

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Физическое материаловедение и биомедицинская инженерия»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

Б.1.3.4.1. «Электрические и магнитные свойства твердых тел»

по направлению подготовки

22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Профиль 1– «Материаловедение и технология новых материалов»

Квалификация – бакалавр

форма обучения – очная
курс – 4
семестр – 7
зачетных единиц – 3
часов в неделю – 4
всего часов – 108
в том числе:
лекции – 18
коллоквиумы – нет
практические занятия – 36
лабораторные занятия – нет
самостоятельная работа – 54
зачет – 7 семестр
экзамен – нет
РГР – нет
курсовая работа – нет
курсовой проект – нет

1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

Проектирование, разработка и эксплуатация электротехнических и энергетических устройств, прежде всего, основываются на достижениях материаловедения. Технический прогресс возможен только при опережающем развитии материаловедения, обеспечивающего получение высококачественных изделий. Опыт высокоразвитых стран свидетельствует о том, что прорывы в области тонких материаловедческих технологий обеспечивают в итоге экономическое благосостояние государства.

Курс «Электрические и магнитные свойства твёрдых тел» является важнейшей общеспециальной фундаментальной дисциплиной. Этот курс дает современные знания по теоретическим основам материаловедения, необходимые для решения инженерных задач

Основными целями дисциплины являются: формирование знаний по физическим основам и методам расчёта эксплуатационных свойств конструкционных, изоляционных, проводниковых, и магнитных материалов, умений построения математических моделей, проведения расчётов и анализа процессов, происходящих в нормальных и аварийных состояниях систем материаловедения.

Приобретенные знания, умения и навыки позволят подготовить выпускника:

– к проектно-конструкторской деятельности и эксплуатации продукции предприятия;

– к научно-исследовательской деятельности, в том числе в междисциплинарных областях, связанной с математическим моделированием процессов в электротехнических и электроэнергетических системах и объектах, с проведением экспериментальных исследований и анализом их результатов;

– к самостоятельному обучению и освоению новых знаний и умений для реализации своей профессиональной карьеры.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина относится к дисциплинам вариативной части модуля профессиональной подготовки, базируется на результатах изучения дисциплин Б.1.1.8 «Физическая химия», Б.1.1.6 «Физика», Б.1.1.10 «Начертательная геометрия и компьютерная графика».

3. Требования к знаниям и умениям студентов по дисциплине

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций: ПК-11

ПК-11

Знать: типы современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатаций с учётом

требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов.

Уметь: применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учётом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов.

Владеть: способностью применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учётом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

Се- ме- ст- р	№ мо- ду- ля	№ недел- и	№ те- мы	Наименование темы	Всег- о	Лек- ции	Практ.з- ан.	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	1-2	1	Основы квантовой механики	12	2	4	6
		3-4	2	Теория сплавов.	12	2	4	6
	2	5-6	3	Сплавы железа с углеродом.	12	2	4	6
		7-8	4	Технология термической обработки.	12	2	4	6
		9-10	5	Зонная теория и оптические свойства твердых тел. Электропроводность металлов и сверхпроводимость. Полупроводники	12	2	4	6
	3	11-12	6	Химико-термическая обработка и поверхностное упрочнение.	12	2	4	6
		13-14	7	Диэлектрики	12	2	4	6
		15	8	Магнитные свойства твердых тел. Тепловые и механические свойства твердых тел.	12	2	4	6
		16	9	Неметаллические материалы. Теоретические и технологические основы производства материалов.	12	2	4	6
	Всего					108	18	36

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего Часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, обрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	4	1-2	<u>Основы квантовой механики</u> и химические связи в твердых телах. Основы кристаллографии и структура твердых тел	1-7, 8-9
2	4	3-4	Собственная проводимость полупроводников. Примесная проводимость полупроводников. Подвижность носителей заряда. Эффект Холла. Явление сверхпроводимости. Эффект Мейсснера. Изотопический эффект. Разрушение сверхпроводимости в магнитном поле. Теория БКШ. Высокотемпературная сверхпроводимость.	2-5
3	4	5-6	Уравнение Шредингера для кристалла. Одноэлектронное приближение. Функция Блоха. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна.	4-5
4	4	7-8	<u>Зонная теория</u> и оптические свойства твердых тел. Электропроводность металлов и сверхпроводимость. Полупроводники	1-3
5	4	9-10	<u>Химико-термическая обработка</u> и <u>поверхностное упрочнение</u> . Поверхностная закалка. Физические основы ХТО. Цементация, азотирование, цианирование, диффузионное насыщение.	5-7
6	4	11-12	<u>Диэлектрики</u> . Диэлектрики. Поляризационные явления: основные понятия, виды поляризации, ионная и электронная проводимость диэлектриков, диэлектрические потери: физическая сущность, виды потерь, теория релаксационных диэлектрических потерь Дебая, температурно-частотные зависимости $\operatorname{tg}\delta$ и ϵ в полярных и неполярных диэлектриках. Пробой диэлектриков: пробой газов - теории таунсендовского и стримерного разрядов, пробой твердых диэлектриков - тепловой пробой, теории Вагнера, Фока. Электрический пробой - основные закономерности и механизмы, пробой жидких диэлектриков: механизмы пробоя неочищенной жидкости, пробой чистой жидкости.	1-4
7	4	13-14	<u>Магнитные свойства твердых тел</u> . Тепловые и механические свойства твердых тел. Магнитные свойства твердых тел: классификация магнетиков - Ферромагнетизм	3-7

