

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

15 июля 2024 г.

Регистрационный № УД -13296/уч.



ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Учебная программа учреждения образования
по учебной дисциплине для специальности

1-31 04 01 Физика (по направлениям)

Направления специальности:

1-31 04 01-02 Физика (производственная деятельность)

2024 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 01-2021 специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям), учебных планов БГУ: № G31-1-027/уч. от 25.05.2021, № G31-1-028/уч. от 31.05.2021, № G31-1-012/уч. ин. от 31.05.2021, № G31-1-013/уч. ин. от 31.05.2021, № G31-1-224/уч. от 22.03.2022, № G31-1-225/уч.-СИБД 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 «Белмикрoанализ», 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 направлению специальности 1-31 04 01-02 «Физика (производственная деятельность)».

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 программе 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.

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** «Физическое материаловедение» компонента учреждения образования.

Связи с другими учебными дисциплинами: дисциплина основана на знаниях и представлениях, заложенных в учебной дисциплине «Введение в специализацию»; необходима для совместно изучаемой дисциплины «Методы исследования материалов», в которой рассматриваются современные физико-химические методы исследования структуры, свойств материалов и которая включает в себя выполнение лабораторных работ по изучаемым методам.

Требования к компетенциям

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

СК. Использовать в научно-технической и научно-исследовательской деятельности базовые положения физического материаловедения и основные методы исследования материалов.

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:

- основными принципами выбора материалов для конкретных условий эксплуатации в энергетике с учетом их элементного и фазового состава, физико-механических свойств;
- 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 углубленного высшего образования: 92 часа, в том числе 46 аудиторных часов, из них: лекции – 28 часов, лабораторные занятия – 16 часов, управляемая самостоятельная работа – 2 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – экзамен.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Атомно-кристаллическое строение твердых тел.

Элементы кристаллографии и кристаллофизики. Типы связей в кристаллах. Принцип плотнейшей упаковки. Типичные структуры металлических кристаллов. Полиморфизм. Строение неметаллических материалов.

Тема 2. Дефекты в кристаллах.

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 3. Диффузия в твердых телах.

Механизмы диффузии. Энергия активации диффузии. Факторы, влияющие на коэффициент диффузии. Диффузия в материалах с ГЦК и ОЦК решетками. Диффузия в сплавах. Методы определения коэффициента диффузии.

Тема 4. Кристаллизация.

Термодинамические основы, механизмы и кинетика кристаллизации. Параметры кристаллизации. Число центров кристаллизации. Скорость роста центров. Кристаллизация сплавов. Выращивание монокристаллов. Структура литых металлов.

Тема 5. 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 6. 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 7. Материалы, используемые в машиностроении и атомной энергетике.

7.1. Конструкционные стали и сплавы.

7.2. Инструментальные материалы.

7.3. Тугоплавкие металлы и их сплавы.

7.4. Жаростойкие и жаропрочные металлы и сплавы.

7.5. Цветные металлы и сплавы.

Тема 8. 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 9. 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 10. 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	Атомно-кристаллическое строение твердых тел.	2							
2	Дефекты в кристаллах.	2							
3	Диффузия в твердых телах.	2							
4	Кристаллизация.	2							
5	Сплавы. Диаграммы состояния.	2				11			Защита отчетов по лабораторным работам
6	Железоуглеродистые сплавы. Закалка. Отжиг.	2							
7	Материалы, используемые в машиностроении и атомной энергетике.	10							
	7.1. Конструкционные стали и сплавы.	2							
	7.2. Инструментальные материалы.	2							
	7.4. Тугоплавкие металлы и их сплавы.	2							
	7.3. Жаростойкие и жаропрочные металлы и сплавы.	2							
	7.5. Цветные металлы и сплавы.	2							

8	Неметаллические материалы. Пластмассы. Резина. Керамики.	2							
9	Современные функциональные материалы.	2							Учебная дискуссия
10	Методы исследования материалов.	2				5		2	Защита отчета по лабораторной работе Контрольная работа по темам 1-10
	ИТОГО	28				16		2	

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, полученные ими в результате изучения учебной дисциплины. Выявление учебных достижений студентов осуществляется с помощью мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации.

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущего контроля: защита отчета по лабораторной работе, контрольная работа, дискуссия.

Защита отчетов по лабораторным работам проводится в устной форме и оценивается по десятибалльной шкале. Для получения положительной отметки по лабораторным работам отметка по каждому отчету должна быть не менее 4 (четырёх) баллов.

Контрольная работа проводится в письменном виде и 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 контрольное мероприятие, 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 **экзамен**.

Студент допускается к сдаче экзамена по дисциплине при условии выполнения лабораторных работ, контрольной работы и получении по ним не менее 4 (четырёх) баллов.

При формировании итоговой отметки текущей аттестации берется среднеарифметическая величина отметок по всем контрольным мероприятиям по учебной дисциплине.

