

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

15 июля 2024 г.

Регистрационный № УД -13297/уч.



ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебная программа учреждения образования
по учебной дисциплине для специальности

1-31 04 06 Ядерные физика и технологии

2024 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 06-2021 специальности 1-31 04 06 Ядерные физика и технологии, типового учебного плана, регистрационный № G31-1-023/пр-тип. от 19.05.2021, учебных планов: № G31-1-021/уч. от 25.05.2021, № G31-1-011/уч. ин. от 31.05.2021, № G31-1-229/уч. от 22.03.2022.

СОСТАВИТЕЛИ:

В.М.Анищик — профессор кафедры физики твердого тела и нанотехнологий Белорусского государственного университета, доктор физико-математических наук, профессор.

Н.И.Поляк — доцент кафедры физики твердого тела и нанотехнологий Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

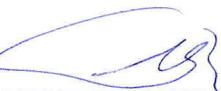
В.А.Пилипенко — заместитель директора по научному развитию государственного центра «Белмикроанализ», доктор технических наук, член-корреспондент НАН Беларуси, профессор;

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики твердого тела и нанотехнологий
физического факультета БГУ
(протокол № 10 от 04.06.2024);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 9 от 28.06.2024)

Заведующий кафедрой



В.В.Углов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Физическое материаловедение» разработана для обучающихся по специальности 1-31 04 06 Ядерные физика и технологии.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – получить студентам базовые знания о строении и структуре различного класса материалов, о закономерностях изменения их свойств при различных внешних воздействиях, научить студентов решать инженерные задачи в областях физики твердого тела и теплофизики, а также самостоятельной работе с технической литературой, справочниками, стандартами и ГОСТами.

В учебной дисциплине рассматриваются основные понятия о строении твердых тел, формирование структуры металлов и сплавов при кристаллизации, диаграммы состояния сплавов, изучаются закономерности изменения свойств материалов при различных внешних воздействиях (облучении, деформации, температуре), изучаются диффузионные процессы в твердых телах. Особое внимание уделяется рассмотрению изменения физических и механических свойств при воздействии радиационных потоков.

Задачей учебной дисциплины является усвоение и практическое применение теоретических понятий, моделей и данных, используемых при выборе конструкционных материалов в современной технике.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием

Учебная дисциплина относится к модулю «Материалы ядерной техники» компонента учреждения образования.

Связи с другими учебными дисциплинами: дисциплина основана на знаниях и представлениях, заложенных в учебных дисциплинах «Введение в специализацию», «Термодинамика и статистическая физика»; необходима для изучения структуры материалов и изменения их свойств при облучении в учебных дисциплинах «Материалы ядерной техники», «Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом», «Физика ядерных реакторов»; проходит совместно с дисциплиной «Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом», которая включает в себя выполнение лабораторных работ по соответствующей тематике.

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Физическое материаловедение» должно обеспечить формирование следующей **специализированной компетенции:**

СК. Использовать базовые принципы формирования комплекса свойств материалов ядерной техники и их поведения в условиях радиационного облучения для решения общих материаловедческих задач эксплуатации АЭС.

В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:
знать:

- основную классификацию современных материалов, физические основы строения твердых тел;
- связь между составом, структурой и свойствами металлических материалов;
- физико-механические свойства, экспериментальные характеристики конструкционных материалов;

уметь:

- осуществлять выбор материала для создания конкретных изделий энергетических установок с учетом современных требований;
- применять знания физико-химических основ технологических процессов при разработке материалов с необходимым набором свойств;

владеть:

- пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, научно-технической и патентной литературой;
- осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям и проектам;
- организовывать свой собственный труд и взаимодействие с другими исполнителями;
- взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина «Физическое материаловедение» изучается в седьмом семестре. Всего на изучение учебной дисциплины отведено:

- в очной форме получения высшего образования: 108 часов, в том числе 52 аудиторных часа, из них: лекции – 34 часа, семинарские занятия – 12 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Симметрия кристаллических многогранников.

Элементы симметрии конечных фигур. Теоремы о взаимодействии элементов симметрии. Вывод 32 видов симметрии. Сингонии, категории сингоний. Кристаллографические проекции. Стереографические проекции элементов симметрии кристаллических многогранников.

Тема 2. Симметрия кристаллов.

Установка кристаллов. Кристаллографические символы. Решетки Бравэ. Элементы симметрии бесконечных фигур. Пространственные группы симметрии. Понятие обратной решетки.

Тема 3. Элементы кристаллохимии. Симметрия физических свойств кристаллов.

Атомные и ионные радиусы. Координационное число. Основные структурные типы.