			- физическая природа, обменное взаимодействие, температура Кюри, домены, петля гистерезиса. Ферромагнетизм - структура ферритов, природа ферромагнетизма, особенности ферритов, области использования. Характеристики магнитотвердых и магнитомягких материалов. Использование магнитных материалов в электротехнике. Механические свойства твердых тел: диаграмма «напряжение – деформация», закон Гука, пластичность и хрупкость; прочность и твердость - теория статических предельных нагрузок [Гриффит], термофлуктуационная теория разрушения [Журков]. Тепловые свойства твердых тел: фононная и электронная теплоемкости - теория Дебая, закон Дюлонга и Пти, теплопроводность - уравнение теплопроводности, теория Дебая, ангармонизм тепловых колебаний атомов, расчет коэффициента термического расширения	
8	4	15	<u>Неметаллические материалы.</u> Стекла, керамики. Полимерные материалы. Углеродные материалы. Классификация, свойства, области использования. Наноматериалы.	2-8
9	4	16-17	Природа ферромагнетизма. Молекулярное поле Вейсса. Обменное взаимодействие. Ферромагнитные домены. Антиферромагнитные свойства. Температура Нееля. Ферромагнитное упорядочение.	2-8
10	4	18	<u>Теоретические и технологические основы производства материалов.</u> Понятие о рудах различных металлов. Принципы получения металлов из руд восстановлением, электролизом и металлотермией.	1-3

6. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Вопросы, обрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
1	2	1	Классификация магнетиков - диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики	2-3
	4		Электрический пробой - основные закономерности и механизмы, пробой жидких диэлектриков, механизмы пробоя неочищенной жидкости, пробой чистой жидкости	5-9
2	6	2	Ферромагнетизм - физическая природа,	1-4

			обменное взаимодействие, температура Кюри, домены, направления легкого намагничивания, петля гистерезиса. Ферримагнетизм - структура ферритов, природа ферримагнетизма, особенности ферритов, области использования. Характеристики магнитотвердых и магнитомягких материалов	
2	6	2	Собственные, донорные и акцепторные полупроводники	2-4
2	6	2	Тепловые свойства твердых тел - фононная и электронная теплоемкости, теория Дебая, закон Дюлонга и Пти, теплопроводность - уравнение теплопроводности, механизмы теплопередачи, теория Дебая, термическое расширение - ангармонизм тепловых колебаний атомов, расчет коэффициента термического расширения	3-8
3	6	3	Зонная теория и оптические свойства твердых тел	1-9
4	6	4	Ионная и электронная проводимость диэлектриков.	2-5
5	6	5	Поляризационные явления: основные понятия, виды поляризации.	1-4
6	6	6	Сверхпроводимость	2-5

7. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
1	2	Методы изучения кристаллического строения металлов.	1-5
2	2	Закон Гиббса. Термодинамическое обоснование фазовых превращений при нагреве и охлаждении. Влияние дислокаций на свойства сплавов.	2-5
3	2	Формирование энергетических зон в твердых телах. Приближение сильно- связанных электронов.	3-6
4	2	Особенности проводимости диэлектриков. Ионная и суперионная проводимость.	4-8
5	2	Поведение сверхпроводников в магнитных полях. Модель БКШ. Высокотемпературная сверхпроводимость.	1-9
6	2	Пьезоэлектрики, пироэлектрики и сегнетоэлектрики.	2-7
7	2	Примесная проводимость. Донорные полупроводники. Основные и неосновные носители заряда.	2-5
8	2	Магниевые сплавы. Жаропрочные алюминиевые сплавы. Сплавы титана. Сплавы бериллия. Сплавы на основе меди.	3-8
9	2	Собственные полупроводники. Механизм возникновения свободных носителей заряда. Электроны и дырки.	2-8

