

Белорусский государственный университет

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
и образовательным инновациям

О.Н. Здрок

«30» июня 2020 г.

Регистрационный № УД- 9614 /уч.



ФИЗИЧЕСКОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

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

1-31 04 06 Ядерные физика и технологии

Минск 2020

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

СОСТАВИТЕЛИ:

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

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

В. И. Шиманский — доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

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

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой физики твердого тела физического факультета
Белорусского государственного университета
(протокол № 14 от 15.06.2020 г.);

Научно-методическим Советом БГУ
(протокол № 5 от 17.06.2020 г.)

Заведующий кафедрой _____



В.В. Углов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

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

Цель 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 учебном курсе 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 циклу дисциплин специализаций компонента учреждения высшего 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 изучении следующих дисциплин: «Материалы ядерной техники», «Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом», «Физика ядерных реакторов».

Изучение дисциплины «Физическое материаловедение» проходит совместно с дисциплиной «Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом», которая включает в себя выполнение лабораторных работ по соответствующей тематике.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

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 атомной энергетике с учетом их элементного и фазового состава, физико-механических свойств.

Требования к компетенциям

Программа учебной дисциплины составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта ОСВО 1-31 04 01-2013 *специальности 1-31 04 06 Ядерные физика и технологии*, введенного в действие постановлением Министерства образования Республики Беларусь от 30.08.2013 №88.

Освоение учебной дисциплины «Физическое 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-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

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 энергетике.

ПК – 3. Пользоваться компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

ПК-4. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

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

ПК-6. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологий, оборудование и аппаратуру в исследовательской, научно-педагогической и производственной деятельности.

ПК-9. Пользоваться глобальными информационными ресурсами.

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

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 7-ом семестре дневной формы получения высшего образования. Всего на изучение учебной дисциплины «Физическое материаловедение» отведено 114 часов, в том числе 48 аудиторных часов, из них: лекции – 22 часа, лабораторные работы – 24 часа, управляемая самостоятельная работа – 2 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма итоговой 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. 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 4. 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 5. Материалы, используемые в машиностроении и атомной энергетике.

5.1. Конструкционные стали и сплавы.

5.2. Инструментальные и износостойкие материалы.

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

5.4. Цветные металлы и сплавы.

Тема 6. 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 конструктивных керамик, их применение. Силикатные материалы, стекла и другие неметаллические материалы. Клеящие и лакокрасочные материалы.

Тема 7. 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 8. 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

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Атомно-кристаллическое строение твердых тел.	2			12			Устный опрос, дискуссия, отчеты по лабораторным работам
2	Дефекты в кристаллах.	2						Устный опрос, дискуссия
3	Сплавы. Диаграммы состояния.	2			12			Устный опрос, дискуссия, отчеты по лабораторным работам
4	Железоуглеродистые сплавы. Закалка. Отжиг.	2						Устный опрос, дискуссия
5	Материалы, используемые в машиностроении и атомной энергетике.	8						
	5.1. Конструкционные стали и сплавы.	2						Устный опрос, дискуссия
	5.2. Инструментальные и износостойкие материалы.	2						Устный опрос, дискуссия
	5.3. Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы. Тугоплавкие металлы и их сплавы.	2						Устный опрос, дискуссия
	5.4. Цветные металлы и сплавы.	2						Устный опрос, дискуссия

