Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 22.09.2023 14:06:53
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____/Е.В. Сафонов/
«__» _____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Физические свойства твердых тел»

Направление подготовки
22.03.02 «Металлургия»

Профиль «Инновации в металлургии»

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очно-заочная

Москва 2022 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки **22.03.02 «Металлургия»**, профиль подготовки **«Инновации в металлургии»**

Программа дисциплины «**Физические свойства твердых тел**» согласована и утверждена на заседании кафедры «Металлургия»

«31» августа 2022 г., протокол №11-08

Заведующий кафедрой _____/Шульгин А.В. /

Программа согласована с руководителем образовательной программы по направлению подготовки **22.03.02 «Металлургия»**

_____ / Хламкова С.С.. /

«31» 08 2022 г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения

Председатель комиссии _____ / _____ /

«13» 09 2022 г. Протокол: № 14-22

Присвоен регистрационный номер:	22.03.02.02/52.2022

1. Цели освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Физические свойства твердых тел» является получение студентами необходимой подготовки по вопросам комплексных исследований, испытаний и оценки физических свойств современных и перспективных металлических и неметаллических материалов, используемых в металлургии и машиностроении.

Задачами изучения дисциплины являются:

-приобретение студентами знаний по современным теоретическим представлениям о физических свойствах материалов; методам определения и оценки физических свойств; способам воздействия на физические свойства с целью их оптимизации;

- освоение навыков определения и изучения физических свойств материалов;

- овладение методикой выбора материалов, учитывающей их физические свойства, для изделий различного назначения.

2.Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Физические свойства твердых тел» относится к числу дисциплин по выбору образовательной программы бакалавриата по профилю «Инновации в металлургии». Взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В обязательной части:

- Физика;
- Металлургические технологии.

В части, формируемой участниками образовательных отношений:

- Физическая химия;
- Механические и физические свойства металлов;
- Технология получения продукции из разнородных металлов и порошков;
- Порошковая металлургия;
- Методы неразрушающего контроля металлов и сплавов

3.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обу чения по дисциплине**

ОПК-3	Способностью участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества	– знает: принципы и методологию управления профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента – умеет: применять знания управления профессиональной деятельностью – имеет навыки: в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента
ПК-1	Способностью выбирать методы планирования, подготовки и проведения исследований, наблюдений, испытаний, измерений и применять их на практике, анализировать, обрабатывать и представлять результаты	**знать:** методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений. Критерии выбора методов и методик исследований **уметь:** проводить испытания, измерения и обработку результатов. Регистрировать показания приборов. Проводит расчёты и критически анализирует результаты, делает выводы. **владеть:** выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований. Выполняет оценки и обработки результатов

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетных единицы, т.е. **108** академических часов (из них 72 часа – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Физические свойства твердых тел» изучаются на четвертом курсе.

Седьмой семестр: лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 18 часов, форма контроля - экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Физические свойства твердых тел» по срокам и видам работы отражены в приложении.

Содержание разделов дисциплины

Седьмой семестр

Введение

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Структура курса, его место и роль в подготовке специалиста, связь с другими дисциплинами. Номенклатура физических свойств. Влияние физических свойств на технологический процесс получения, надежность и долговечность материалов.

Основы квантовой механики

Корпускулярно-волновой дуализм свойств материала. Постулаты Бора, полуквантовая модель строения атома. Некоторые свойства волн де Бройля. Соотношение неопределенностей. Волновая функция и ее статистический смысл. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Принцип причинности в квантовой механике. Движение свободной частицы. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками». Уровень Ферми и энергия Ферми. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект.

Строение ядра. Кварки, виды кварков, теория струн. Сильное, слабое, гравитационное и электромагнитное взаимодействия. Общая теория относительности и стандартная модель, создание единой теории строения мира.

Основы современной физики атомов и молекул

Спин электрона. Спиновое квантовое число. Гиромагнитное соотношение. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны. Принцип минимума энергии, принцип Паули, правило Гунда, распределение электронов в атоме по состояниям. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучение.

Молекулы: химические связи, понятие об энергетических уровнях. Ионная химическая связь, свойства связи, степень ионности. Ковалентная связь, обменное взаимодействие. Свойства металлической связи.

Плотность

Виды плотности материалов. Методы определения плотности тел правильной и неправильной формы. Влияние изменений температура и давления на плотность и удельный объём материалов. Изменение плотности металлов и сплавов при горячей пластической деформации, наклепе, аллотропических превращениях и плавлении.

Тепловые свойства твердых тел

Нормальные колебания решетки. Одномерная модель твердого тела. Дисперсионные кривые, акустические и оптические колебания атомов. Спектр нормальных колебаний решетки. Характеристическая дебаевская частота и температура. Фононы, свойства фононов, функция распределе ния фононов по энергиям Бозе-Эйнштейна, нулевое движение.

Теплоемкость твердого тела. Закон Дюлонга-Пти. Теория теплоемкости твердых тел Эйнштейна и Дебая для низких и высоких температур. Основные составляющие теплоёмкости металлов. Теплоёмкость сплавов и соединений. Правило Неймана-Коппа. Изменение теплоёмкости при фазовых и структурных превращениях. Методы изучения тепловых свойств. Термический анализ и дифференциальный термический анализ. Калориметрический (прямой и обратный) анализ. Определение теплоёмкости методом Сайкса и методом Смита.

Теплопроводность. Основные понятия и определения, закон Фурье. Связь тепло- и электропроводности, закон Видемана-Франца- Лоренца. Теплопроводность металлов, сплавов и соединений. Электронная и решеточная теплопроводности. Фонон-фононное рассеивание. Качественная зависимость решеточной теплопроводности от температуры. Абсолютные и относительные методы определения теплопроводности при низких и высоких температурах. Метод Кольрауша.

Температура плавления и теплота плавления. Основные понятия и определения. Изменение энтропии и объема материалов при фазовом переходе первого рода. Методы определения температур плавления сплава (ГОСТ 20287 и ASTM D 97). Области применения указанных характеристик.

Тепловое расширение твердых тел. Объяснение физического свойства несимметричным характером потенциальной кривой. Температурный коэффициент линейного расширения проводников (ТКЛР), расчет коэффициента термического расширения. Правило Курнакова и инварный эффект. Природа аномального изменения ТКЛР инварных сплавов. Значение физического свойства для современных и перспективных материалов. Прецизионные сплавы с заданным ТКЛР. Методы определения термического расширения и объёмного эффекта превращений (дилатометрия). Дилатометрические исследования сплавов, точность измерений.