10	2	Особенности переработки керамических и полимерных материалов. Термообработка полимеров. Аморфное и кристаллическое состояние полимеров. Ситаллы.	2-5
11	2	Кристалл как квантово-механическая система. Уравнение Шредингера для кристалла.	1-4
12	22	Классификация магнетиков. Природа диамагнетизма.	5-7
13	20	Формирование энергетических зон в твердых телах. Приближение сильно- связанных электронов.	3-4
14	20	Понятие квазиимпульса. Зоны Бриллюэна	4-5
15	20	Теплопроводность твердых тел. Решеточная и электронная теплопроводность. Закон Видемана - Франца.	2-5 1-8
16	20	Примесная проводимость. Акцепторные полупроводники. Акцепторные примеси	

8. Перечень лабораторных работ

Не предусмотрены учебным планом

9. Расчетно-графическая работа

Не предусмотрена учебным планом

10. Курсовая работа

Не предусмотрена учебным планом

11. Курсовой проект

Не предусмотрен учебным планом

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

Сформированность компетенции ПК-11 оценивается по следующим критериям:

№ п/п	Наименование дисциплины и код по базовому учебному плану	Части компонентов	Технологии формирования	Средства и технологии оценки
1	2	3	4	5
1	Электрические и магнитные свойства твердых тел	Знать: типы современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учётом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании	Лекции, практические занятия	Устные опросы, тестирование, экзамен

	высокотехнологичных процессов.		
	Уметь: применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учётом требований технологичности, экономичности, надёжности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов.	Практические занятия	Устные опросы, тестирование
	Владеть: способностью применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учётом требований технологичности, экономичности, надёжности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов.	Практические занятия	Устные опросы, тестирование

Б.1.3.4.1. «Электрические и магнитные свойства твердых тел»

Ступени уровней освоения компетенций	Отличительные признаки
Пороговый (удовлетворительный)	Знать: типы современных неорганических и органических материалов. Уметь: применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов. Владеть: способностью применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов.
Продвинутый (хорошо)	Знать: типы современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учётом требований технологичности, экономичности, надёжности и долговечности. Уметь: применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий

	<p>эксплуатаций с учётом требований технологичности, экономичности, надёжности и долговечности.</p> <p>Владеть: способностью применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учётом требований технологичности, экономичности, надёжности и долговечности.</p>
Высокий (отлично)	<p>Знать: типы современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учётом требований технологичности, экономичности, надёжности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов.</p> <p>Уметь: применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учётом требований технологичности, экономичности, надёжности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов.</p> <p>Владеть: способностью применять знания об основных типах современных неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учётом требований технологичности, экономичности, надёжности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов.</p>

Вопросы для экзамена

1. Атомно-кристаллическое строение металлов.
2. Методы изучения структуры металлов.
3. Плавление и кристаллизация металлов.
4. Полиморфизм металлов.
5. Дефекты кристаллического строения.
6. Понятие о дислокациях.
7. Упругая и пластическая деформация металлов.
8. Основы квантовой механики

9. Химические связи в твердых тел
10. Основы кристаллографии
11. Структура твердых тел
12. Зонная теория и оптические свойства твердых тел
13. Электропроводность металлов
14. Сверхпроводимость
15. Собственные, донорные и акцепторные полупроводники
16. Электропроводность полупроводников, теория p-n – перехода, биполярные и полевые транзисторы.
17. Поляризационные явления: основные понятия, виды поляризации.
18. Ионная и электронная проводимость диэлектриков.
19. Физическая сущность диэлектрических потерь, виды потерь
20. Теория релаксационных диэлектрических потерь Дебая, температурно-частотные зависимости $\tan \delta$ и ϵ в полярных и неполярных диэлектриках.
21. Пробой газов - теории таунсендовского и стримерного разрядов, пробой твердых диэлектриков – тепловой пробой, теории Вагнера, Фока.
22. Электрический пробой - основные закономерности и механизмы, пробой жидких диэлектриков, механизмы пробоя неочищенной жидкости, пробой чистой жидкости.
23. Классификация магнетиков - диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.
24. Ферромагнетизм - физическая природа, обменное взаимодействие, температура Кюри, домены, направления легкого намагничивания, петля гистерезиса. Ферримагнетизм - структура ферритов, природа ферримагнетизма, особенности ферритов, области использования. Характеристики магнитотвердых и магнитомягких материалов.
25. Тепловые свойства твердых тел - фононная и электронная теплоемкости, теория Дебая, закон Дюлонга и Пти, теплопроводность - уравнение теплопроводности, механизмы теплопередачи, теория Дебая, термическое расширение - ангармонизм тепловых колебаний атомов, расчет коэффициента термического расширения.

