

**Белорусский государственный университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям

О.Н. Здрок

«30» июня 2021 г.

Регистрационный № 9800/уч.



**ЛАБОРАТОРИЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ  
(РАДИАЦИОННОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ)**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности**

**1-31 04 06 Ядерные физика и технологии**

Минск 2021

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 06-2013 и учебного плана № G-31-142/уч. от 30.05.2013 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

**В.В. Углов**, заведующий кафедрой физики твердого тела Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

**В. Г. Шепелевич**, профессор кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

**С.А. Максименко**, директор НИУ "Институт ядерных проблем" Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой физики твердого тела  
физического факультета Белорусского государственного университета  
(протокол № 12 от 12.05.2021);

Советом физического факультета  
(протокол № 11 от 24.06.2021)

Заведующий кафедрой  Углов В.В.

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Лаборатория специализации (Радиационное материаловедение)» разработана для специальности 1-31 04 06 Ядерные физика и технологии в соответствии с требованиями образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 06-2013 специальности 1-31 04 06 Ядерные физика и технологии, введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 №88.

### **Цель и задачи учебной дисциплины**

**Цель** учебной дисциплины – ознакомление студентов с основными методами измерения физических свойств и параметров структуры металлов, их изменения при легировании и термической обработки, формирования структуры при облучении.

Интенсивно развивающиеся отрасли науки и техники напрямую связаны с созданием новых металлических материалов, которые определяются их химическим составом, структурой, физическими свойствами, а также их взаимосвязью и изменением при термической обработке, радиационном воздействии. Без достаточно глубокого понимания состояния структуры невозможно полноценно использовать свойства материалов. Изучение влияния легирования, термической обработки и радиационного воздействия необходимо для тех, кто изучает, разрабатывает и использует материалы в самых разнообразных отраслях техники – в машиностроении, ядерной технике, материаловедении, электротехнике, космическом материаловедении и т.д.

**Задача** учебной дисциплины - дать представления о методах измерения физических свойств, изменения физических свойств и структуры при легировании, термической обработке и облучении.

Важной задачей является формирование у студентов навыков самостоятельной исследовательской работы, умения применять полученные научные результаты при создании новых и совершенствования имеющихся функциональных материалов.

В учебной дисциплине выполняются лабораторные работы по определению структуры металлов и сплавов. Экспериментально изучается влияние легирования и термической обработки на структуру реальных металлов и сплавов, а также распределение компонентов в сплавах.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к **циклу** дисциплин специализаций компонента учреждения высшего образования.

**Связи** с другими учебными дисциплинами: дисциплина необходима для изучения методов контроля в курсе «Физика твердого тела», «Фазовые превращения в металлах».

Взаимосвязь учебной дисциплины «Лаборатория специализации (Радиационное материаловедение)» с учебной дисциплиной «Фазовые превращения в металлах» и состоит в использовании и развитии знаний,

изложенных в темах по изучению диаграмм состояния сплавов, кристаллического строения сплавов и зависимости термодинамических функций от параметров сплавов. Знания, полученные при изучении учебной дисциплины «Фазовые превращения в металлах» (зародышеобразование новой фазы, рост новой фазы, кинетика фазовых превращений, формирование дисперсных выделений, формирование структуры при кристаллизации) будут использованы в учебной дисциплине «Структурно-фазовые превращения при облучении».

В результате выполнения лабораторного практикума студенты должны:

**знать:**

- основные представления о методах измерения параметров структуры и структурных превращений металлов;
- представления о влиянии легирования, термической обработки на структуру;
- представления о формировании структуры материалов при радиационном воздействии;

**уметь:**

- применять экспериментальные методы измерения параметров структуры и структурных превращений в металлах;
- анализировать структуру и структурные и фазовые превращения в металлах;
- осуществлять выбор методов исследования сплавов, в которых происходят структурно-фазовые превращения;
- уметь работать самостоятельно и повышать профессиональный уровень;

**владеть:**

- методами определения параметров структуры металлов;
- методами получения монокристаллов;
- методами расчета изменений в структуре при радиационном воздействии;
- навыками использования приборов для анализа структуры;
- навыками по подготовке шлифов для анализа структуры.

### **Требования к компетенциям**

Освоение учебной дисциплины «Лаборатория специализации (Радиационное материаловедение)» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций.

**Академические компетенции:**

АК-1. Уметь применять базовые научно-технические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой компьютером.

АК-8. Иметь лингвистические навыки (устная и письменная коммуникация).

**Социально-личностные компетенции:**

СЛК-1. Владеть качествами гражданственности.

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Владеть способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-4. Владеть навыками здорового образа жизни.