Термоэлектрические свойства

Работа выхода электрона из металла. Возникновение внутренней и внешней контактной разности потенциалов при соприкосновении двух различных металлических проводников. Относительная дифференциальная или удельная термо - э.д.с, методы ее определения. Термоэлектрические эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона. Термоэлектрические свойства сплавов. Применение метода измерения термо - э.д.с в металловедении. Использование термоэлектрических свойств материалов в инновационной технике.

Электрические свойства материалов

Зонная теория твердых тел. Расщепление энергетических уровней атома на зоны при образовании кристалла. Валентная, запрещенная зоны и зона проводимости. Признаки деления веществ на проводники, полупроводники и диэлектрики согласно зонной теории.

Проводниковые материалы. Природа электропроводности металлов. Классическая теория электропроводности металлов Друде-Лоренца, достоинства недостатки классической модели. Квантовая теория электропроводности. Эффективная масса электрона. Механизмы рассеяния электронов, правило Матиссена. Факторы, влияющие на электропроводность материалов: деформация, примеси, температура. Методы измерения электрического сопротивления. Удельное сопротивление металлов и сплавов, его связь с электропроводностью и теплопроводностью. Температурный коэффициент удельного сопротивления. Области линейной зависимости удельного электрического сопротивления от температуры. Применение измерения электрического сопротивления в металловедении для определения содержания примесей, наличие химических соединений, построение диаграмм состав-свойства. Явление сверхпроводимости, свойства сверхпроводящих материалов. Теория сверхпроводимости. Мягкие и жесткие сверхпроводники, высокотемпературные (криогенные) сверхпроводники.

Полупроводниковые материалы. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Электронная и дырочная проводимость. Удельная электропроводность собственного полупроводника. Температурная зависимость удельного электросопротивления полупроводников. Физические явления, определяющие влияние различных факторов на электропроводность полупроводников, и ее количественные показатели. Методы определения электропроводности полупроводниковых материалов. Теория p-n – перехода, выпрямление переменных токов на p-n – переходе, физические основы транзисторов.

Диэлектрические материалы. Поляризационные явления: основные понятия, виды поляризации, ионная и электронная проводимость диэлектриков. Методы определения поляризации. Диэлектрические потери: физическая сущность, виды потерь, теория релаксационных диэлектрических потерь Дебая, температурно-частотные зависимости угла диэлектрических потерь или тангенса этого угла в полярных и неполярных диэлектриках. Эквивалентные схемы диэлектрика с потерями. Расчет мощности потерь в диэлектрике при постоянном и переменном напряжении.

Электропроводность диэлектрических материалов, поляризационные токи. Расчет полной проводимости твердого диэлектрика Оценка электропроводности диэлектриков по определению значений удельного объемного сопротивления и удельного поверхностного сопротивления. Полное сопротивление твердого диэлектрика. Пробой диэлектриков, электрическая прочность, пробивное напряжение, методы их определения, теории пробоя Вагнера, Фока.

Активные диэлектрики. Сегнетоэлектрики, самопроизвольная поляризация, особенности их строения, характерные признаки сегнетоэлектриков. Основная кривая поляризации сегнетоэлектрика и петля гистерезиса. Определение коэрцитивной силы, остаточной и максимальной поляризации. Состояние технического насыщения (однодоменное состояние). Пьезоэлектрики, прямой и обратный пьезоэлектрический эффект, механизм возникновения пьезоэффекта. Пьезомодуль, физический смысл и способы определения.

Магнитные свойства материалов

Классификация магнетиков. Ферромагнетизм - физическая природа, обменное взаимодействие, доменная структура ферромагнитных веществ. Процесс намагничивания ферромагнитиков. Магнитное насыщение. Анизотропия магнитных свойств ферромагнитных материалов. Основная кривая намагничивания ферромагнитных материалов. Магнитная проницаемость: начальная, максимальная, динамическая. Зависимость магнитной проницаемости от температуры. Точка Кюри. Температурный коэффициент магнитной проницаемости. Явление гистерезиса при перемагничивании ферромагнитных веществ. Предельный цикл перемагничивания и его параметры: индукция насыщения, остаточная индукция, коэрцитивная сила. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Зависимость магнитных свойств материалов от технологии обработки. Потери в ферромагнитных материалах: виды потерь, расчет потерь на гистерезис и потерь от вихревых токов. Тангенс угла магнитных потерь. Особенности структуры и свойств ферромагнитных материалов. Виды температурных зависимостей индукции насыщения ферромагнетиков. Ферромагнитные материалы, имеющие точку компенсации и точки компенсации.

Ферриты: состав и структура материала, технология получения, классификация. Особенности кривых намагничивания, свойств и области применения магнитомягких ферритов и ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса. Магнитострикционные материалы, магнитострикционная деформация насыщения, индукция насыщения.

Перспективные материалы с особыми физическими свойствами

Сплавы с эффектом памяти формы. Механизм эффекта. Зависимость фазового состава сплава от температуры: широкий гистерезис, узкий гистерезис. Характеристические температуры фазовых превращений. Особенности сплавов с памятью формы. Никелид титана и сплавы на его основе.

Радиационно-стойкие материалы. Радиационная повреждаемость конструкционных материалов, влияние облучение на относительное увеличение объема материала (радиационное распухание), способы снижения и полного подавления повреждаемости.

Аморфные металлические сплавы. Условия образования аморфной структуры. Влияние аморфной структуры на физические свойства материалов. Состав сплавов, рабочая температура. Методы получения аморфных сплавов. Особые физические свойства и применение.

Физические свойства наноматериалов

Качественные и количественные изменения свойств материалов при переходе от микро- к

наноразмерам частиц вещества, причины изменений. Критический размер наночастиц, параметр нанотехнологии. Определение удельного электрического сопротивления проводниковых наноматериалов. Физические свойства полимеров, модифицированных малыми добавками наночастиц металлов. Свойства наноразмерных керамических порошков и нанокерамик. Первые промышленно производимые нанокомпозиты – ситаллы, углеситаллы. Функциональные физические свойства наноматериалов: сорбционная способность, оптические, акустические, электродные, магнитные. Методы определения функциональных физических свойств. Физические свойства наноматериалов семейства фуллеренов и эндопроизводных фуллеренов.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Физические свойства твердых тел» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- защита и индивидуальное обсуждение выполняемых этапов практических работ;
- обсуждение и защита рефератов по дисциплине;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;
- использование деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций;
- проведение контрольных работ;

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Физические свойства твердых тел» и в целом по дисциплине составляет 30% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- реферат по теме: «Методы определения конкретного физического свойства» (индивидуально для каждого обучающегося);
- подготовка к выполнению лабораторных работ и их защита.

