тела, типы связей, энергия связи. Кристаллическое строение, основные типы кристаллических решеток и их дефекты. Связь с механическими, теплофизическими и химическими свойствами. Анизотропия кристаллического строения и свойств. Классификация радиационных повреждений. Основные свойства точечных дефектов. Коллективные дефекты. Основные радиационные эффекты, их энергетическая, дозовая и температурная зависимости. Радиационная стойкость и радиационный ресурс.
5.	Конструкционные материалы активной зоны реактора	Сплавы магния, алюминия и циркония. Аустенитные и нержавеющие стали. Жаропрочные и тугоплавкие сплавы. Их ядерно-физические, теплофизические и механические характеристики. Легирующие добавки и их влияние на свойства сплавов. Совместимость и радиационная стойкость.
6.	Ядерные топливные материалы	<p>Определение и основные требования к ядерному топливу. Виды ядерного топлива и топливные циклы. Энерговыворотка и глубина выгорания. Продукты деления и изменение нуклидного состава топлива.</p> <p>Структура и свойства металлического урана. Влияние облучения на свойства урана. Виды сплавов урана, их свойства и совместимость. Плутоний, как ядерное топливо. Получение плутония и его свойства. Сплавы плутония. Торий, его сплавы и их свойства. Анализ эксплуатации металлического топлива, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике.</p> <p>Керамическое топливо. Классификация керамического топлива. Оксид урана и его свойства. Технология изготовления порошка <math>UO_2</math>. Производство изделий из компактной двуокиси</p>

		урана и требования к ним. Терморadiационная стойкость и совместимость. Оксиды плутония и тория, смешанные оксиды, их свойства, достоинства и недостатки. Карбидное топливо и его свойства. Нитриды и другие виды керамического топлива. Сравнительный анализ и перспективы использования. Дисперсионное топливо. Виды, требования, свойства и перспективы использования. Альтернативные и редко используемые виды ядерного топлива
7.	Теплоносители и замедлители	<p>Требования, предъявляемые к теплоносителям, основные виды и особенности теплоотвода. Рабочие параметры теплоносителей. Затраты на прокачку. Газовые теплоносители. Механизмы коррозии в газах. Меры защиты от коррозии. Свойства газовых теплоносителей (воздух, CO<sub>2</sub>, He, He+N<sub>2</sub>, диссоциирующие газы). Сравнительный анализ эксплуатации газовых теплоносителей, проблемы и перспективы использования. Жидкометаллические теплоносители. Механизмы коррозии в жидких металлах. Особенности применения и способы очистки. Свойства жидкометаллических теплоносителей (Na, K, Li, Pb, Hg, Sb, Bi, Ga). Органические теплоносители. Виды органических теплоносителей, их свойства и терморadiационная стойкость.</p> <p>Требования к водному теплоносителю. Теплофизические свойства воды и водяного пара. Замедляющие свойства тяжелой и легкой воды. Паровой коэффициент реактивности. Радиоллиз воды и меры его подавления. Коррозия в воде. Понятие двойного электрического слоя. Анодные и катодные реакции. Активация воды.</p> <p>Общие требования к замедлителям и терморadiационные параметры их эксплуатации. Свойства графита и его радиационная стойкость. Особенности реакторов с графитовым замедлителем. Энергия Вигнера. Характеристики бериллия, проблемы и перспективы его использования в ядерной энергетике.</p>
8.	Поглощающие материалы	Поглощающие материалы и их свойства. Формы использования поглотителей и материалов защиты. Проблемы и перспективы создания новых конструкционных материалов активной зоны реактора.

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

1. Малышкин В.Г. Топливо и ТВЭЛы. - Обнинск: ИАТЭ, 1994. 178с.
2. Соловьев С.П., Хмелевская В.С. Механические, коррозионные и радиационные свойства материалов для ядерных энергетических установок. Учебное пособие по курсу «Материалы ядерных энергетических установок», - Обнинск, ИАТЭ, 1991, 174 с.
3. Электронный учебно-методический комплекс дисциплины «Материаловедение: материалы ядерных установок» – <http://iate.obninsk.ru/node/5230>

## 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### 6.1. 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
<b>Текущий контроль</b>			
1.	Идеальные и реальные кристаллы. Основы теории сплавов. Основные требования к материалам ядерных реакторов Влияние облучения на свойства материалов	Готовность к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной (ПК-2) пособность использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и тепломассопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения (ПК-3)	Коллоквиум №1
2.	Конструкционные материалы активной зоны реактора Ядерные топливные материалы	Готовность к созданию новых методов расчета современных реакторных	Коллоквиум №2

