

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Физико-технологический институт  
Кафедра экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке

В.В. Кружаев

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> Приборы и методы экспериментальной физики	<b>Код ОП</b> 03.06.01
<b>Направление подготовки</b> Физика и астрономия	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 03.06.01
<b>Уровень подготовки</b> подготовка кадров высшей квалификации	
<b>ФГОС ВО</b> 03.06.01 Физика и астрономия	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> 30.07.2014 № 867 с изменениями и дополнениями от 30.04.2015 г. № 464

**СОГЛАСОВАНО**  
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ  
КАДРОВ ВЫСШЕЙ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург 2018

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Мильман Игорь Игорьевич	д-р физ.-мат. наук, доцент, ст.науч.сотрудник	профессор	кафедра экспериментальной физики	
2	Рябухин Олег Владимирович	канд. физ.-мат. наук, доцент	доцент	кафедра экспериментальной физики	

**Рекомендовано учебно-методическим советом физико-технологического института**

Председатель учебно-методического совета

В.В. Зверев

**Согласовано:**

Начальник УПКВК

М.Б. Семочкина

# **1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ РАДИАЦИОННАЯ ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА**

## **1.1 Аннотация содержания дисциплины**

Изучение дисциплины «Радиационная физика твердого тела» направлено на теоретическое и экспериментальное исследование процессов в кристаллических и аморфных, неорганических и органических веществах в твердом и жидком состояниях и исследование изменения их физических свойств при различных внешних радиационных воздействиях. Курс предполагает наличие у аспирантов знаний основ физики конденсированного состояния, ядерной физики и радиационной безопасности в объеме специалитета или магистерских программ высшего образования. Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данного курса, необходимы при подготовке и написании научно-квалификационной работы по направленности Приборы и методы экспериментальной физики.

## **1.2. Язык реализации дисциплины**

Реализуется на русском языке.

## **1.3 Планируемые результаты обучения по дисциплине**

Результатом обучения в рамках дисциплины является формирование у аспиранта следующих компетенций:

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
- способность разрабатывать новые принципы и методы измерений физических величин, основанных на современных достижениях в различных областях физики и позволяющих существенно увеличить точность, чувствительность и быстродействие измерений (ПК-2);
- способность исследовать фундаментальные ограничения на точность измерений (ПК-4);
- способность применять квантовую теорию измерений в исследовательской деятельности (ПК-5);
- способность разрабатывать методы математической обработки экспериментальных результатов, моделировать физические явления и процессы (ПК-6);
- способность совершенствовать технологии ядерно-физического эксперимента и экспериментов с использованием полей ионизирующих излучений и потоков ускоренных частиц (ПК-7);
- способность создавать и редактировать тексты научно-технического содержания, владеть иностранным языком при работе с научной литературой (ПК-11).

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

### Знать:

- физические свойства, явления и процессы, происходящие в металлах и сплавах, полупроводниках, неорганических и органических соединениях диэлектриков в зависимости от их облучения электромагнитным излучением разной энергии, а также быстрыми электронами, потоками тепловых, медленных и быстрых нейтронов;
- основы методов радиационной обработки неорганических, органических (в том числе биоорганических) материалов с целью создания заданных физико-химических свойств;

- основы радиационной устойчивости или деградации конструкционных материалов в производствах, использующих радиационные технологии.

Уметь:

- разрабатывать математические модели прогнозирования изменения физических и конструкционных свойств конденсированных веществ в зависимости от внешних условий их нахождения;
- развивать экспериментальные методы изучения физических свойств и физические основы промышленных технологий получения материалов с определенными свойствами при радиационной обработке;
- прогнозировать степень радиационной деградации функциональных и конструкционных материалов.

Иметь навыки:

- применения методов экспериментального исследования конденсированных веществ при (пост)радиационном воздействии на них различных видов корпускулярного и электромагнитного излучений различных флюенсов, в т.ч. и в случаях сочетанных воздействий.