Текущий контроль успеваемости и промежуточной аттестации проводятся по следующим критериям;

- ответы студента на вопросы карт текущего контроля;
- выполнение контрольной работы.

Образцы тестовых заданий, темы рефератов, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, вопросы к экзамену приведены в приложении.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**
ОПК-3	Способностью участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества
ПК-1	Способностью выбирать методы планирования, подготовки и проведения исследований, наблюдений, испытаний, измерений и применять их на практике, анализировать, обрабатывать и представлять результаты

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК -3 Способность участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области системы менеджмента качества	
Показатель	**Критерии оценивания**

	2	3	4	5
Знать: методы исследований и испытаний, включая стандартные и сертификационные, для определения физических свойств материалов и изделий	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное знание методов исследований и испытаний, включая стандартные и сертификационные, для определения физических свойств материалов и изделий	Обучающийся демонстрирует неполное знание методов исследований и испытанийдля определения физических свойств материалов и изделий. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное знание методов исследований и испытаний для определения физических свойств материалов и изделий. Допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное знание знание методов исследований и испытаний для определения физических свойств материалов и изделий, свободно оперирует приобретенными знаниями.
Уметь: определять характеристики физических свойств материалов и изделий при исследованиях и испытаниях; интерпретировать результаты и делать выводы	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет определять характеристики физических свойств материалов, изделий при исследованиях и испытаниях, интерпретировать результаты и делать выводы	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений определять характеристики физических свойств материалов и изделий при исследованиях и испытаниях, интерпретировать результаты и делать выводы. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений определять характеристики физических свойств материалов и изделий при исследованиях и испытаниях, интерпретировать результаты и делать выводы. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений определять характеристики физических свойств материалов и изделий при исследованиях и испытаниях, интерпретировать результаты и делать выводы. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

Владеть: методологией организации, планирования и проведения испытаний	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методологией организации, планирования и проведения испытаний	Обучающийся владеет методологией организации, планирования и проведения испытаний в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методологией организации, планирования и проведения испытаний. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методологией организации, планирования и проведения испытаний, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-1 Способность выбирать методы планирования, подготовки и проведения исследований, наблюдений, испытаний, измерений и применять их на практике, анализировать, обрабатывать и представлять результаты				
Знать: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений. Критерии выбора методов и методик исследований	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное знание физических свойств материалов различного назначения	Обучающийся демонстрирует неполное знание физических свойств материалов различного назначения. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное знание физических свойств материалов различного назначения. Но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное знание физических свойств материалов различного назначения, свободно оперирует приобретенными знаниями.
Уметь: проводить испытания, измерения и обработку результатов. Регистрировать показания приборов. Проводит	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет применять физико-математический аппарат при выборе материала	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений применять физико-математический аппарат при выборе материала для изделий различного назначения с учетом их физи-	Обучающийся демонстрирует частичное умение применять физико-математический аппарат при выборе материала для изделий различного назначения с учетом	Обучающийся демонстрирует полное умение применять физико-математический аппарат при выборе материала для изделий различного назначе-

расчёты и критически анализирует результаты, делает выводы.	для изделий различного назначения с учетом их физических свойств, эксплуатационных требований и охраны окружающей среды	ческих свойств, эксплуатационных требований и охраны окружающей среды. Допускаются значительные ошибки, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	их физических свойств, эксплуатационных требований и охраны окружающей среды. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	ния с учетом их физических свойств, эксплуатационных требований и охраны окружающей среды. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Владеть: выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований. Выполняет оценки и обработки результатов исследований	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методикой выбора материалов, учитывающей их физические свойства, для изделий различного назначения	Обучающийся владеет методикой выбора материалов, учитывающей их физические свойства, для изделий различного назначения в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методикой выбора материалов, учитывающей их физические свойства, для изделий различного назначения. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методикой выбора материалов, учитывающей их физические свойства, для изделий различного назначения, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации в пятом семестре: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Физические свойства твердых тел»: выполнили и защитили практические работы, написали контрольную работу на положительную оценку работы, подготовили и защитили реферат

Шкала оценивания	***Описание***

Отлично	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.*
Хорошо	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.*
Удовлетворительно	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.*
Неудовлетворительно	*Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.*

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) Основная литература:

1. Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов М.: Металлургия, 1980, 412 с.

б) Дополнительная литература:

1. Демин Ю.Н. Физика металлов: учеб. пособие. - М.: МГИУ, 298 с.
2. Металлургия. Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г. М. Волков, В. М. Зуев – М. : издательство Академия, 2011, 400 с.
3.Объемные наноматериалы. Учебное пособие / Г. М. Волков – М.: КНОРУС, 2011, 168 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:
http://mospolytech.ru/index.php?id=308

http://materiall.ru/http://supermetalloved.narod.ru/l2.pdf

http://www.iqlib.ru

www.vlab.wikia.com

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Номер аудитории	Оборудование
1313	Твердомер Роквелла ТР 5006 (1шт.) Проектор + экран Микроскоп МИМ-7 (9 шт.)
1304	Микроскоп ZASILACZMIKPOSKOPOWYtypTVO 6/20 – 6 шт. Твердомер Роквелла ТР 5006 (1 шт.) Микротвердомер ПМТ-3М (2 шт.) Лупа Бринелля – 6 шт. Микроскоп АЛЬТАМИ (4 шт.)
1308	Микротвердомер ПМТ-3М (1 шт.) Пресс для запрессовки образцов
1309	NEXSYS ImageExpert™ Sample 2 Программа для качественного анализа изображений структур методом сравнения с эталонными шкалами Микроскоп Axiovert 40MAT – 1 шт.
1316	Микроскоп АЛЬТАМИ (1 шт.) Микроскоп МИМ-7 (1 шт.) Твердомер Супер- Роквелл ТКС-1М Проектор
1307	Электропечь (Набертерм 1280°) – 1 шт. Электропечь (Снол 1100°) – 2 шт. Электропечь (ПК-РК–10/12 1280°) –1шт. Твердомер «Бринелль» ТБ5004 – 2 шт. Твердомер Роквелла ТР 5006 – 1 шт. Печь муфельная ПМ-10 – 2 шт. Полировальный станок StruersTegraPol- 11 - 1 шт. Отрезной станок StruersLaboton – 3 -1 шт. Установка для торцевой закалки Установка для электротравления Struers Lectro Pol -5. (1 шт.) Отрезной станок (1 шт.) Установка для запрессовки образцов (1 шт.) Вольтметр – 4 шт. Фотоэлектрический колориметр KF-77 Пневматический шлифовально-полировальный станок P-20FS-1-R5
1318	Штангенциркуль – 15 шт. Пресс для запрессовки образцов Лупа Бринелля – 1шт. Микрометр – 2 шт. Твердомер ТР 5006-М – 1шт. Твердомер ТР5006-02 – 1шт. Микротвердомер ПМТ-3М – 1 шт. Твердомер ТК – 1шт. Микроскоп Метам-РВ1 шт.