6	Неметаллические материалы. Пластмассы. Резина. Керамики.	2						Устный опрос, дискуссия
7	Современные функциональные материалы.	2						Устный опрос, дискуссия
8	Физические методы исследования материалов.	2					2	Устный опрос, дискуссия, контрольная работа по темам 1-8
	ИТОГО	22			24		2	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. 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.
3. Фетисов Г.П. Материаловедение и технология металлов / Г.П. Фетисов, М.Г. Карпман, В.М. Матюнин и др. М.: Высш. шк. 2001. 640 с.
4. Ван Флек Л. Теоретическое и прикладное материаловедение. / Ван Флек Л. М.: Атомиздат. 1975. 230 с.
5. Лахтин Ю.М. Материаловедение: Учебник для вузов. / Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. М.: Машиностроение. 1990. 526 с.
7. Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. / Новиков И.И. М.: Металлургия. 1986. 290 с.
8. Фистуль В.И. Новые материалы (состояние, проблемы и перспективы): Учебное пособие для вузов. / Фистуль В.И. М.: МИСИС. 1995. 142 с.
9. Костин П.П. Физико-механические испытания металлов, сплавов и неметаллических материалов. / Костин П.П. М.: Машиностроение. 1990. 256 с.
10. Виноградов В.В., Виноградов А.В., Морозов М.И., Румянцева В.И., Румянцева В.И. Физико-химические методы исследования материалов. Учебно-методическое пособие. - СПб: Университет ИТМО, 2019. - 72 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Дриц М.Е. Технология конструкционных материалов и материаловедение. / Дриц М.Е., Москалев М.А. М.: Высш. шк. 1990. 320 с.
2. Металловедение и термическая обработка стали. Справочник. Т.1, Т.2, Т.3. М.: Металлургия, 1983.
3. Кнорозов Б.В. Технология металлов и материаловедение /Б.В. Кнорозов, Л.Ф. Усова, А.В. Третьяков и др. М.: Металлургия. 1987. 245 с.
4. Конструкционные материалы: Справочник. / Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. М: Машиностроение. 1990. 688 с.
5. Композиционные материалы: Справочник. / Под ред. Д.М. Каршиноса. Киев: Наукова думка. 1985. 592с.
7. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. / Гусев А.И. М.: Физматлит. 2005. 301 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования рейтинговой оценки

Формой текущей аттестации по дисциплине «Физическое материаловедение» учебным планом предусмотрен экзамен.

При формировании оценки текущей успеваемости студента используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения.

Текущий контроль знаний по дисциплине проводится во время лекций, лабораторных занятий и по итогам управляемой самостоятельной работы.

Оценка текущей успеваемости (T) по дисциплине в семестре складывается из оценки за выполнение контрольной работы (T_{KP}) и оценки, полученной за выполнение цикла лабораторных работ по дисциплине «Физическое материаловедение» (T_L):

$$T = 0,5 \cdot T_{KP} + 0,5 \cdot T_L$$

Контрольное мероприятие проводится в соответствии с учебно-методической картой дисциплины. На выполнение контрольной работы отводится 90 минут, выполненная работа оценивается по десятибалльной системе. В случае неявки на контрольное мероприятие по уважительной причине студент вправе по согласованию с преподавателем выполнить его в дополнительное время. Для студентов, получивших неудовлетворительные оценки за контрольное мероприятие, либо не явившихся по неуважительной причине, по согласованию с преподавателем и с разрешения заведующего кафедрой мероприятие 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 и средневзвешенное значение оценок по всем работам служит оценкой за выполнение цикла лабораторных работ.

К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие контрольную работу и защитившие лабораторные работы на удовлетворительные оценки.

Рейтинговая оценка (T_P) по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки ($T_Э$) с учетом их весовых коэффициентов:

$$T_P = 0,6 \cdot T_Э + 0,4 \cdot T$$

Примерная тематика лабораторных занятий для студентов специализаций “Ядерная физика и электроника”, “Физика ядерных реакторов и атомных энергетических установок”

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

Ч. 1. Обучение работе с сеткой Вульфа для графического решения кристаллографических задач:

- построение стереографических и гномостереографических проекций прямых и плоскостей, определение сферических координат направления, заданного стереографической проекцией;

- нахождение углов между направлениями и плоскостями.

Ч. 2. Выполнение основного задания по предложенным преподавателем результатам измеренных на гониометре сферическим координатам граней кристалла.

Лабораторная работа 2. Построение стандартных проекций кристаллов.

Освоение методик построения:

- гномостереографических проекций кристаллов по углам между нормальными к граням;

- стандартной проекции кубического кристалла для одной из предложенных преподавателем осей зон;

- проекций зон для граней с наиболее простыми индексами Миллера.

Лабораторные работы 3-4. Изучение диаграмм состояний бинарных сплавов.