### 1.4 Объем дисциплины

Очная форма обучения

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	5
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	0	0	0
4.	Лабораторные работы	0	0	0
5.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	100	0,6	100
6.	Промежуточная аттестация	Зачет	0,25	Зачет, 4 ч.
7.	Общий объем по учебному плану, час.	108	4,85	108
8.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
1	Раздел 1. Общие закономерности радиационного дефектообразования в твердых телах	Этапы процесса радиационного повреждения твердых тел. Определение энергии первично выбитого атома. Потенциалы взаимодействия. Сечение взаимодействия. Каскад столкновений. Образование и развитие каскада. Влияние эффектов фокусировки атомных столкновений и каналирования частиц в кристаллах на каскадную функцию. Атомные перестройки в каскаде. Энергетические потери движущихся частиц. Образование и отжиг точечных радиационных дефектов в твердых телах.
2	Раздел 2. Особенности взаимодействия различных видов ионизирующих излучений с конденсированными средами	Упругое и неупругое рассеяние заряженных частиц. Возбуждение и ионизация. Эффект аннигиляции. Черенковское и переходное излучения. Тормозное излучение. Расчет пробегов альфа частиц и электронов в веществе. Ядерные реакции под действием заряженных частиц, быстрых электронов, гамма-излучения. Формула Бете-Блоха. Эффект плотности. Потери энергии заряженных частиц на столкновениях. Взаимодействие твердых тел с ускоренными ионами - образование атомных смещений, пробеги ионов и профили их распределения в твердых телах, влияние эффекта каналирования. Правило Брэгга. Эффект теней (блокировки). Дефектообразование и трекообразование в твердых телах при воздействии высокоэнергетических ионов. Взаимодействие твердых тел с гамма-квантами, зависимость сечений взаимодействия от энергии и эффективного атомного номера мишени.
3	Раздел 3. Взаимодействие нейтронов с веществом	Взаимодействие нейтронов с веществом, классификация нейтронов по энергии. Упругое и неупругое рассеяние. Упругое резонансное рассеяние. Микроскопическое и макроскопическое сечения взаимодействия нейтронов с веществом. Длина релаксации. Использование нейтронных сечений. Замедление быстрых нейтронов. Радиационный захват, зависимость сечения захвата от энергии. Основные процессы взаимодействия нейтронов с биологической тканью. Формирование дозы в биологической ткани. Дозиметрия нейтронного излучения.
4	Раздел 4. Особенности взаимодействия быстрых электронов с веществом	Взаимодействие твердых тел с высокоэнергетическими электронами. Пороговые энергии ядерных реакций. Формирование поля вторичного излучения. Зависимость выхода фотонейтронов от энергии и атомного номера мишени. Особенности построения защиты на ускорителях электронов. Расчет флюенса электронного пучка и расчет поглощенной дозы, формируемой высокоэнергетическими электронами на мишени.

<p style="text-align: center;">5</p>	<p>Раздел 5. Радиационно-стимулированные и радиационно-индуцированные процессы в конденсированных средах</p>	<p>Радиационно-стимулированная диффузия. Ионное перемешивание и имплантация атомами отдачи. Эффект дальнего действия. Процессы сегрегации и сепарации компонентов сплавов. Термическая поверхностная и радиационно-индуцированная сегрегация. Радиационно-индуцированная сепарация атомов в сплавах. Радиационно-индуцированные и радиационно-стимулированные структурно-фазовые изменения в диэлектриках и металлах. Трансмутационные эффекты и ядерное легирование материалов. Радиационная электризация диэлектрических материалов. Радиационное распухание материалов - влияние температуры и дозы облучения, влияние скорости введения радиационных дефектов и типа бомбардирующих частиц, влияние дислокационной структуры и двумерных дефектов, влияние газовых примесей. Образование газовых пор в структуре облученного материала. Пути подавления радиационного распухания материалов. Влияние радиационного воздействия на прочность и пластичность твердых тел - механизмы радиационного упрочнения, зависимость радиационного упрочнения от дозы облучения, температуры. Восстановление свойств облученных материалов при пострadiационном отжиге. Радиационное охрупчивание. Радиационная ползучесть материалов. Распыление твердых тел при облучении. Ионное травление поверхности материала при распылении. Распыление материалов под действием нейтронов. Радиационный блистеринг, влияние на него дозы и температуры облучения, энергии бомбардирующих ионов, кристаллографической ориентации мишени. Особенности радиационно-стимулированных процессов в органических соединениях, биологической ткани и жидкостях.</p>
--------------------------------------	--	--