9.Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов оценки свойств, анализа и выбора неметаллических материалов для оптимальной работы инновационной техники, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к лабораторным работам;
- составление и оформление рефератов.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

Вопросы, выносимые на самостоятельную работу

- Основные понятия и аппаратные средства нанотехнологии материалов (**ОПК-3**);
- Кристаллические решетки фаз Лавеса. Физические свойства фаз Лавеса (**ПК-1**);
- Первый и второй законы Фика. Решение уравнения второго закона Фика. Стационарные решения (**ПК-1**);
- Возможные механизмы диффузии. Контроль скорости диффузии в материалах (**ОПК-3, ПК-1**) .
- Стандартные и сертификационные методы измерения коэффициента диффузии(**ПК-1)**;
- Контроль качества инварных сплавов (**ОПК-3**);
-Стандартные и сертификационные методы определения электропроводности проводниковых материалов (**ОПК-3)**;
- Температурный коэффициент теплопроводности, его зависимость от плотности и теплоемкости металлов (**ОПК-3**);
- Зависимость знака термоЭДС от характера зонной структуры (**ПК-1**);
-Изменение термоЭДС при фазовых превращениях в твердом состоянии (**ПК-1**);
- Применение метода изменения термоЭДС для решения задач металловедения (**ПК-3)**;
- Термопарные сплавы и контроль их качества (**ОПК-3**);
- Применение метода термического анализа для исследования фазовых равновесий и фазовых превращений (**ПК-1**);
- Физическая природа диа- и парамагнетизма. Пара- и диамагнитные свойства металлов в зависимости от их положения в таблице Д.И. Менделеева (**ПК-1**);
- Изменение магнитной восприимчивости при плавлении, аллотропических превращениях и

наклепе (**ОПК-3**) .
- Пара- и диамагнитные свойства металлических фаз и гетерогенных сплавов (**ОПК-3**);
- Магнитная анизотропия и магнитострикция, их практическое значение (**ОПК-3)**;
- Методы измерения пара- и диамагнитной восприимчивости: Фарадея, Гуи, Шеневье. Преимущество и недостатки в применении методов (**ОПК-3)**;
- Магнитометрические методы измерения ферромагнитных свойств (**ОПК-3**);
- Изучение магнитным методом диаграмм фазового равновесия и структурных превращений при закалке, отпуске, дисперсионном твердении, изотермическом распаде аустенита (**ПК-1**);
- Применение магнитной восприимчивости для изучения структурных изменений в материалах (**ПК-1**);
- Магнитная восприимчивость твердых растворов (**ОПК-3**);
- Применение магнитных полей при производстве изделий из быстрорежущих и штамповых сталей (**ПК-1**) .
- Влияние магнитных полей на карбидную неоднородность легированных сталей (**ПК-1**) .

10.Методические рекомендации для преподавателя

Основное внимание при изучении дисциплины «Физические свойства твердых тел» следует уделять изучению физических свойств современных и перспективных органических, неорганических материалов, методов стандартных испытаний по определению физических свойств используемых материалов и готовых изделий. Необходимо обращать внимание студентов на основные физические закономерности, действующие в процессе изготовления качественных изделий для инновационной техники и возможности современных информационных технологий.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций и лабораторных работ.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:
- учебники, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- методические указания для выполнения лабораторных работ.

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Физические свойства твердых тел»
по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия»

Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
			Л	П/С	Лаб.	СРС	КСР	КР	КП	РГР	Реф.	К/Р	Э	З
Седьмой семестр														
1.Вводная часть.	7	1	0,5		-									
2. **Основы квантовой механики.** Корпускулярно-волновой дуализм свойств микрочастиц. Постулаты Бора. Свойства волн де Бройля. Соотношение неопределенностей. Волновая функция и ее статистический смысл. Уравнение Шредингера. Уровень Ферми и энергия Ферми. Туннельный эффект. Строение ядра. Виды кварков, теория струн. Сильное, слабое, гравитационное и электромагнитное взаимодействия.	7	1	0,5			3								
3. **Основы современной физики атомов и молекул.** Спин электрона. Спиновое квантовое число. Гиромагнитное соотношение. Фермионы и бозоны. Распределение электронов в атоме по состояниям. Молекулы: химические связи, понятие об энергетических уровнях. Виды связи	7	1	1			3								
4. *Лабораторная работа «*Туннельный эффект.	7	2			2	2	+							

Определение коэффициента прозрачности потенциального барьера»														
5. **Плотность.** Виды плотности материалов. Методы определения плотности тел. Влияние внешних факторов на плотность. Изменение плотности металлов и сплавов при горячей деформации, наклепе, аллотропических превращениях и плавлении.	7	3	1			3								
6. Тепловые свойства твердых тел. Нормальные колебания решетки. Дисперсионные кривые, акустические и оптические колебания атомов. Спектр нормальных колебаний решетки. Характеристическая дебаевская частота и температура Дебая. Фононы, свойства фононов	7	3	1			3								
7. *Лабораторная работа* «Определение истинной и средней плотности материалов»	7	4			2	2	+					+		
8. **Теплоемкость твердого тела**. Закон Дюлонга-Пти. Теория теплоемкости Эйнштейна и Дебая. Термический и калориметрический анализ. Определение теплоёмкости методом Сайкса и методом Смита.	7	5	1			3								
9. **Теплопроводность**. Понятия и определения, закон Фурье. Связь тепло- и электропроводности. Теплопроводность металлов, сплавов и соединений. Электронная и решеточная теплопроводности. Абсолютные и относительные методы определения теплопроводности при низких и высоких температурах	7	5	1			3								
10. *Лабораторная работа «*Определение температуры Дебая для меди»	7	6			2	2	+							
11. **Температура плавления и теплота плавления.** Основные понятия и определения. Методы определения температур плавления сплава (ГОСТ 20287 и ASTM D 97).	7	7	0,5			3								
12. **Тепловое расширение твердых тел**.	7	7	0,5			3								