**Профессиональные компетенции:**

ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ ядерной физики и ядерных технологий, ядерно-физических методов исследования, методов измерения физических величин, методов автоматизации эксперимента, методов планирования, организации и ведения научно-производственной, научно-педагогической, производственно-технической, опытно-конструкторской работы в области ядерно-физических технологий и атомной энергетики.

ПК-5. Применять полученные знания фундаментальных положений физики, экспериментальных, теоретических и компьютерных методов исследования, планирования, организации и ведения научно-технической работы.

ПК-9. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

ПК-12. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиями, проектам и решениям.

**Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 7 семестре дневной формы получения высшего образования. Всего на изучение учебной дисциплины «Лаборатория специализации (Радиационное материаловедение)» отведено 106 часов, в том числе 60 аудиторных часа, из них: лабораторные занятия - 60 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма итоговой аттестации – зачет.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **Тема 1. Определение объемной доли фазы в сплаве планиметрическим методом и точечным методом.**

Работа состоит в освоении планиметрического и точечного методов определения объемной доли фазы в сплаве. В инструкции приведено описание метода и тренажера для количественного определения объемной доли фазы в сплаве. Обработка результатов измерения проводится с использованием математической статистики.

### **Тема 2. Определение параметров сплавов методом случайных секущих.**

Работа состоит в освоении метода случайных секущих для объемной доли фаз сплава и величины удельной поверхности межфазной границы. В инструкции приведено описание метода и тренажера для количественного определения объемной доли фаз и удельной поверхности межфазной границы. Обработка результатов измерения проводится с использованием математической статистики.

### **Тема 3. Изучение структуры и определение содержания углерода в сталях.**

Работа заключается в изучении диаграммы состояния сплавов системы Fe – Fe<sub>3</sub>C, ознакомлении с устройством работы оптического микроскопа, приобретении навыков работы с микроскопом, изготовления шлифов, освоении металлографического метода определения фаз и концентрации углерода в сталях.

### **Тема 4. Построение диаграммы состояния сплавов по кривым охлаждения.**

Работа состоит в изучении метода построения диаграмм состояния по кривым охлаждения и применении его для построения диаграммы состояния сплавов системы сплавов свинец – олово.

### **Тема 5. Изучение фазовых превращений дифференциальным термическим методом.**

Работа состоит в изучении фазовых превращений в металлах и определении температуры полиморфного превращения в кобальте при нагреве и охлаждении.

### **Тема 6. Выращивание монокристаллов.**

Работа заключается в ознакомлении методов выращивания монокристаллов и освоении метода Бриджмена для выращивания монокристалла висмута.

### **Тема 7. Расчет концентрации радиационных дефектов.**

Работа заключается в изучении взаимодействия заряженных частиц с веществом и радиационного дефектообразования в конструкционных материалах ядерных реакторов, а также освоении работы в программе TRIM/SRIM.

#### **Тема 8. Радиационно-ускоренная диффузия.**

Работа заключается в изучении радиационных дефектов, расчете их концентрации и коэффициентов диффузии, а также определении влияния облучения на ускорение диффузионных процессов в твердых телах.

#### **Тема 9. Радиационно-индуцированная сегрегация.**

Работа заключается в изучении явления и механизмов радиационно-индуцированной сегрегации в материалах, а также влияния режимов облучения (скорости набора дозы, температуры, размерного эффекта и др.) на протекание радиационно-индуцированной сегрегации.

#### **Тема 10. Радиационное порообразование.**

Работа заключается в изучении закономерностей порообразования, рассмотрении теории зарождения пор и роста пузырей, определения влияния скорости дозы и температуры облучения, напряжений в материале, а также сегрегаций на процесс распухания.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСР	Литература	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	<b>Определение объемной доли фазы в сплаве планиметрическим методом и точечным методом</b>				6		[1,2, 5,7]	Устный опрос, дискуссия
2	<b>Определение параметров сплавов методом случайных секущих</b>				6		[1,2, 5,7]	Устный опрос, дискуссия
3	<b>Изучение структуры и определение содержания углерода в сталях.</b>				6		[1,2, 5,7]	Устный опрос, дискуссия
4	<b>Построение диаграммы состояния сплавов по кривым охлаждения.</b>				6		[1,2, 5-7]	Устный опрос, дискуссия
5	<b>Изучение фазовых превращений дифференциальным термическим методом.</b>				6		[2,4, 5-7]	Устный опрос, дискуссия
6	<b>Выращивание монокристаллов</b>				6		[2,4, 5-7]	Устный опрос, дискуссия
7	<b>Расчет концентрации радиационных дефектов</b>				6		[8,9]	Устный опрос, дискуссия
8	<b>Радиационно-ускоренная диффузия</b>				6		[8,9]	Устный опрос, дискуссия