Итоговая отметка по дисциплине рассчитывается на основе итоговой отметки текущей аттестации и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффициентов. Вес отметки по итоговой текущей аттестации составляет 30 %, экзаменационной отметки – 70 %.

Примерный перечень заданий для

управляемой самостоятельной работы студентов

Управляемая самостоятельная работа проводится в виде выполнения контрольной работы по итогу изучения всех тем учебной дисциплины.

Примерный перечень вопросов:

- элементы кристаллографии и кристаллофизики;
- типы связей в кристаллах;
- типичные структуры металлических кристаллов;
- строение неметаллических материалов;
- виды дефектов, их классификация;
- диффузия в сплавах;
- термодинамические основы, механизмы и кинетика кристаллизации;
- диаграммы состояния, строение и свойства сплавов;
- компоненты и фазы в системе железо-углерод;
- классификация и маркировка сталей;
- конструкционные стали и сплавы;
- тугоплавкие металлы и их сплавы;
- жаростойкие и жаропрочные металлы и сплавы;
- цветные металлы и сплавы;
- классификация неметаллических материалов;
- нанокристаллические материалы, новые углеродные материалы, их получение и свойства, практическое применение;
- композиционные материалы и их классификация;
- металлические, углерод-углеродные и керамические композиционные материалы.

Примерная тематика лабораторных занятий

Лабораторная работа 1. Решение кристаллографических задач с помощью сетки Вульфа.

Лабораторная работа 2. Построение стандартных проекций кристаллов.

Лабораторная работа 3. Изучение диаграмм состояний бинарных сплавов.

Лабораторная работа 4. Изучение диаграммы состояния системы Ti-Cu.

Лабораторная работа 5. Определение пороговой энергии смещения атомов в металлах.

Лабораторная работа 6. Определение плотности дислокаций по эффекту экстинкции.

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; понимания

информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления. Формой реализации метода может выступать подготовка кратких сообщений по вопросам, связанным с изучением материалов, используемых в машиностроении и атомной энергетике, экспериментальными методами исследования их физических свойств, теоретическое рассмотрение которых проходит в процессе лекционных занятий..

Желательным является применение *метода учебной дискуссии* в теме 9 “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 к контрольным работам;
- подготовка отчетов к лабораторным работам;
- подготовка к экзамену.

Примерный перечень вопросов к экзамену

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. Взаимодействие дефектов между собой и с примесями.
5. Образование дефектов при закалке и пластической деформации. Радиационные дефекты.

6. Механизм диффузии. Энергия активации диффузии. Факторы, влияющие на коэффициент диффузии.
7. Диффузия в материалах с ГЦК и ОЦК решетками. Диффузия в сплавах. Методы определения коэффициента диффузии.
8. Термодинамические основы, механизмы и кинетика кристаллизации.
9. Параметры кристаллизации. Число центров кристаллизации. Скорость роста центров.
10. Кристаллизация сплавов. Выращивание монокристаллов. Структура литых металлов.
11. Фазы в сплавах. Твердые растворы. Химические соединения.
12. Диаграммы состояния сплавов, образующих ограниченные твердые растворы, образующих неограниченные твердые растворы, образующих химические соединения.
13. Диаграммы состояния, строение и свойства сплавов.
14. Диаграммы состояния тройных сплавов.
15. Диаграмма состояния железо-углерод. Компоненты и фазы в системе железо-углерод.
16. Термическая и химикотермическая обработка сталей.
17. Фазовые превращения в сплавах железа. Классификация и маркировка сталей.
18. Конструкционные стали и сплавы. Инструментальные материалы.
19. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы. Износостойкие стали и сплавы.
20. Тугоплавкие металлы и их сплавы. Цветные металлы и сплавы.
21. Характеристика механических свойств.
22. Механизмы пластической деформации. Деформационное упрочнение. Ползучесть.
23. Механизмы разрушения металлических кристаллов. Изнашивание и износостойкость материалов.
24. Методы повышения механических параметров материалов.
25. Классификация неметаллических материалов.
26. Полимеры, их строение и свойства. Пластмассы и их виды. Синтетические эластомеры, каучук, резина, способы их получения.
27. Структура и механические свойства конструкционных керамик, их применение. Силикатные материалы, стекла и другие неметаллические материалы. Клеящие и лакокрасочные материалы.
28. Нанокристаллические материалы, новые углеродные материалы, их получение и свойства, свойства и практическое применение.
29. Конструкционные материалы с ультрамелким зерном. Особенности дефектной структуры наноматериалов и способы их описания.
30. Композиционные материалы и их классификация. Металлические, углерод-углеродные и керамические композиционные материалы.

31. Физические и ядерно-Физические методы исследования свойств материалов. Дифракционные методы исследования структуры материалов.
32. 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)
Методы исследования материалов	Кафедра физики твердого тела и нанотехнологий	нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 10 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