Температурный коэффициент линейного расширения проводников, расчет коэффициента термического расширения. Правило Курнакова и инварный эффект. Методы определения термического расширения, дилатометрические исследования сплавов, точность измерений.														
13. **Термоэлектрические свойства.** Работа выхода электрона из металла. Внутренняя и внешняя контактная разность потенциалов. Термоэлектрические эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона.	7	7	1			3								
14. *Лабораторная работа «*Построение кривых теплового расширения Fe-Ni сплавов».	7	8			2	2	+							
15. **Электрические свойства материалов.** Зонная теория твердых тел. *Проводниковые материалы*. Классическая и квантовая теории электропроводности металлов. Механизмы рассеяния электронов, правило Матиссена. Методы измерения электрического сопротивления. Удельное сопротивление металлов и сплавов, его связь с электропроводностью и теплопроводностью. Температурный коэффициент удельного сопротивления. Явление сверхпроводимости, свойства сверхпроводящих материалов.	7	9	2			4								
16. *Лабораторная работа* «Установление температурного коэффициента удельного сопротивления металлов и сплавов»	7	10			2	2	+							
17. *Полупроводниковые материалы.* Собственная и примесная, электронная и дырочная проводимость. Температурная зависимость удельного электросопротивления полупроводников. Физические явления, определяющие влияние различных факторов на электропроводность полупроводников, и ее количественные показате-	7	11	2			4								

ли. Методы определения электропроводности полупроводниковых материалов.														
18. *Лабораторная работа* «Определение ширины запрещенной зоны полупроводникового материала»	7	12			2	2	+							
19. *Диэлектрические материалы*. Поляризационные явления, методы определения поляризации. Диэлектрические потери, эквивалентные схемы диэлектрика с потерями. Электропроводность диэлектрических материалов, поляризационные токи. Полное сопротивление твердого диэлектрика. Пробой диэлектриков, электрическая прочность, пробивное напряжение, методы определения.	7	13	1			4								
20. *Активные диэлектрики*. Сегнетоэлектрики, особенности строения, поляризация, петля гистерезиса. Пьезоэлектрики, прямой и обратный пьезоэффект, механизм возникновения. Пьезомодуль, физический смысл, способы определения	7	13	1			3								
21. *Лабораторная работа* «Расчет поляризации двухслойного диэлектрика»	7	14			2	2	+							
22. Магнитные свойства твердых тел. Классификация магнетиков. Природа ферромагнетизма. Процесс намагничивания ферромагнитиков. Магнитное насыщение. Анизотропия магнитных свойств ферромагнитных материалов. Точка Кюри. Явление гистерезиса при перемагничивании ферромагнитных веществ. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Ферриты: состав и структура материала, технология получения, классификация. Магнитострикционные материалы, магнитострикционная деформация насыщения	7	15	2			4								
23. *Лабораторная работа* «Исследование	7	16			2	2	+							

намагничивания ферромагнитных материалов»														
24. **Перспективные материалы с особыми физическими свойствами.** *Сплавы с эффектом памяти формы.* Механизм эффекта. Никелид титана и сплавы на его основе. *Радиационно-стойкие материалы.* Радиационное распухание, способы снижения. *Аморфные металлические сплавы*. Условия образования аморфной структуры. Состав, рабочая температура, методы получения. Особые физические свойства и применение.	7	17	1			3								
25. Физические свойства наноматериалов. Изменения свойств материалов при переходе от микро- к наноразмерам частиц вещества. Критический размер наночастиц, параметр нанотехнологии. Функциональные физические свойства наноматериалов: сорбционная способность, оптические, акустические, электродные, магнитные. Методы определения функциональных физических свойств.	7	17	1			3								
26. *Лабораторная работа «*Определение критического размера наночастиц углерода в аллотропной модификации графита»	7	18			1	2	+							
27. Контрольная работа	7	18			1	2	+							
Форма аттестации	7												Э	
Всего часов по дисциплине в седьмом семестре	7		18		18	72								

Приложение 2 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки
22.03.02 «*Металлургия*»
Форма обучения: очно-заочная
ОП (профиль): « *Инновации в металлургии»*

Вид профессиональной деятельности:
научно-исследовательская и расчетно-аналитическая; производственная и проектно-технологическая

Кафедра: «Металлургия»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Физические свойства твердых тел

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств
2. Описание оценочных средств:

Ролевые игры
Темы рефератов.
Экзаменационный билет
Вопросы к экзамену
Контрольная работа
Тесты

Москва, 2022год

Таблица Паспорт ФОС по дисциплине «***Физические свойства твердых тел***»

Код компе-тенции	Элементы компетенции (части ком-петенции)	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины по рабочей программе	Перио дичность контроля	Виды контроля	Способы контроля	Средства контроля
1	2	3	4	5	6	7
ОПК-1	Знания: принципы и методологию управления профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента	Разделы 1-26	ТЕК ПА	Т К/Р ДИ Э	У П У У	Тест Задания к К/Р Задания к ДИ Экз. билет
	Умения: применять знания управления профессиональной деятельностью	Разделы 1-26	ТЕК ПА	Т К/Р ДИ Э	У П У У	Тест Задания к К/Р Задания к ДИ Экз. билет
	Навыки: − владеет навыками: в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента	Разделы 1-26	ТЕК ПА	Т К/Р ДИ Э	У П У 	Тест Задания к К/Р Задания к ДИ Экз. билет
ПК-1	Знания: методы исследований, проведения, обработки и анализа результатов испытаний и измерений. Критерии выбора методов и методик исследований	Разделы 1-26	ТЕК ПА	Т К/Р ДИ Э	У П У 	Тест Задания к К/Р Задания к ДИ Экз. билет
	Умения: проводит испытания, измерения и	Разделы 1-26	ТЕК	Т К/Р	У П	Тест Задания к К/Р

	обработку результатов. Регистрировать показания приборов. Проводит расчёты и критически анализирует результаты, делает выводы.			ДИ	У	Задания к ДИ
	Навыки: владеет выбором испытательного и измерительного оборудования, необходимого для проведения исследований. Выполняет оценки и обработки результатов	Разделы 1-26	ПА	Э	У	Экз. билет
			ТЕК	Т К/Р ДИ	У П У	Тест Задания к К/Р Задания к ДИ
			ПА	Э	У	Экз. билет

- Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 2 к РП.