### 3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

#### 3.1 Распределение аудиторной нагрузки и мероприятий самостоятельной работы по разделам дисциплины для очной формы обучения мероприятия

Раздел дисциплины	Аудиторные занятия (час.)	Самостоятельная работа: виды, количество и объемы мероприятий																												
		Подготовка к аудиторным занятиям (час.)						Выполнение самостоятельных внеаудиторных работ (колич.)										Подготовка к контрольным мероприятиям текущей аттестации (колич.)			Подготовка к промежуточной аттестации (час.)		Подготовка в рамках дисциплины к промежуточной аттестации (час.)							
Кол. раздела, темы	Всего по разделу (час.)	Всего аудиторной работы (час.)			Всего самостоятельной работы аспирантов (час.)			Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар, занятие	Лабораторное занятие	Н/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум	Всего (час.)	Домашняя работа*	Графическая работа*	Реферат, эссе, творч. работа*	Проектная работа*	Расчетная работа, разработка лабораторной работы*	Расчетно-графическая работа*	Домашняя работа на иностр. языке*	Перевод инояз. литературы*	Курсовая работа*	Курсовой проект*	Всего (час.)	Контрольная работа*	Коллоквиум*	Зачет	Экзамен	Интегрированный экзамен по модулю	Проект по модулю
Наименование раздела, темы		Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Всего (час.)	Лекция	Практ., семинар, занятие																							
Раздел 1	20				20	20	20																							
Раздел 2	20				20	20	20																							
Раздел 3	24	2	2		20	20	20																							
Раздел 4	20				20	20	20																							
Раздел 5	20				20	20	20																							
<b>Всего (час), без учета промежуточной аттестации:</b>	<b>104</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>					
<b>Всего по дисциплине (час.):</b>	<b>108</b>	<b>4</b>			<b>104</b>																									
В т.ч. промежуточная аттестация																														
<b>4 0 0 0</b>																														

\*Суммарный объем в часах на мероприятие указывается в строке «Всего (час.) без учета промежуточной аттестации»

## **4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **4.1 Лабораторные работы**

Не предусмотрено

### **4.2 Практические занятия**

Не предусмотрено

### **4.3 Примерная тематика самостоятельной работы**

#### **4.3.1 Примерный перечень тем домашних работ**

Не предусмотрено.

#### **4.3.2 Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)**

Не предусмотрено

#### **4.3.3 Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов**

Не предусмотрено

#### **4.3.4. Примерная тематика контрольных работ**

Не предусмотрено

#### **4.3.5 Примерная тематика коллоквиумов**

Не предусмотрено



## 5 СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ, ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные методы обучения						Дистанционные образовательные технологии и электронное обучение					
	Проектная работа	Кейс-анализ	Деловые игры	Проблемное обучение	Командная работа	Дискуссия и публичные выступления	Сетевые учебные курсы	Виртуальные практикумы и тренажеры	Вебинары и видеоконференции	Асинхронные web-конференции и семинары	Совместная работа и разработка контента	Самостоятельное изучение ресурсов ЭБС
Раздел 1				*		*						
Раздел 2				*		*						
Раздел 3				*		*						
Раздел 4				*		*						
Раздел 5				*		*						

## 6 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение)

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Рекомендуемая литература

#### 7.1.1 Основная литература

1. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/277>. — Загл. с экрана.
2. Баранов, В.Ю. Изотопы: свойства, получение, применение. Т. 2 [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 728 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2104>. — Загл. с экрана.
3. Барсуков, О.А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии / О.А. Барсуков. - Москва : Физматлит, 2011. - 560 с. : ил., схем., табл. - (Фундаментальная и прикладная физика). - ISBN 978-5-9221-1306-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457408>

#### 7.1.2 Дополнительная литература

1. Лисицин В.М. Радиационная физика твердого тела: учебное пособие / В.М. Лисицин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 172 с. ISBN 5-98298-777-6.