9	<b>Радиационно-индуцированная сегрегация</b>				6		[8,9]	Устный опрос, дискуссия
10	<b>Радиационное порообразование</b>				6		[8,9]	Устный опрос, дискуссия, защита письменных отчетов по лабораторным работам
	<b>ИТОГО</b>				<b>60</b>			

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. Шепелевич В.Г. Сборник задач по физике металлов и металловедению. Мн.: Технология, 2000.
2. В.Г. Шепелевич. Физика металлов и металловедение. Лабораторный практикум для студентов, обучающихся по специальности 1-31 04 01 «Физика по направлениям)». Минск, БГУ, 2012, №001605112012 от 05.11.2012.
3. В.Г. Шепелевич. Физика металлов и металловедение. Лабораторный практикум: учеб. пособие. Минск, Вышэйшая школа, 2012, 166 с.
4. Чернов И.И., Углов В.В. Конструкционные и функциональные материалы ядерных энергетических установок: учебное пособие/ - Минск: Вышэйшая школа, 2021. – 239 с.
5. Углов В.В., Шепелевич В.Г. Современные функциональные материалы. Пособие. - Минск.: БГУ, 2020. – 263 с.
6. Шепелевич В.Г. Задачи и тесты по физике для учащихся и абитуриентов. Мн. Экоперспектива, 2019.

### Перечень дополнительной литературы

7. А.П. Гуляев. Металловедение. М.: Металлургия. 1986, 544 с.
8. И.И. Новиков. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия. 1978, 392 с.
9. К.С. Чернявский. Стереология в металловедении. М.: Металлургия, 1977. 280 с.
10. В.Г. Шепелевич. Структурно-фазовые превращения в металлах. Мн.: 2007. 167 с.

### Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования оценки текущей успеваемости

Формой текущей аттестации по дисциплине «Лаборатория специализации (Радиационное материаловедение)» учебным планом предусмотрен зачет.

Текущий контроль знаний по дисциплине проводится во время лабораторных занятий.

Оценка текущей успеваемости по дисциплине в семестре находится как средневзвешенное из оценок, полученных за выполнение каждой из лабораторных работ.

В случае неявки на лабораторные работы по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить их в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки, либо не

явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой занятие может быть проведено повторно.

Отчеты по лабораторным работам проводятся в форме устного опроса. Вопросы формулируются в форме, подразумевающей не только краткий ответ, но и возможность краткого обоснования данного ответа. Каждая работа оценивается по десятибалльной системе.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все лабораторные работы с представлением письменных отчетов и защитившие отчеты по лабораторным работам на удовлетворительные оценки.

### **Примерная тематика лабораторных занятий**

Занятие 1. Определение объемной доли фазы в сплаве планиметрическим методом и точечным методом.

Занятие 2. Определение параметров сплавов методом случайных секущих.

Занятие 3. Изучение структуры и определение содержания углерода в сталях.

Занятие 4. Построение диаграммы состояния сплавов по кривым охлаждения.

Занятие 5. Изучение фазовых превращений дифференциальным термическим методом.

Занятие 6. Выращивание монокристаллов.

Занятие 7. Расчет концентрации радиационных дефектов.

Занятие 8. Радиационно-ускоренная диффузия.

Занятие 9. Радиационно-индуцированная сегрегация.

Занятие 10. Радиационное порообразование.

### **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса *используются методы и приемы развития критического мышления*, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией. Формой реализации метода может выступать подготовка устных сообщений по вопросам, связанным с элементами симметрии кристаллических многогранников, простыми формами кристаллов, диаграммами состояния и их назначением, основными типами диаграмм состояния бинарных сплавов, теоретическое рассмотрение которых проходит в процессе лекционных занятий.

Применяется *метод учебной дискуссии*, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Реализацию метода рекомендуется осуществлять во время представления кратких сообщений студентов, организовав дискуссию обучающихся. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания

изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

Основными направлениями самостоятельной работы студента являются:

- подробное ознакомление с программой учебной дисциплины;
- ознакомление со списком рекомендуемой литературы по дисциплине в целом и ее разделам;
- изучение специальной литературы, в частности, современных научных публикаций по изучаемым тематикам;
- подготовка к зачету.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Методы исследования структуры материалов	Кафедра физики твердого тела	нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 12 от 12.05.2021 г.)
Радиационные эффекты в твердых телах	Кафедра физики твердого тела	нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 12 от 12.05.2021 г.)
Фазовые превращения в металлах	Кафедра физики твердого тела	нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 12 от 12.05.2021 г.)