	Теплоносители и замедлители Поглощающие материалы	установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной (ПК-2) пособность использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и тепломассопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражени (ПК-3)	
<b>Промежуточный контроль</b>			
	зачет	Готовность к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной (ПК-2) пособность использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и тепломассопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражени (ПК-3)	Вопросы к зачету
Всего: 3			

**6.2. 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*

### **6.2.1. Зачет**

а) типовые вопросы (задания):

1. Механические, теплофизические и ядерно-физические свойства твердого тела и их связь с типом кристаллической решетки. Анизотропия свойств.
2. Радиационно-стимулированные дефекты кристаллической решетки. Ионизация, точечные дефекты, температурные и тепловые пики, замедляющие соударения, каскад смещений.
3. Радиационное формоизменение. Свеллинг, газовое распухание, радиационный рост.
4. Механические, теплофизические и ядерно-физические свойства металлического урана и его поведение под облучением. Сплавы урана.
5. Механические, теплофизические и ядерно-физические свойства плутония и его применение в ядерной энергетике.
6. Механические, теплофизические и ядерно-физические свойства тория и его применение в ядерной энергетике.
7. Керамическое ядерное топливо, его свойства и стойкость при облучении.
8. Дисперсионное топливо и его свойства.
9. Достоинства и недостатки газовых теплоносителей.
10. Жидкометаллические теплоносители и их свойства.
11. Теплофизические и ядерно-физические свойства воды и водяного пара.
12. Коррозия в воде. Анодные и катодные реакции.
13. Свойства органических теплоносителей.
14. Основные виды замедлителей и их свойства.
15. Цирконий и сплавы на его основе.
16. Алюминиевые и магниевые сплавы. Их применение в ядерной энергетике.
17. Основные требования к ТВЭЛ и их типы.
18. Аустенитные, жаропрочные и нержавеющие стали на основе W, Ti, Ni и Cu.
19. Основные виды ядерного топлива и требования к нему.
20. Поглощающие и защитные материалы, формы их использования.

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:

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
36-40	Студент должен:

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний программного материала;</li> <li>- исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал;</li> <li>- правильно формулировать определения;</li> <li>- продемонстрировать умения самостоятельной работы с литературой;</li> <li>- уметь сделать выводы по излагаемому материалу.</li> </ul>
30-35	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрировать достаточно полное знание программного материала;</li> <li>- продемонстрировать знание основных теоретических понятий;</li> </ul> <p>достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрировать умение ориентироваться в литературе;</li> <li>- уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.</li> </ul>
24-29	<p>Студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрировать общее знание изучаемого материала;</li> <li>- показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;</li> <li>- уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li> <li>- знать основную рекомендуемую программой учебную литературу.</li> </ul>
23 и меньше	<p>Студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- незнание значительной части программного материала;</li> <li>- не владение понятийным аппаратом дисциплины;</li> <li>- существенные ошибки при изложении учебного материала;</li> <li>- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li> <li>- неумение делать выводы по излагаемому материалу.</li> </ul>

### **6.2.2. Коллоквиум №1**

- а) типовые задания (вопросы) - образец:
1. Перечислите факторы влияющие на величину радиационных повреждений.
  2. Перечислите основные типы кристаллических решеток.
  3. Какими внешними факторами определяется радиационный ресурс материала?
- 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 38 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 до 30) ставится, если:

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

### **6.2.3. Коллоквиум №2**

а) типовые задания (вопросы) - образец:

1. Почему наиболее распространенное топливо ЯЭУ – компактная двуокись урана?
2. Формы использования поглотителей и материалов защиты.
3. Алюминиевые сплавы и их применение в ядерной энергетике.

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 38 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 до 30) ставится, если:

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

### ***6.3. 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	<b>Контрольная точка № 1</b>		
	Коллоквиум № 1	18	30
	<b>Контрольная точка № 2</b>		
	Коллоквиум № 2.	18	30
Промежуточный	<b>Зачет</b>		
	Билеты к зачету	24	40
<b>ИТОГО по дисциплине</b>		60	100

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

Перед каждой процедурой оценивания знаний проводится устный опрос на практическом занятии и затрагивает как тематику лекционного материала, так и типовые задания коллоквиумов. Применяется групповое оценивание ответа или оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде экзамена, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов обучения.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний.