Тема 4. Структура реальных кристаллов

Виды дефектов, их классификация. Точечные дефекты. Линейные дефекты. Объемные дефекты. Взаимодействие дефектов между собой и с примесями. Образование дефектов при закалке и пластической деформации. Радиационные дефекты.

Тема 5. Дислокации в кристаллах.

5.1. Типы дислокаций. Контур и вектор Бюргерса. Движение дислокаций (скольжение, переползание).

5.2. Упругие свойства дислокаций. Поле напряжений вокруг дислокаций. Энергия дислокаций. Сила, действующая на дислокацию. Взаимодействие параллельных дислокаций.

5.3. Дефекты упаковки. Частичные дислокации Шокли, Франка. Дисклинации. Геометрия дисклинаций. Упругие поля и энергия петель дисклинаций.

5.4. Размножение дислокаций при пластической деформации. Источник Франка-Рида. Три стадии деформационного упрочнения кристаллов. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Образование атмосфер Коттрелла, Сузуки, Снука.

Тема 6. Сплавы. Диаграммы состояния.

Фазы в сплавах. Твердые растворы. Химические соединения. Диаграммы состояния сплавов, образующих ограниченные твердые растворы, образующих неограниченные твердые растворы, образующих химические соединения. Диаграммы состояния, строение и свойства сплавов. Диаграммы состояния тройных сплавов.

Тема 7. Железоуглеродистые сплавы. Закалка. Отжиг.

Диаграмма состояния железо-углерод. Компоненты и фазы в системе железо-углерод. Термическая и химикотермическая обработка сталей. Фазовые превращения в сплавах железа. Классификация и маркировка сталей.

Тема 8. Материалы, используемые в машиностроении и атомной энергетике.

8.1. Конструкционные стали и сплавы.

8.2. Инструментальные и износостойкие материалы.

8.3. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы. Тугоплавкие металлы и их сплавы.

8.4. Цветные металлы и сплавы.

Тема 9. Неметаллические материалы. Пластмассы. Резина. Керамики.

Классификация неметаллических материалов. Полимеры, их строение и свойства. Пластмассы и их виды. Синтетические эластомеры, каучук, резина, способы их получения. Структура и механические свойства конструкционных керамик, их применение. Силикатные материалы, стекла и другие неметаллические материалы. Клеящие и лакокрасочные материалы.

Тема 10. Современные функциональные материалы.

Нанокристаллические материалы, новые углеродные материалы, их получение и свойства, свойства и практическое применение. Конструкционные материалы с ультрамелким зерном. Особенности дефектной структуры наноматериалов и способы их описания. Композиционные материалы и их классификация. Металлические, углерод-углеродные и керамические композиционные материалы.

Тема 11. Физические методы исследования материалов.

Физические и ядерно-физические методы исследования свойств материалов. Дифракционные методы исследования структуры материалов. Методы исследования механических свойств.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний	
		Лекции	Лекции (ДОТ)	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия			Иное
1	2	3		4	5	6	7	8	9
1	Симметрия кристаллических многогранников.	2			4				Письменный отчет, устный опрос
2	Симметрия кристаллов.	2							
3	Элементы кристаллохимии. Симметрия физических свойств кристаллов.	2							
4	Структура реальных кристаллов	2							
5	Дислокации в кристаллах.	8							
	5.1. Типы дислокаций. Контур и вектор Бюргерса. Движение дислокаций (скольжение, переползание).	2							
	5.2. Упругие свойства дислокаций. Поле напряжений вокруг дислокаций. Энергия дислокаций. Сила, действующая на дислокацию. Взаимодействие параллельных дислокаций.	2							
	5.3. Дефекты упаковки. Частичные дислокации Шокли, Франка. Дисклинации. Геометрия дисклинаций. Упругие поля и энергия петель	2							