Получение навыков работы с диаграммами состояний бинарных сплавов и изучение их типов, включая:

- анализ диаграмм состояний для установления фазового состава сплава при различных температурах, а также в какой форме эти фазы существуют, определение их долей;

- анализ диаграммы состояния системы Ti-Cu.

Примерная тематика лабораторных занятий для студентов специализации “Радиационное материаловедение”

Лабораторная работа 1. Определение упругих характеристик материалов при испытаниях на растяжение.

Освоение методики проведения испытаний материалов на растяжение, включающей:

- определение оптимальных режимов испытаний,

- анализ упругого участка кривой растяжения,

- определение упругих постоянных и предела пропорциональности металлов.

Лабораторная работа 2. Пластические и прочностные свойства материалов.

Освоение методики определения пластических и прочностных свойств материалов при испытаниях на растяжение, включающей:

- определение предела текучести и предела прочности материала,

- расчет коэффициента деформационного упрочнения для металлов с различной кристаллической структурой,

- восстановление аналитической формы кривой деформации,

- определение пластичности материала и ее зависимости от условий термической обработки.

Лабораторная работа 3. Усталостные свойства металлов.

Изучение механических характеристик металлов и сплавов при усталостных испытаниях на разрывных машинах, включающих:

- изучение механизмов усталостного разрушения материалов,
- адаптацию режимов проведения испытаний на растяжение с помощью разрывной машины для анализа усталостного износа,
- определение долговечности материала.

Лабораторная работа 4. Механизмы упрочнения металлов и сплавов.

Изучение механизмов упрочнения металлов и сплавов после высокоэнергетического ионного и плазменного воздействия, включающее:

- знакомство с основными механизмами упрочнения металлов и сплавов,
- определение прочностных характеристик модифицированных материалов при испытаниях на растяжение, а также по методикам измерения микротвердости,
- установление взаимосвязи между пределами текучести и прочности материалов и их микротвердостью,
- выявление основных механизмов упрочнения приповерхностного слоя материалов при радиационном воздействии.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

В рамках управляемой самостоятельной работы студент выполняет контрольную работу по всем темам учебной дисциплины. Контрольная работа проводится в письменном виде и включает 10 вопросов, на ее выполнение отводится 90 мин. По согласованию с преподавателем при подготовке ответа могут использоваться калькуляторы и справочные пособия. Оценка результатов контрольных работ проводится в десятибалльной шкале.

Примерный перечень вопросов контрольной работы:

- атомно-кристаллическое строение твердых тел;
- дефекты в кристаллах;
- сплавы, диаграммы состояния;
- механические свойства конструкционных материалов;
- неметаллические материалы, пластмассы, резина, керамики;
- современные функциональные материалы.

Примерный перечень тем для устного опроса по лабораторным работам

1. Кристаллографические проекции.
2. Элементы симметрии кристаллических многогранников.
3. Пространственные группы симметрии.

4. Диаграмма состояний и ее назначение.
5. Основные типы диаграмм состояний бинарных сплавов.
6. Правило фаз Гиббса. Правило отрезков.
7. Понятие деформации и механического напряжения.
8. Закон Гука.
9. Определение упругих и пластических параметров по диаграмме растяжения.
10. Механизмы усталостного разрушения.
11. Понятие явления упрочнения материала.
12. Эффект радиационного упрочнения.

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 реферативных работ 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*, 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 разделам;
- изучение и расширение лекционного материала преподавателя за счет специальной литературы, в частности, современных научных публикаций по изучаемым тематикам;
- подготовка к защите лабораторных работ;
- подготовка к экзамену.

Примерный перечень вопросов к экзамену

Билет на экзамене включает два вопроса, на подготовку которых отводится не менее 45 минут. При подготовке к устному ответу по решению преподавателя допускается использование учебной и научной литературы. Вопросы в состав билетов выбираются из следующего примерного перечня:

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. Фазы в сплавах. Твердые растворы. Химические соединения.
7. Диаграммы состояния сплавов, образующих ограниченные твердые растворы, образующих неограниченные твердые растворы, образующих 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 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)
Материалы ядерной техники	Кафедра физики твердого тела	нет	Рекомендовать к утверждению учебную программу в представленном варианте (протокол № 14 от 15.06.2020)

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