

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям
О.Н. Здрок
«06» января 2022 г.
Регистрационный № УД – 10453/уч.

**ЛАБОРАТОРИЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ
(НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ)**

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

1-31 04 06 Ядерные физика и технологии

Минск, 2022

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 06-2013, утвержденного 30.08.2013 №88 и учебных планов № G-31-142/уч., № G-31-175/уч. от 30.05.2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

В.М. Анищик – профессор кафедры 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;

Ю.А. Данилович – доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук.

РЕЦЕНЗЕНТ:

Ф.Ф. Комаров — заведующий лабораторией элионики Научно-исследовательского учреждения «Институт прикладных физических проблем им. А.Н. Севченко» БГУ, академик НАНБ, доктор физико-математических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики твердого тела физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 6 от 09.12.2021 г.)

Советом физического факультета Белорусского государственного университета
(протокол № 6 от 23.12.2021 г.)

Заведующий кафедрой



В.В. Углов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины Лаборатория специализации (Неразрушающий контроль) разработана для специальности 1-31 04 06 Ядерные физика и технологии.

Цель и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – практическое овладение некоторыми методами исследования структуры и неразрушающего контроля металлов.

Современные отрасли науки и техники напрямую связаны с созданием новых металлических материалов, которые определяются их химическим составом, структурой, физическими свойствами. Изучение влияния легирования, внешних воздействий на физические свойства и структуру необходимо для специалистов, которые разрабатывают и используют материалы в самых разнообразных отраслях техники – в машиностроении, ядерной технике, металлвоведении, электротехнике, космическом материаловедении и т.д.

Задачей учебной дисциплины является формирование у студентов навыков самостоятельной исследовательской работы, умения применять полученные научные результаты при создании новых и совершенствовании имеющихся функциональных материалов.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

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

Материал дисциплины основан на знаниях и представлениях, полученных при изучении следующих дисциплин: «Физика твердого тела», «Фазовые превращения в металлах», «Физические свойства металлов», «Методы исследования структуры материалов», «Физика неразрушающего контроля (часть 1)».

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- методы измерения физических и механических свойств металлов;

уметь:

- осуществлять выбор методов измерения физических и механических свойств сплавов;

- анализировать структурно-фазовые превращения и их влияние на физические и механические свойства металлов;

владеть:

- навыками по подготовке образцов для измерения физических свойств металлов;

- навыками использования приборов при определении физических и механических свойств.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Лаборатория специализации (Неразрушающий контроль)» 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. Обладать качествами гражданственности.

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать 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 8 семестре дневной формы получения высшего образования. Всего на изучение учебной дисциплины «Лаборатория специализации (Неразрушающий контроль)» отведено 120 часов, в том числе 78 аудиторных часа, из них: лабораторные занятия – 78 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма итоговой аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Определение среднего размера зерна.

Работа состоит в освоении металлографического метода определения среднего размера зерна поликристалла. Построение распределения хорд случайных секущих по размерным группам.

Тема 2. Определение удельной поверхности границ зерен.

В работе изучается и применяется металлографический метод определения удельной поверхности границ зерен. Проводится определение плотности линейных границ зерен.

Тема 3. Электросопротивление сплавов.

Работа состоит в освоении метода удельного электросопротивления металлов и изучении влияния легирующих элементов на удельное электросопротивление меди. В инструкции приведено описание метода измерения удельного электросопротивления.

Тема 4. Термоэлектрические явления.

Работа заключается в освоении метода измерения дифференциальной термо-эдс. Изучается влияние легирования на термоэлектрические свойства висмута. Приобретаются навыки работы по измерению дифференциальной термо-эдс и расчету коэффициента Пельтье и химического потенциала сплавов висмут – теллур.

Тема 5. Теоретический расчет рентгенограммы поликристаллов.

Работа состоит в освоении методики расчета углового положения и интегральной интенсивности дифракционных линий поликристаллических материалов и сравнении с экспериментальными данными.

Тема 6. Качественный фазовый анализ.

Работа заключается в определении экспериментальных значений межплоскостных расстояний металлов и их сопоставлении с табличными значениями для установления фазового состава поликристаллических образцов.

Тема 7. Определение размеров элементарной ячейки.

В работе определяются параметры решетки кубического кристалла по дифракционным линиям, полученным в прецизионной области углов.

Тема 8. Определение типа твердых растворов.

На основании измерения параметра решетки определяется число частиц в элементарной ячейке и определяется тип твердого раствора.

Тема 9. Изучение волокнистых текстур с помощью обратных полюсных фигур.

Для построения обратных полюсных фигур рассчитывается полюсная плотность и определяется преимущественная кристаллографическая ориентировка кристаллов после пластической деформации.

Тема 10. Определение размеров областей когерентного рассеяния.

Работа заключается в определении интегральной интенсивности дифракционных линий поликристаллических образцов и по эффекту экстинкции рассчитываются размеры областей когерентного рассеяния.

Тема 11. Вихретоковый контроль.

Работа заключается в определении макродефектов в металлических образцах с помощью метода вихретокового контроля.

Тема 12. Контроль герметичности.

Работа состоит в нахождении течей в элементах металлических конструкций с помощью метода контроля герметичности.

Тема 13. Вибродиагностика.