	дисциплин.								
	5.4. Размножение дислокаций при пластической деформации. Источник Франка-Рида. Три стадии деформационного упрочнения кристаллов. Взаимодействие дислокаций с точечными дефектами. Образование атмосфер Коттрелла, Сузуки, Снука.	2						2	Контрольная работа № 1 по темам 1-5
6	Сплавы. Диаграммы состояния.	2			8				Письменный отчет, устный опрос
7	Железоуглеродистые сплавы. Закалка. Отжиг.	2							
8	Материалы, используемые в машиностроении и атомной энергетике.	8							
	8.1. Конструкционные стали и сплавы.	2							
	8.2. Инструментальные и износостойкие материалы.	2							
	8.3. Жаростойкие и жаропрочные металлы и сплавы. Тугоплавкие металлы и их сплавы.	2							
	8.4. Цветные металлы и сплавы.	2						2	Контрольная работа № 2 по темам 6-8
9	Неметаллические материалы. Пластмассы. Резина. Керамики.	2							
10	Современные функциональные материалы.	2							Учебная дискуссия
11	Физические методы исследования материалов.	2						2	Контрольная работа № 3 по темам 9-11
	Всего	34			12			6	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Сироткин, О. С. Основы материаловедения : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки в области техники и технологии / О. С. Сироткин. - Москва : КНОРУС, 2021. – 261 с.
2. Анищик, В. М. Кристаллография и дефекты в кристаллах. Лабораторный практикум : пособие для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по специальностям 1-31 04 01 "Физика (по направлениям)", 1-31 04 06 "Ядерная физика и технологии" / В. М. Анищик, Н. И. Поляк, В. В. Ходасевич ; БГУ. – Минск : БГУ, 2021. – 119 с. – URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/295361>.
3. Шепелевич, В. Г. Практикум по физике металлов и материаловедению : пособие для студентов учреждения высшего образования, обучающихся по специальности "Ядерная физика и технология" / В. Г. Шепелевич ; БГУ. - Минск : БГУ, 2022. – 255 с. – URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/295993>.

Перечень дополнительной литературы

1. Физическое материаловедение: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности "Физика (по направлениям)": в 3 ч. / А. К. Федотов. Физика твердого тела. Ч. 1. – Минск: Вышэйшая школа, 2010. – 399 с.
2. Физическое материаловедение: учебное пособие для студентов высших учебных заведений по специальности "Физика (по направлениям)": в 3 ч. / А. К. Федотов. - Минск: Вышэйшая школа. Фазовые превращения в металлах и сплавах. Ч. 2. – 2012. – 446 с.
3. Физическое материаловедение: учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 3. Материалы энергетики и энергосбережения / А. К. Федотов, В. М. Анищик, М. С. Тиванов. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 463 с.
4. Арзамасов Б.Н. Материаловедение: Учеб. для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2008. – 648 с.
5. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. М.: Высш. шк. 2001. – 640 с.
6. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. / Новиков И.И. М.: Металлургия. 1986. – 290 с.
7. Фистуль В.И. Новые материалы (состояние, проблемы и перспективы): Учебное пособие для вузов. / Фистуль В.И. М.: МИСИС. 1995. – 142 с.
8. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. / Гусев А.И. М.: Физматлит. 2005. – 301 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Объектом диагностики компетенций студентов являются знания, умения и навыки, полученные ими в процессе изучения учебной дисциплины.

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущей аттестации: контрольная работа, письменный отчет, устный опрос, дискуссия.

Контрольные работы проводятся в письменном виде. Каждое задание включает в себя 10 вопросов (задач), на выполнение которых отводится 90 минут. По согласованию с преподавателем при выполнении работы студенты могут пользоваться калькуляторами и справочными пособиями. Отметка за контрольную работу учитывает полноту ответа на поставленные вопросы, получение итогового ответа при решении расчетных задач.

В случае пропуска контрольного мероприятия возможность выделения дополнительного времени на выполнение данных заданий определяется кафедрой, обеспечивающей преподавание данной дисциплины. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем отработать пропущенное занятие в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные отметки за контрольные работы, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие может быть проведено повторно, до сессии.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Физическое материаловедение» учебным планом предусмотрен **зачет**.

Студент допускается к сдаче зачета по дисциплине при условии выполнения всех контрольных мероприятий (трех контрольных работ) и получении по каждой из них положительной отметки (4 балла и выше).

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Управляемая самостоятельная работа проводится в виде выполнения контрольных работ.

На выполнение каждой контрольной работы отводится 90 минут, выполненная работа оценивается по десятибалльной системе.

Контрольная работа № 1 выполняется по теме 1 “Симметрия кристаллических многогранников”, теме 2 “Симметрия кристаллов”, теме 3 “Элементы кристаллохимии. Симметрия физических свойств кристаллов”, теме 4 “Структура реальных кристаллов” и теме 5 “Дислокации в кристаллах”.

Примерный перечень вопросов:

- элементы симметрии конечных фигур;
- кристаллографические проекции;
- решетки Бравэ;
- элементы симметрии бесконечных фигур;
- пространственные группы симметрии;
- симметрия физических свойств кристаллов;
- виды дефектов, их классификация, свойства.

Контрольная работа № 2 выполняется по теме 6 “Сплавы. Диаграммы состояния”, теме 7 “Железоуглеродистые сплавы. Закалка. Отжиг” и теме 8 “Материалы, используемые в машиностроении и атомной энергетике”.