2. Лисицын В.М. Радиационная физика твердого тела и радиационные технологии // Известия ТПУ. 2000. №1.С. 89-110.
3. Клиндер Ж.И., Лушик Ч.Б., Машовц Т.В., Холодарь Г.А., Шейнкман М. К., Эланго М. А. Создание дефектов в твердых телах при распаде электронных возбуждений // УФН, 1955, том 147, вып. 3. с. 523-558.
4. Бондаренко Г.Г. Радиационная физика, структура и прочность твердых тел: учебное пособие. – М.: Лаборатория знаний, 2016. – 462 с.
5. Алукер Э.Д. Воздействие ионизирующих излучений на вещество: Учеб. пособие. Ч.1. Основы ядерной физики и теории столкновения частиц / Э.Д. Алукер, И.М. Ободовский - Кемерово: КОЦМИ, 2000.- 195 с.
6. Эланго М.А. Элементарные неупругие радиационные процессы. – М.: Наука, 1988. – 196 с.
7. Машкович В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. 4-е Издание испр. и доп. М: Энергоатомиздат, 1995. - 496 с.
8. Воеводин В.Н., Неклюдов И.М. Эволюция структурно-фазового состояния и радиационная стойкость конструкционных материалов. Киев, Наукова думка. 2006, - 376 с.
9. Зеленский В.Ф., Неклюдов И.М., Черняева Т.П. Радиационные дефекты и набухание металлов. Киев: Наукова думка, 1988. – 296 с.
10. Беспалов В.И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом: Учеб. пособие. Томск.: Изд-во Томского политехнического университета. 2008. – 126 с.

## 7.2 Методические разработки

1. В.А. Пустоваров Люминесценция твердых тел и релаксация электронных возбуждений. Учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. -53 с. (На кафедре ЭФ – 25 экз.)
2. В.А. Пустоваров Термостимулированная люминесценция твердых тел. Учебное пособие, Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. 36 с. (На кафедре ЭФ – 25 экз.)
3. Физика твердого тела. Лабораторный практикум по курсу "Физика твердого тела" / В.А. Пустоваров. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2009. - 63 с. (На кафедре ЭФ – 40 экз.)
4. Пустоваров, В. А. Физика твердого тела / Учебно-методический комплекс. 2007.  
Режим доступа: [http://study.urfu.ru/view/Aid\\_view.aspx?AidId=2633](http://study.urfu.ru/view/Aid_view.aspx?AidId=2633)

## 7.3 Программное обеспечение

Пакет офисных приложений (Word, Excel, Outlook, PowerPoint).

## 7.4 Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Зональная научная библиотека <http://library.urfu.ru/>
2. Каталоги библиотеки <http://library.urfu.ru/about/department/catalog/rescatalog/>
3. Электронный каталог <http://library.urfu.ru/resources/ec/>
4. Ресурсы <http://library.urfu.ru/resources>
5. Поиск <http://library.urfu.ru/search;>
6. Электронные ресурсы по подписке УрФУ, например, база данных «Техэксперт».
7. Российская электронная научная библиотека. – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>
8. Поисковые системы публикаций отечественных и зарубежных научных изданий: <http://www.sciencedirect.com>, <http://www.ingentaconnect.com>

9. Пакет офисных приложений (Word, Excel, Outlook, PowerPoint).

### 7.5 Электронные образовательные ресурсы

Все студенты имеют полный доступ к перечисленным ресурсам, в т.ч. через авторизованный доступ из сети интернет:

1. Elsevier B.V. БД Reaxys. Договор № 1-3839832505 от 20.02.2013;
2. ООО «Первое Независимое Рейтинговое Агентство» ИПС FIRAPRO. Договор № 43-12/370-2013 от 23.05.2013;
3. EBSCO Industries, IncБД Business Source Complete. Договор № 624 от 02.07.2013;
4. EBSCO Industries, IncБД EBSCO Discovery Service. Договор № 625 от 02.07.2013;
5. Elsevier B.V. БД Freedom Collection. Договор № 1-4412061361 от 26.04.2013;
6. НП «НЭИКОН», БД компании Thomson Reuters, Web of Science в составе: БД Citation Index Expanded, БД Social Sciences Index, БД Art&Humanities Citation Index, Journal Citation Reports, Conference Proceedings Citation Index. Договор № 43-12/456-2013 от 12.07.2013;
7. ЗАО «КОНЭК», БД компании ProQuest, БД диссертаций ProQuest Didital Dissertations and Theses;
8. 9. БД ebrary компании ProQuest, БД Emerald Journals 95, Emerald eBooks Series, Emerald Engineering. Договор № 43-12/761-2013 от 12.09.2013;
9. EBSCO Industries, Inc, БД Inspec, БД Applied Science & Tech Source (upgrade CASC). Договор № 43-12/762-2013 от 30.08.2013;
10. ООО «Научная электронная библиотека» Система SCIENCEINDEX. Договор № 43-12/615-2013 от 01.08.2013;
11. ООО «Издательство Лань» ЭБС Лань. Договор № 43-12/808-2013 от 13.09.2013;
12. ООО «Директ-Медиа», ЭБС «Университетская библиотека онлайн». Договор № 167-07/13 от 13.09.2013;
13. НП «НЭИКОН» ЭР EBSCO Publishing. Договор № 43-12/1176-2013 от 02.12.2013;
14. НО БФ «Фонд содействия развитию УГТУ-УПИ» ООО Компания «Кодекс-Люкс» Договор № 68/1354 от 25.11.2013;
15. НП «НЭИКОН» БД Questel ORBIT. Договор № 43-12/1099-2013 от 06.11.2013;
16. НП «НЭИКОН» AP Nature Journals. Договор № 43-12/1354-2013 от 16.12.2013;
17. НП «НЭИКОН», ACS, Cambridge University Press. Договор № 43-12/1474-2013 от 15.11.2013
18. Elsevier B.V. БД Scopus. Договор № 1-5608083155 от 11.11.2013;
19. НП «НЭИКОН», БД JSTOR, БД АСМ. Договор № 43-12/1585-2013 от 25.12.2013;
20. НП «НЭИКОН», БД OXFORD REFERENCE ONLINE. Договор № 43-12/1586-2013 от 26.12.2013;
21. ООО «НЭИКОН», ООО «Ивис», ООО «Твинком», ООО «Интегрум Медиа». Договор № 43-12/1226-2013 от 01.11.2013.

## 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Аспиранты Физико-технологического института обеспечены специальными помещениями для проведения занятий лекционного и семинарского типа, а также проведения лабораторных и научно-исследовательских работ

№	Аудитория, место нахождения	Характеристика кабинета / аудитории и программного обеспечения
1.	ул.Мира, 21, Ф-136/137	Современная эргономичная мебель для студентов (на 10 человек)

		Компьютеры -2 Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus Дифрактометр рентгеновский X'Pert PRO MRD Дифрактометр рентгеновский Shimadzu XRD-7000S
2.	ул.Мира, 21, Ф-128	Современная эргономичная мебель для студентов (на 5 человек); Компьютер; Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus; Импульсный спектрометр электронного парамагнитного резонанса ELEXSYS E580 (BRUKER BIOSPIN)
3.	ул.Мира, 21, Ф-214	Центр параллельных вычислений Современная мебель для студентов (на 5 человек); Высокопроизводительный вычислительный кластер. - Управляющий узел: Двухпроцессорный двуядерный сервер Sun Fire X4200 M2 2x2216 в комплектации: 2 процессора Opteron 2216, 8 Гб оперативной памяти, 4 диска 146 Гб SAS; - Расчетные узлы: 9 двухпроцессорных двуядерных серверов Sun Fire X4100 M2 2x2216 в комплектации: 2 процессора Opteron 2216, 4 Гб оперативной памяти, 2 диска 73 Гб SAS; 12 двухпроцессорных узлов HP ProLiant DL 145 G2 (Opteron 2 ГГц). Каждый узел содержит 1 Гб оперативной памяти и жесткий диск 80 Гб; - Тип расчетной сети: Gigabit Ethernet; - Операционная система: Rocks Cluster Distribution 4.2.1; - Коммуникационная библиотека: Интерфейс Передачи Сообщений MPICH2; - Система управления очередью заданий: Sun Grid Engine; - Компиляторы: GNU C/C++, Fortran 77, 90; - Библиотеки: ACML, BLACS и ScaLapack.
4.	ул.Мира, 21, Ф-264	Учебно-научная лаборатория физики твердого тела Автоматизированные лабораторные стенды с источниками возбуждающего излучения: стенд для измерения рентгенолюминесценции материалов, стенд для измерения фотолюминесценции материалов, стенд для исследования оптического поглощения материалов, стенд для исследования термостимулированной люминесценции материалов
5.	ул.Мира, 21, Ф-275-277	Научно-исследовательская лаборатория спектроскопических измерений Поверочный стенд, экспериментальная установка для исследования радиационно-оптических свойств твердых тел
6.	ул.Мира, 21, Ф-164	Научно-исследовательская лаборатория высокотемпературных воздействий Стенд высокотемпературных воздействий на материалы «Плазмотрон»
7.	ул.Мира, 21, Ф-174	Учебно-научный инновационно-внедренческий центр радиационной модификации свойств материалов Линейный ускоритель электронов, конвейер для подачи материалов в зону облучения, аппаратура радиационного контроля