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.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### ***а) основная учебная литература:***

1. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. / Под общей ред. Б.А. Калина. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. Том 6. Конструкционные материалы ядерной техники. / Б.А. Калин, П.А. Платонов, Ю.В. Тузов, И.И. Чернов, Я.И. Штромбах. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 736 с. Экземпляры: ХР(49), ЧЗ(1)
2. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. / Под общей ред. Б.А. Калина. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. Том 7. Ядерные топливные материалы. / В.Г. Баранов, Ю.Г. Годин, А.В. Тенишев, А.В. Хлунов, В.В. Новиков. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 640 с. Экземпляры: ХР(49), ЧЗ(1)

3. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. / Под общей ред. Б.А. Калина. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. Том 4. Радиационная физика твердого тела. Компьютерное моделирование / М.Г. Ганченкова, Е.Г. Григорьев, Б.А. Калинин, Г.И. Соловьев, А.Л. Удовский, В.Л. Якушин. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 624 с. Экземпляры: ХР(49), ЧЗ(1)

***б) дополнительная учебная литература:***

1. Соловьев С.П., Хмелевская В.С. Механические, коррозионные и радиационные свойства материалов для ядерных энергетических установок. Учебное пособие по курсу «Материалы ядерных энергетических установок», - Обнинск, ИАТЭ, 1991, 174 с. Экземпляры: ХР(49), ЧЗ(1)

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины**

<http://ibooks.ru/>

<http://e.lanbook.com/>

<http://www.biblio-online.ru/>

<http://kuperbook.biblioclub.ru>

<http://www.studentlibrary.ru>

<http://library.mephi.ru>

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

При подготовке к практическим занятиям рекомендуется проработать соответствующие темы лекционного курса, а также ознакомиться с литературой.

При изучении дисциплины рекомендуется особо обратить внимание на следующие вопросы:

1. Требования, предъявляемые к материалам ЯЭУ.
2. Перлитные стали и их место в реакторостроении.
3. Радиационные эффекты в реакторных материалах.
4. Алюминий и его место в реакторостроении.
5. Низкотемпературное радиационное охрупчивание.
6. Магний и его место в реакторостроении.
7. Жаропрочность и ее основные характеристики.
8. Цирконий и его место в реакторостроении.
9. Высокотемпературное радиационное охрупчивание.
10. Мартенситные стали и их место в реакторостроении.
11. Вакансионное распухание конструкционных материалов.
12. Аустенитные нержавеющие стали. Применение в реакторостроении.
13. Радиационный рост реакторных материалов.
14. Металлический уран. Его поведение при ЦТО.
15. Межкристаллитная коррозия.
16. Поведение урана и его сплавов под облучением.
17. Коррозионное растрескивание.
18. Сравнительный анализ топливных материалов.

19. Теплофизические свойства материалов и их влияние на работоспособность элементов ЯЭУ.
20. Графит и его место в атомной энергетике.
21. Коррозионная стойкость сплавов на основе Zr.
22. Диоксид урана и его свойства.
23. Ядерно-физические свойства материалов.
24. Тугоплавкие металлы и их место в реакторостроении.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

### ***10.1. Перечень информационных технологий***

- Консультирование посредством электронной почты.
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

### ***10.2. Перечень программного обеспечения***

- Программы, демонстрации видео материалов (проигрыватель «WindowsMediaPlayer»).
- Программы для демонстрации и создания презентаций («MicrosoftPowerPoint»).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

1. Аудиторный фонд института.
2. Библиотечный фонд института.
4. Лаборатория металлографического анализа.
5. Лаборатория термического анализа.
6. Лаборатория микроскопических исследований.

## **12. Иные сведения и (или) материалы**

### ***12.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине***

- Планомерная организация последовательности различных видов аудиторных занятий (лекций, практических занятий и лабораторных работ) в сочетании с внеаудиторной работой студента.
- При изложении всех разделов (тем) указание на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями.
- Систематические индивидуальные консультации.
- Стимулирование использования в процессе обучения компьютерной техники и

информационных технологий.

### ***12.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)***

Самостоятельная деятельность студента рассматривается как вид учебного труда, позволяющий целенаправленно формировать и развивать его самостоятельность как личностное качество. Самостоятельная работа студента организована в следующих формах:

- проработка учебного (теоретического) материала;
- подготовка к семинарам;
- подготовка ко всем видам текущего контроля ;
- подготовка к зачету.

Контроль самостоятельной работы осуществляется при проведении практических занятий, текущего контроля.

### ***12.3. Краткий терминологический словарь***

Программу составил:

\_\_\_\_\_ В.Г. Малынкин, доцент, к.ф.м.н., доцент

Рецензент:

\_\_\_\_\_ И.А. Антошина, доцент, к.ф.-м.н.