Приложение 2
к рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине «*Физические свойства твердых тел*»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Деловая и/или ролевая игра (ДИ)	Совместная деятельность группы обучающихся и педагогического работника под управлением педагогического работника с целью решения учебных и профессионально - ориентированных задач путем игрового моделирования реальной проблемной ситуации. Позволяет оценивать умение анализировать и решать типичные профессиональные задачи.	Тема (проблема), концепция, роли и ожидаемый результат по каждой игре
2	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
3	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
4	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее	Темы рефератов Шкала оценивания и процедура применения

Варианты деловой (ролевой) игры

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Московский политехнический университет

Направление подготовки
22.03.02 «Металлургия»

Кафедра: «Металлургия»
(наименование кафедры)

Деловая (ролевая) игра №1

по дисциплине «Физические свойства твердых тел»
(наименование дисциплины)

1 Тема (проблема) Определение оптимального метода измерения электропроводности материала ……

2 Концепция игры: студенты получают индивидуальные задания, в которых указывается название или марка материала и технические средства измерения и контроля, имеющиеся в его распоряжении. Необходимо предложить метод измерения электропроводности материала и обосновать выбор, указать точность метода, достоинства и недостатки. Бакалавр должен провести исследование, оформив записи и протоколы в соответствии с требованиями делопроизводства.

3 Роли:

- … главный инженер предприятия.....;
- …инженеры-исследователи.....;

4 Ожидаемый (е) результат (ы): делается заключение об оптимальности выбранного метода и правильности оформления рабочей технической документации……..……

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если студент без ошибок определяет и аргументированно обосновывает метод измерения электропроводности материала ……..
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не владеет методологией организации, планирования и проведения испытаний …….. ……..

Темы рефератов

В седьмом семестре тема реферата - «Методы определения конкретного физического свойства» (индивидуально для каждого обучающегося).

Наименование свойства предлагается выбрать из следующего перечня: плотность, температура плавления, теплота плавления, теплопроводность, теплоемкость, тепловое расширение, термоэлектрические свойства, электрические, магнитные свойства, особые физические свойства, физические свойства наноматериалов.

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если в реферате наблюдается: логичность и последовательность в раскрытии темы, аналитичность в изложении материала, полнота раскрытия основных аспектов темы;
- оценка «не зачтено» выставляется студенту, если указанные критерии не выполнены.

Вариант экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Кафедра «Металлургия»
Дисциплина «Физические свойства твердых тел» .
Профиль «Инновации в металлургии»

Курс 4, семестр 7

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №1

1. Изменение плотности металлов и сплавов при горячей пластической деформации, наклепе, аллотропических превращениях и плавлении.
2. Методы измерения электрического сопротивления.
3. Физические свойства полимеров, модифицированных малыми добавками наночастиц металлов.

Зав. кафедрой_____

---

1. Назначение: Используются для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Физические свойства твердых тел ».
2. В билет включено три задания:

Задание 1. Вопрос для проверки теоретических знаний по темам: «Основы квантовой механики», «Основы современной физики атомов и молекул», «Плотность».

Задание 2. Вопрос для проверки теоретических знаний по теме «Тепловые свойства твердых тел», «Термоэлектрические свойства», «Электрические свойства».

Задание 3. Вопрос для проверки теоретических знаний по темам: «Магнитные свойства твердых тел», «Перспективные материалы с особыми физическими свойствами» и «Физические свойства наноматериалов».

3. Комплект экзаменационных билетов включает 30 билетов.
4. Регламент экзамена: - Время на подготовку тезисов ответов - до 40 мин
   - Способ контроля: устные ответы.
5. Шкала оценивания:

"Отлично"- если студент глубоко и прочно освоил весь материал программы обучения, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает.
"Хорошо"- если студент твёрдо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос.
"Удовлетворительно" - если студент освоил только основной материал программы, но не знает отдельных тем, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность изложения программного материала.

"Неудовлетворительно" - если студент не знает значительной части программного материала, допускает серьёзные ошибки

Каждое задание экзаменационного билета оценивается отдельно. Общей оценкой является среднее значение, округлённое до целого значения.

Вопросы к экзамену (ОПК-3, ПК-1)

1. Корпускулярно-волновой дуализм свойств материала. Постулаты Бора, полуквантовая модель строения атома
2. Некоторые свойства волн де Бройля. Соотношение неопределенностей
3. Волновая функция и ее статистический смысл. Уравнение Шредингера для стацио- нарных состояний. Принцип причинности в квантовой механике.
4. Движение свободной частицы. Частица в одномерной прямоугольной «потенциальной яме» с бесконечно высокими «стенками». Уровень Ферми и энергия Ферми.
5. Прохождение частицы сквозь потенциальный барьер. Туннельный эффект
6. Строение ядра. Кварки, виды кварков, теория струн
7. Сильное, слабое, гравитационное и электромагнитное взаимодействия. Общая теория относительности и стандартная модель, создание единой теории строения мира
8. Спин электрона. Спиновое квантовое число. Гиромагнитное соотношение. Принцип неразличимости тождественных частиц. Фермионы и бозоны
9. Принцип минимума энергии, принцип Паули, правило Гунда, распределение электронов в атоме по состояниям. Поглощение, спонтанное и вынужденное излучение
10. Ионная химическая связь, свойства связи, степень ионности
11. Ковалентная связь, обменное взаимодействие. Свойства металлической связи
12. Виды плотности материалов. Методы определения плотности тел правильной и неправильной формы
13. Влияние изменений температура и давления на плотность и удельный объём материалов
14. Изменение плотности металлов и сплавов при горячей пластической деформации, наклепе, аллотропических превращениях и плавлении.
15. Нормальные колебания решетки. Одномерная модель твердого тела. Дисперсионные кривые, акустические и оптические колебания атомов. Спектр нормальных колебаний решетки
16. Характеристическая дебаевская частота и температура. Фононы, свойства фононов, функция распределения фононов по энергиям Бозе-Эйнштейна, нулевое движение
17. Закон Дюлонга-Пти. Теория теплоемкости твердых тел Эйнштейна и Дебая для низких и высоких температур.
18. Основные составляющие теплоёмкости металлов. Теплоёмкость сплавов и соединений. Правило Неймана-Коппа
19. Изменение теплоёмкости при фазовых и структурных превращениях. Методы изучения тепловых свойств
20. Термический анализ и дифференциальный термический анализ
21. Калориметрический (прямой и обратный) анализ
22. Определение теплоёмкости методом Сайкса и методом Смита