8.	ул.Мира, 21, Ф-052	Учебно-научная мессбауэровская лаборатория Мессбауровский спектрометр высокого скоростного разрешения, компьютер, контрольно-измерительная аппаратура
9.	ул.Мира, 21, Ф-437	Компьютерная и мультимедийная аудитория Интерактивная доска, Проектор и экран, 15 компьютеров Intel Core i3.
10.	ул.Мира, 21, Ф-405	Лабораторная аудитория Учебно-лабораторный стенд по аналоговой и цифровой электронике National Instruments, Осциллограф OWON, Генератор Tektronik
11.	ул.Мира, 21, Ф-366	Лаборатория отжига материалов Высокотемпературная вакуумная печь
12.	ул.Мира, 21, Ф-318	Специализированная аудитория ИКЛ спектрометр КЛАВИ, Установка термолюминесценции, ОСЛ спектрометр
13.	ул.Мира, 21, Ф-258	Лаборатория спектроскопии Спектрометр оптического поглощения LAMBDA-35, Оптический спектрометр LS-55, УФ спектрометр высокого разрешения.
14.	ул.Мира, 21 Ф-314	Лаборатория рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии Рентгеновской фотоэлектронный спектрометр PHI 5000 VersaProbe.
15.	ул.Мира, 21, Ф-349	Современная эргономичная мебель для студентов (на 40 чел.); Компьютер; Мультимедийный проектор; Выдвижной настенный экран; Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader,
16.	ул.Мира, 21, Ф-372	Современная эргономичная мебель для студентов (на 60 человек); Компьютер; Мультимедийный проектор; Выдвижной настенный экран; Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus
17.	ул.Мира, 21, Ф-350	Компьютерный класс Современная мебель для студентов (на 12 человек); Компьютер (14 ед.); Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus, Маркерная доска
18.	ул.Мира, 21, Ф-345 – Ф-347	Учебная лаборатория спектрометрии Стенды, оснащенные контрольно-измерительной аппаратурой, спектрометрами, компьютеры с лицензионным ПО (8 стендов)
19.	ул.Мира, 21, Ф-355	Учебная лаборатория физических полей Стенды, оснащенные контрольно-измерительной аппаратурой, источниками физических полей различной природы (6 стендов)
20.	ул.Мира, 21, Ф-362	Научно-исследовательская лаборатория электроники рентгеновских приборов Источники ионизирующих излучений, контрольно-измерительная аппаратура, спектрометры, компьютеры
21.	ул.Мира, 21,	Учебная лаборатория прикладной ядерной физики

	Ф-246	Лабораторные ядерно-физические стенды, контрольно-измерительная аппаратура, компьютеры (8 стендов)
22.	ул.Мира, 21, Ф-248	Учебная лаборатория дозиметрии Источники ионизирующих излучений, детекторы ионизирующих излучений, дозиметры, радиометры (6 стендов)
23.	ул.Мира, 21, Ф-264	Учебно-научная лаборатория физики твердого тела Автоматизированные лабораторные стенды с источниками возбуждающего излучения, монохроматорами, регистрирующей аппаратурой, устройства получения вакуума и приборы его измерения (4 стенда)
24.	ул.Мира, 21, Ф-263	Вузовско-академическая радоновая лаборатория Стенд для поверки радонметров, радон-монитор «Alpha-Guard», компьютер
25.	ул.Мира, 21, Ф-275-277	Научно-исследовательская лаборатория спектроскопических измерений Поверочный стенд, экспериментальная установка для исследования радиационно-оптических свойств твердых тел
26.	ул.Мира, 21, Ф-149-151	Научно-исследовательская лаборатория электроники рентгеновских приборов Источники ионизирующих излучений, места монтажников радио-измерительной аппаратуры, контрольно-измерительная аппаратура, рентгенофлуоресцентные анализаторы состава вещества, компьютеры
27.	ул.Мира, 21, Ф-164	Научно-исследовательская лаборатория высокотемпературных воздействий Стенд высокотемпературных воздействий «Плазмотрон»
28.	ул.Мира, 21, Ф-165	Учебная лаборатория электронных ускорителей Импульсный ускоритель электронов, контрольно-измерительная аппаратура, вакуумная техника
29.	ул.Мира, 21, Ф-174	Учебно-научный инновационно-внедренческий центр радиационной модификации свойств материалов Линейный ускоритель электронов, конвейер для подачи материалов в зону облучения, аппаратура радиационного контроля
30.	ул.Мира, 21, Ф-052	Учебно-научная мессбауэровская лаборатория Мессбауровский спектрометр высокого скоростного разрешения, компьютер, контрольно-измерительная аппаратура
31.	ул.Мира, 21, Ф-014	Библиотека кафедры экспериментальной физики Литература, современная эргономичная мебель для студентов