Примерный перечень вопросов:

- диаграммы состояния, строение и свойства сплавов;
- диаграмма состояния железо-углерод;
- классификация и маркировка сталей;
- инструментальные и износостойкие материалы;
- жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы;
- тугоплавкие металлы и их сплавы.

Контрольная работа № 3 выполняется по теме 9 “Неметаллические материалы. Пластмассы. Резина. Керамики”, теме 10 “Современные функциональные материалы” и теме 11 “Физические методы исследования материалов”.

Примерный перечень вопросов:

- классификация неметаллических материалов;
- современные функциональные материалы, их получение, свойства и практическое применение;
- методы исследования структуры и свойств материалов.

Примерная тематика семинарских занятий

В рамках семинарских занятий (12 ч) студент выполняет задания по следующим темам учебной дисциплины: тема 1 “Симметрия кристаллических многогранников” (4 ч) и тема 6 “Сплавы. Диаграммы состояния” (8 ч).

Примерный перечень заданий по теме 1:

- решение кристаллографических задач с помощью сетки Вульфа;
- построение стандартных проекций кристаллов.

Форма контроля – письменный отчет, устный опрос.

Примерный перечень заданий по теме 6:

изучение диаграмм состояний бинарных сплавов, их типов, включая:

- установление фазового состава сплава при различных температурах;
 - выбор режимов термообработки сплавов;
 - анализ диаграмм состояния предложенной системы.
- Форма контроля - письменный отчет, устный опрос.

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; понимании информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления. Формой реализации метода может выступать подготовка кратких сообщений по вопросам, связанным с экспериментальными методами нахождения дефектов в технических объектах, теоретическое рассмотрение которых происходит в процессе лекционных занятий.

Желательным является применение *метода учебной дискуссии* в теме 10 “Современные функциональные материалы”, 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, а также в ходе самих лекций. 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 темам;
- изучение и расширение лекционного материала преподавателя за счет специальной литературы, в частности, современных научных публикаций по изучаемым тематикам;
- подготовка устных выступлений по тематикам лекционных занятий;
- подготовка к зачету.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Элементы кристаллографии и кристаллофизики.

2. Типы связей в кристаллах. Принцип плотнейшей упаковки. Типичные структуры металлических кристаллов.
3. Полиморфизм. Строение неметаллических материалов.
4. Виды дефектов, их классификация. Точечные дефекты. Линейные дефекты. Объемные дефекты.
5. Образование дефектов при закалке и пластической деформации. Радиационные дефекты.
6. Фазы в сплавах. Твердые растворы. Химические соединения.
7. Диаграммы состояния сплавов, образующих: ограниченные твердые растворы; неограниченные твердые растворы; химические соединения.
8. Диаграммы состояния, строение и свойства сплавов.
9. Диаграммы состояния тройных сплавов.
10. Диаграмма состояния железо-углерод. Компоненты и фазы в системе железо-углерод.
11. Термическая и химикотермическая обработка сталей.
12. Фазовые превращения в сплавах железа. Классификация и маркировка сталей.
13. Конструкционные стали и сплавы. Инструментальные материалы.
14. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы. Тугоплавкие металлы и их сплавы.
15. Цветные металлы и сплавы.
16. Характеристика механических свойств.
17. Механизмы пластической деформации. Деформационное упрочнение. Ползучесть.
18. Механизмы разрушения металлических кристаллов. Изнашивание и износостойкость материалов.
19. Методы повышения механических параметров материалов.
20. Классификация неметаллических материалов.
21. Полимеры, их строение и свойства. Пластмассы и их виды. Синтетические эластомеры, каучук, резина, способы их получения.
22. Структура и механические свойства конструкционных керамик, их применение. Силикатные материалы, стекла и другие неметаллические материалы. Клеящие и лакокрасочные материалы.
23. Нанокристаллические материалы, новые углеродные материалы, их получение и свойства, свойства и практическое применение.
24. Конструкционные материалы с ультрамелким зерном. Особенности дефектной структуры наноматериалов и способы их описания.
25. Композиционные материалы и их классификация. Металлические, углерод-углеродные и керамические композиционные материалы.
26. Физические и ядерно-Физические методы исследования свойств материалов. Дифракционные методы исследования структуры материалов.
27. Методы исследования механических свойств.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

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)
Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом	Кафедра физики твердого тела и нанотехнологий	нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 10 от 04.06.2024)

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



В.В. Углов

04.06.2024

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
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 и нанотехнологий
д.ф.-м.н., профессор

_____ В.В. Углов

УТВЕРЖДАЮ

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

_____ М.С. Тиванов