В работе предлагается изучить методы неразрушающего контроля металлических материалов на основе вибродиагностики.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Определение среднего размера зерна				6			Устный опрос, дискуссия
2	Определение удельной поверхности границ зерен.				6			Устный опрос, дискуссия
3	Электросопротивление сплавов.				6			Устный опрос, дискуссия
4	Термоэлектрические явления.				6			Устный опрос, дискуссия
5	Теоретический расчет рентгенограммы поликристаллов.				6			Устный опрос, дискуссия
6	Качественный фазовый анализ.				6			Устный опрос, дискуссия
7	Определение размеров элементарной ячейки.				6			Устный опрос, дискуссия
8	Определение типа твердых растворов.				6			Устный опрос, дискуссия
9	Изучение волокнистых текстур с помощью обратных полюсных фигур.				6			Устный опрос, дискуссия
10	Определение размеров областей когерентного рассеяния.				6			Устный опрос, дискуссия
11	Вихретоковый контроль.				6			Устный опрос, дискуссия
12	Контроль герметичности.				6			Устный опрос, дискуссия
13	Вибродиагностика.				6			Устный опрос, дискуссия, защита письмен-

								ных отчетов по лабораторным работам
	ИТОГО				78			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. В.М. Драко, В.И. Прокошин В.Г. Шепелевич. Фононные и электронные процессы в кристаллах. Минск: БГУ, 2011. 215 с.
2. В.Г. Шепелевич. Структурно-фазовые превращения в металлах. Мн.: 2021. 204 с.
3. А.П. Гуляев. Металловедение. М.: Metallurgia. 1986, 544 с.
4. И.И. Новиков. Теория термической обработки металлов. М.: Metallurgia. 1978, 392 с.
5. В.Г. Шепелевич. Физика металлов и металловедение. Лабораторный практикум: учеб. пособие. Минск, Вышэйшая школа, 2012, 166 с.
6. В.М. Анищик, В.В. Понарядов, В.В. Углов. Дифракционный анализ. Минск: «Вышэйшая школа», 2011. – 215 с.
7. А.А. Русаков. Рентгенография металлов. М. «Атомиздат», 1977. – 480 с.
8. С.С. Горелик, Ю.А. Скаков, Л.Н. Расторгуев. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. М.: «МИСИС», 2002. – 360 с.
9. Федосенко Ю.К., Шкатов П.Н., Ефимов А.Г. Вихретоковый контроль: учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Ключева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 224 с.
10. Евлампиев А. И., Попов Е. Д., Сажин С. Г., Сумкин П. С. Течеискание: учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Ключева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 208 с.
11. Зусман Г.В., Барков А.В. Вибродиагностика: учебное пособие/ под общ. ред. В. В. Ключева. М.: Изд. дом «Спектр», 2011. – 216 с.

Перечень дополнительной литературы

1. В.Г. Шепелевич. Задачи и тесты по физике металлов и металловедению. Пособие. Минск: БГУ. 134 с.
2. Неразрушающий контроль. Справочник. В 8 т. Под общ. ред. В. В. Ключева. – М.: Машиностроение, 2003-2005.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования оценки

Формой текущей аттестации по дисциплине «Лаборатория специализации (Неразрушающий контроль)» 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.

Рекомендуемые разделы для устного опроса

1. Упругие модули твердых тел.
2. Динамический ультразвуковой метод измерения модулей упругости.
3. Распространение упругих волн в кристаллах.
4. Удельное электросопротивление металлов.
5. Метод измерения удельного электросопротивления.
6. Связь диаграмм состояния и диаграмм свойства – состав.
7. Правило Маттиссена.
8. Определение термоэлектрических коэффициентов и связь между ними.
9. Объясните физическую природу эффектов Зеебека, Пельтье и Томсона.
10. Применение термоэлектрических эффектов в технике.
11. Опишите методику измерения дифференциальной термо-эдс.
12. Причина появления ферромагнетизма.
13. Опишите основную кривую намагничивания.
14. Методики измерения намагниченности насыщения и коэрцитивной силы.
20. В чем состоит природа теплового расширения твердых тел?
21. Опишите устройство дилатометра.
22. Сформулируйте первое и второе правила Грюнайзена.
23. Назовите материалы с низким значением коэффициента теплового расширения.
24. Множители интенсивности поликристаллов: структурный множитель, тепловой множитель, фактор Лоренца, атомный множитель.
25. Соотношение Вульфа-Брэггов.
26. Индексирование рентгенограмм кубических кристаллов.
27. определение параметра решетки кубических кристаллов по известным межплоскостным расстояниям.

28. Типы твердых растворов.
29. Изменение положений дифракционных максимумов кубических кристаллов при формировании твердых растворов.
30. Понятие области когерентного рассеяния.
31. Определение размера области когерентного рассеяния кристалла по уширению дифракционной линии.
32. Изменение размера области когерентного рассеяния при облучении.
33. Контроль герметичности.
34. Понятие о методах неразрушающего контроля.
35. Дефекты, обнаруживаемые с помощью вихретокового контроля.
36. Параметры материала и условий проведения контроля на результаты вихретокового контроля.
37. Способы контроля герметичности объектов.
38. Нахождение течей в конструкциях с помощью течеискателей.
39. Чувствительность различных методов контроля герметичности.
40. Использование вибродиагностики при неразрушающем контроле.
41. Классификация дефектов по их расположению.
42. Способы оценки местоположения дефектов подшипников качения.

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 изучением влияния легирования, внешних воздействий на физические свойства и структуру, теоретическое рассмотрение которых проходит в процессе лекционных занятий.

Желательным является применение *метода 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 по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Физические свойства металлов	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 7 от 23.12.2021 г.)
Методы исследования структуры материалов	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 7 от 23.12.2021 г.)
Физика неразрушающего контроля (часть 1)	Кафедра физики твердого тела	Оставить содержание учебной дисциплины без изменения	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 7 от 23.12.2021 г.)

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО
на ____/____ учебный год

№ № ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой
физики твердого тела
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.В. Углов

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
к.ф.-м.н., доцент

_____ М.С. Тиванов