23. Основные понятия и определения теплопроводности, закон Фурье
24. Связь тепло- и электропроводности, закон Видемана-Франца- Лоренца. Теплопровод- ность металлов, сплавов и соединений
25. Электронная и решеточная теплопроводности. Фонон-фононное рассеивание. Качественная зависимость решеточной теплопроводности от температуры
26. Абсолютные и относительные методы определения теплопроводности при низких и высоких температурах. Метод Кольрауша
27. Температура плавления и теплота плавления. Основные понятия и определения. Изме- нение энтропии и объема материалов при фазовом переходе первого рода.
28. Методы определения температур плавления сплава (ГОСТ 20287 и ASTM D 97). Области применения указанных характеристик .
29. Тепловое расширение твердых тел. Объяснение физического свойства несимметричным характером потенциальной кривой
30. Температурный коэффициент линейного расширения проводников (ТКЛР), расчет коэффициента термического расширения. Правило Курнакова и инварный эффект. Природа аномального изменения ТКЛР инварных сплавов .
31. Прецизионные сплавы с заданным ТКЛР. Методы определения термического расширения и объёмного эффекта превращений (дилатометрия). Дилатометрические исследования сплавов, точность измерений
32. Работа выхода электрона из металла. Возникновение внутренней и внешней контактной разности потенциалов при соприкосновении двух различных металлических проводников
33. Относительная дифференциальная или удельная термо - э.д.с, методы ее определения. Термоэлектрические эффекты Зеебека, Пельтье, Томсона
34. Термоэлектрические свойства сплавов. Применение метода измерения термо - э.д.с в металловедении
35. Зонная теория твердых тел
36. Природа электропроводности металлов
37. Классическая теория электропроводности металлов Друде-Лоренца, достоинства недостатки классической модели
38. Квантовая теория электропроводности. Эффективная масса электрона. Механизмы рассеяния электронов, правило Матиссена
39. Факторы, влияющие на электропроводность материалов: деформация, примеси, температура
40. Методы измерения электрического сопротивления **.**
41. Удельное сопротивление металлов и сплавов, его связь с электропроводностью и теплопроводностью
42. Температурный коэффициент удельного сопротивления. Области линейной зависимости удельного электрического сопротивления от температуры
43. Применение измерения электрического сопротивления в металловедении для определения содержания примесей, наличие химических соединений, построение диаграмм состав-свойства
44. Явление сверхпроводимости, свойства сверхпроводящих материалов
45. Теория сверхпроводимости. Мягкие и жесткие сверхпроводники, высокотемператур-

ные (криогенные) сверхпроводники
46. Какие металлы и в каких условиях могут переходить в состояние сверхпроводимости?
47. Как происходит разрушение сверхпроводимости
48. Собственная и примесная проводимость полупроводников
49. Электронная и дырочная проводимость
50. Удельная электропроводность собственного полупроводника
51. Температурная зависимость удельного электросопротивления полупроводников
52. Методы определения электропроводности полупроводниковых материалов
53. Теория p-n – перехода, выпрямление переменных токов на p-n –переходе, физические основы транзисторов
54. Способы определения типа электропроводности полупроводника
55. Поляризационные явления: основные понятия, виды поляризации
56. Ионная и электронная проводимость диэлектриков
57. Методы определения поляризации
58. Диэлектрические потери: физическая сущность, виды потерь
59. Теория релаксационных диэлектрических потерь Дебая
60. Эквивалентные схемы диэлектрика с потерями. Расчет мощности потерь в диэлектрике при постоянном и переменном напряжении
61. Электропроводность диэлектрических материалов, поляризационные токи
62. Оценка электропроводности диэлектриков по определению значений удельного объемного сопротивления и удельного поверхностного сопротивления
63. Полное сопротивление твердого диэлектрика
64. Пробой диэлектриков, электрическая прочность, пробивное напряжение, методы их определения
65. Сегнетоэлектрики, самопроизвольная поляризация, особенности их строения, характерные признаки сегнетоэлектриков
66. Основная кривая поляризации сегнетоэлектрика и петля гистерезиса. Определение коэрцитивной силы, остаточной и максимальной поляризации. Состояние технического насыщения (однодоменное состояние)
67. Пьезоэлектрики, прямой и обратный пьезоэлектрический эффект, механизм возникновения пьезоэффекта
68. Пьезомодуль, физический смысл и способы определения
69. Классификация магнетиков . Ферромагнетизм - физическая природа, обменное взаимодействие, доменная структура ферромагнитных веществ.
70. Процесс намагничивания ферромагнитиков. Магнитное насыщение . Анизотропия магнитных свойств ферромагнитных материалов
71. Основная кривая намагничивания ферромагнитных материалов
72. . Зависимость магнитной проницаемости от температуры. Точка Кюри. Температурный коэффициент магнитной проницаемости
73. Явление гистерезиса при перемагничивании ферромагнитных веществ. Предельный цикл перемагничивания и его параметры: индукция насыщения, остаточная индукция, коэрцитивная сила
74. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Зависимость магнитных свойств материалов от технологии обработки

75. . Потери в ферромагнитных материалах: виды потерь, расчет потерь на гистерезис и потерь от вихревых токов. Тангенс угла магнитных потерь.
76. Особенности структуры и свойств ферромагнитных материалов
77. Ферриты: состав и структура материала, технология получения, классификация.
78. Особенности кривых намагничивания, свойств и области применения магнитомягких ферритов и ферритов с прямоугольной петлей гистерезиса
79. Магнитострикционные материалы, магнитострикционная деформация насыщения, индукция насыщения
80. Сплавы с эффектом памяти формы. Механизм эффекта
81. Зависимость фазового состава сплава от температуры: широкий гистерезис, узкий гистерезис. Характеристические температуры фазовых превращений. Особенности сплавов с памятью формы
82. Никелид титана и сплавы на его основе
83. Радиационно-стойкие материалы. Радиационная повреждаемость конструкционных материалов, влияние облучение на относительное увеличение объема материала (радиационное распухание)
84. Способы снижения и полного подавления радиационной повреждаемости .
85. Акустические свойства наноматериалов, методы определения. Использование функци- онального физического свойства в металлургии и машиностроении
86. Электродные свойства наноматериалов, методы определения. Использование функци- онального физического свойства в металлургии и машиностроении
87. Магнитные свойства наноматериалов, методы определения. Использование функцио- нального физического свойства в металлургии и машиностроении
88. Физические свойства наноматериалов семейства фуллеренов и эндопроизводных фуллеренов

Контрольная работа

по дисциплине «Физические свойства твердых тел»

(наименование дисциплины)

- оценка «отлично» выставляется студенту, если студент выполнил все предложенные задания и не допустил существенных ошибок;
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент выполнил все предложенные задании, но допустил несколько существенных ошибок;
- оценка «удовлетворительно», если студент не выполнил полностью одно задание;
- оценка «неудовлетворительно» если студент не выполнил полностью два задания.