Тестовые задания по дисциплине
Размещены в среде АСТ СГТУ

14. Образовательные технологии

Для достижения планируемых результатов используются следующие образовательные технологии:

1. Дистанционные на основе информационно-образовательной среды СГТУ имени Гагарина Ю.А., основе реализации возможности самостоятельного изучения материалов по всем видам образовательной деятельности в соответствии с учебным планом, в том числе до прохождения занятий, текущего дистанционного консультирования студентов.

2. Развивающее проблемно-ориентированное обучение, направленное на формирование и развитие проблемного мышления, мыслительной активности, способности видеть и формулировать проблемы, выбирать способы и средства для их решения на основе рассмотрения примеров из практической деятельности преподавателей, в области научно-практических исследований.

3. Личностно ориентированное обучение, обеспечивающие в ходе учебного процесса учет различных способностей обучаемых, создание необходимых условий для развития их индивидуальных способностей, развитие активности личности в учебном процессе в рамках самостоятельной работы.

15. Перечень учебно-методического обеспечения для обучающихся по дисциплине

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Парфенова Е.Л. Физические основы микро- и нанoeлектроники : учеб. пособие / Е.Л. Парфенова, Л.А. Терентьева, М.Г. Хусаинов. - Ростов н/Д : Феникс, 2012. - 234 с. Экземпляры всего: 8

2. Никеров В.А. Физика для вузов. Механика и молекулярная физика [Электронный ресурс]: учебник/ Никеров В.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Дашков и К, 2015.— 136 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/14630>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

3. Белкин П.Н. Механические свойства, прочность и разрушение твёрдых тел [Электронный ресурс]: учеб. пособие/ Белкин П.Н.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Вузовское образование, 2013.— 197 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18390>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

4. Буслаева Е.М. Материаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Буслаева Е.М.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012.— 148 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/735>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

5. Дворкин Л.И. Строительное материаловедение [Электронный ресурс]/ Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. — Электрон. текстовые данные.— М.: Инфра-Инженерия, 2013.— 832 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/15705>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6. Материаловедение специальных отраслей машиностроения [Электронный ресурс] / Солнцев Ю.П., Пирайнен В.Ю., Вологжанина С.А. Электрон. текстовые данные.— СПб. : ХИМИЗДАТ, 2017. – 784с. — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082939.html>

7. Дворкин Л.И. Справочник по строительному материаловедению [Электронный ресурс]: учеб.-практ. пособие/ Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. —

Электрон. текстовые данные.— М.: Инфра-Инженерия, 2013.— 472 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13557>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

8. Обработка газотермических покрытий резанием [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В. М. Ярославцев. — Электрон. текстовые данные.— М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. – 89 с. — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703836545.html>

9. Материаловедение: неметаллические и композиционные материалы: курс лекций [Электронный ресурс] / Е.А. Шуваева, А.С. Перминов — Электрон. текстовые данные.— М. : МИСиС, 2013. – 77с. — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876236869.htm>

10. Коррозия и защита металлов: газовая коррозия металлов: курс лекций [Электронный ресурс] / А.Г. Ракоч, Ю.А. Пустов, А.А. Гладкова — Электрон. текстовые данные. – М. : МИСиС, 2013. – 56с. — Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785876237330.html>

ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ИЗДАНИЯ

11. Материаловедение [Текст] : науч.-техн. журн. - М. : ООО "Наука и технологии", 1997 - . - Выходит ежемесячно. - ISSN 1684-579X(2010-2012)

12. Известия РАН. Механика твердого тела. - М. : Наука, 1966 - . - Выходит раз в два месяца. - ISSN 0572-3299(2010-2015)

16. Материально-техническое обеспечение

Лекционная аудитория площадью 60 м², оборудованная мебелью, компьютером, проектором, экраном, доской для записей фломастером или мелом, лаборатория для проведения лабораторных работ площадью 60 м², оборудованная компьютером, проектором, экраном, доской для записей фломастером или мелом, наглядными пособиями, техническими средствами

Все лекции сопровождаются демонстрацией материалов в виде презентаций Power Point с наглядными иллюстрациями, графиками, таблицами.

Наглядные пособия

1. Плакаты.
2. Образцы сталей и чугунов.
3. Образцы цветных тяжелых и легких сплавов.
4. Образцы твердых сплавов и порошковых материалов.

Технические средства

1. Микроскопы МИМ-7, МБС-1.
2. Цифровой микротвердомер HVS-1000B
3. Машина испытательная универсальная Н75К-S
4. Атомно-силовой микроскоп СММ-2000
5. Анализатор для определения площади удельной поверхности NOVA2000e
6. Универсальный лазерный комплекс LRS-50

7. Ультразвуковой дефектоскоп УСД-50