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**9.1 КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ  
МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ**

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

<b>Компоненты компетенций</b>	<b>Признаки уровня освоения компонентов компетенций</b>		
	<b>пороговый</b>	<b>повышенный</b>	<b>высокий</b>
<b>Знания</b>	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## **9.2 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**9.1 Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине в рамках БРС**

Не используется.

**9.2 Критерии оценивания результатов промежуточной аттестации при использовании независимого тестового контроля**

Не используется.

**9.3 Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации**

**9.2.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий**

Не предусмотрено

**9.2.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**

Не предусмотрено

**9.2.3. Примерные контрольные кейсы**

Не предусмотрено

**9.2.4. Перечень примерных вопросов для зачета**

Не предусмотрено

**9.2.5. Перечень примерных вопросов для подготовки к аттестации по дисциплине**

1. Этапы процесса радиационной повреждаемости твердых тел.
2. Определение энергии первично выбитого атома.
3. Потенциалы взаимодействия.
4. Сечение взаимодействия.
5. Каскад столкновений. Образование и развитие каскада. Структура каскада. Атомные перестройки в каскаде
6. Влияние эффектов фокусировки атомных столкновений и каналирования частиц в кристаллах на каскадную функцию.
7. Энергетические потери движущихся частиц.
8. Образование и отжиг точечных радиационных дефектов в твердых телах.
9. Взаимодействие нейтронов с твердыми телами.
10. Взаимодействие ускоренных ионов с твердыми телами.
11. Эффект теней (блокировки).
12. Дефектообразование и трекообразование в твердых телах при воздействии высокоэнергетических ионов.
13. Взаимодействие высокоэнергетических электронов с твердыми телами.



14. Взаимодействие гамма-квантов с твердыми телами.
15. Радиационно-стимулированная диффузия.
16. Ионное перемешивание и имплантация атомами отдачи.
17. Эффект дальнего действия в облученных твердых телах.
18. Радиационно-индуцированная сегрегация.
19. Радиационно-индуцированные и радиационно-стимулированные структурно-фазовые изменения в сплавах.
20. Трансмутационные эффекты и ядерное (трансмутационное) легирование материалов.
21. Радиационное набухание материалов и влияние на него различных факторов.
22. Влияние радиационного воздействия на прочность и пластичность твердых тел, зависимость радиационного упрочнения от различных факторов, механизмы радиационного упрочнения.
23. Низкотемпературное и высокотемпературное радиационное охрупчивание .
24. Радиационная ползучесть материалов.
25. Расчет поглощенной дозы электронного пучка на мишени.
26. Черенковское излучение, тормозное излучение – в чем состоит физика происхождения.
27. Методы регистрации нейтронного излучения.
28. Методы регистрации заряженных частиц.
29. Методы регистрации гамма-излучения излучения.
30. Образование и отжиг точечных радиационных дефектов в твердых телах.
31. Этапы процесса радиационной повреждаемости твердых тел. Определение энергии первично выбитого атома. Потенциалы взаимодействия. Сечение взаимодействия. Каскад столкновений. Образование и развитие каскада. Влияние эффектов фокусировки атомных столкновений и каналирования частиц в кристаллах на каскадную функцию. Структура каскада. Атомные перестройки в каскаде. Энергетические потери движущихся частиц.