Пример задания

ЗАДАНИЕ № 1 (**ОПК-3,ПК-1**)

1. Сильное, слабое, гравитационное и электромагнитное взаимодействия
2. Причина появления эффектов Томсона, Пельтье, Зеебека .
3. Виды средств измерения и испытательного оборудования для определения термического расширения материалов.

4. Чем характерен инвар? Укажите области применения инвара.
5. Что такое петля гистерезиса у сегнетоэлектриков?
6. Как вывести материал из сверхпроводящего состояния?
7. Виды средств измерения и испытательного оборудования для изучения физических свойств наноматериалов.
8. Дана векторная диаграмма плотности тока в диэлектрике (см. рис). Определить: угол сдвига суммарного тока относительно тока идеального диэлектрика; тангенс угла диэлектрических потерь.

Варианты тестовых заданий

Тема: «Полупроводниковые материалы» (ОПК-3, ПК-1)

Задание № 1
1. Уровень Ферми в п/п р-типа расположен:
а) вблизи дна зоны проводимости; б) вблизи потолка валентной зоны; в) посередине запрещенной зоны; г) в зоне проводимости
2. Концентрация носителей заряда в собственных полупроводниках при увеличении температуры:
а) возрастает; б) не изменяется; в) уменьшается
3. Электронный газ в собственных п/п: а) вырожден; б) не вырожден; в) отсутствует

Задание № 2
1. Электронный газ в собственных п/п подчиняется:
а) классической статистике; б) статистике Максвелла -Болъцмана; в) статистике Ферми-Дирака.
2. Уровень Ферми в собственных п/п расположен:
а) вблизи потолка валентной зоны; б) посередине запрещенной зоны; в) вблизи дна зоны проводимости; г) в валентной зоне
3. Ширина запрещенной зоны у полупроводников имеет
величину: а) больше 3 эВ; б) меньше 3эВ; в) больше 10 эВ

Задание № 3
1.Удельная электропроводность собственного полупроводника при повышении температуры: а) увеличивается; б) уменьшается; в) не изменяется
2. Зависимость электросопротивления полупроводника от
температуры: а)линейная; б) экспоненциальная; в) гиперболическая
3. Носителями заряда в собственном п/п являются:
а) электроны; б) дырки; в) фононы; г) электроны и дырки

Задание № 4
1. При эпитаксиальной технологии в качестве подложек используют:
а) металлы и сплавы; б) монокристаллы кремния и сапфира; в) полимерные материалы; г) магнитные материалы
2.Зонную плавку в вакууме в технологии получения кремния применяют для:
а)очистки кремния; б) уменьшения ширины запрещенной зоны ; в)получения вязкотеку-

чего состояния кремния.
3. При получении сложных п/п соединений используют операцию:
а)катализа; б) старения; в) отжига; г)прямого и косвенного синтеза

Аннотация программы дисциплины
«Физические свойства твердых тел»

1. Цели и задачи дисциплины

Целями дисциплины является:

– выработка у студентов навыков и умения решать конкретные задачи в области механических свойств металлов и сплавов и подготовка к изучению последующих дисциплин. Знать ГОСТы и ТУ на механические испытания металлов и сплавов;

– подготовка студентов к производственной, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по направлению.

Задачи дисциплины:

– расширение научного кругозора в области технологических наук, на базе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать всем новым, с чем ему придется столкнуться в профессиональной деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Физические свойства твердых тел» относится к числу дисциплин по выбору об- разовательной программы бакалавриата по профилю «Инновации в металлургии». Взаимосвяза- на логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП: *В обязательной части:*

- Физика;
- Металлургические технологии.

В части, формируемой участниками образовательных отношений:

- Физическая химия;
- Механические и физические свойства металлов;
- Технология получения продукции из разнородных металлов и порошков;
- Порошковая металлургия;
- Методы неразрушающего контроля металлов и сплавов

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины «Физические свойства твердых тел» студенты должны:

знать:

– сущность кристаллического строения металлов и сплавов, связь его со свойствами; анизотропию и симметрию кристаллов; особенности структуры кристаллических веществ; метод кристаллографического индицирования; закон целых чисел; элементы симметрии в кристаллах; кристаллические категории, сингонии и системы координат; классы

симметрии; системы обозначений; основные сведения об экспериментальном определении структуры кристаллов и формулы структурной кристаллографии; возможные координационные числа и координационные многогранники в кристаллических веществах; сущность стехиометрической формулы вещества, полиморфизм политипию, полиморфизм; классификацию дефектов кристаллической решетки; миграцию, источники и стоки, комплексы и методы изучения точечных дефектов; основные типы дислокаций, их движение, упругие свойства; напряжение, схемы напряженного состояния, виды разрушений;

уметь:

– применять методы кристаллографического индицирования и определения стехиометрических формул кубических и гексагональных кристаллов, определения координационных чисел и многогранников кристаллических структур; строить контуры Бюргерса и определять векторы Бюргерса различных дислокаций; оценивать энергию дислокаций; давать количественную характеристику взаимодействия дислокаций с точечными дефектами и результатов пересечения и торможения различных дислокаций; использовать методы экспериментального определения структуры кристаллов и методы выявления различного рода дефектов, применять технологические испытания (пробы) для получения сопоставимых результатов механических и пластических характеристик;

владеть:

– методами анализа, численными методами и вычислительной техникой при решении прикладных задач в области кристаллографии и дефектов кристаллической решетки; основными навыками расчета символов узлов, кристаллографических направлений и плоскостей кубических и гексагональных кристаллов, определения элементов симметрии, координационных чисел и многогранников кристаллических структур, концентрации дефектов, энергии дислокаций; методами построения контуров и векторов Бюргерса; методами работы на специальных приборах для исследования кристаллической структуры веществ и ее дефектности.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
Общая трудоемкость	**108 (3 з.е.)**	**108 (3 з.е.)**
Аудиторные занятия (всего)	**36**	**36**
В том числе		
лекции	**18**	**18**
Практические занятия	**нет**	**нет**
Лабораторные занятия	**18**	**18**
Самостоятельная работа	**72**	**72**
Курсовая работа	**нет**	**нет**
Курсовой проект	**нет**	**нет**
Вид промежуточной аттестации		**Экзамен**