ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий
Кафедра общей физики и дидактики физики

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научно-методической
и учебной работе
_____ Е.И. Скафа
«_21_» декабря _____2016 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ФИЗИКА ДИЭЛЕКТРИКОВ»

Направление подготовки:	03.03.02 Физика
Профиль подготовки:	Общий
Образовательный уровень выпускника:	Академический бакалавр
Форма обучения:	***очная***

Донецк 2016

УТВЕРЖДАЮ:
Декан физико-технического факультета
_____Малюк Н.Г.
«16» декабря 2016 г.
М.П.

Программа учебной дисциплины **«ФИЗИКА ДИЭЛЕКТРИКОВ»** составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «04» апреля 2016 г. №284 и «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «30» октября 2015 г. №750.

Разработчик:
Д. ф-м.н., профессор кафедры теоретической физики и нанотехнологий _____ Петренко А.Г.

К. пед. н., доцент кафедры общей физики и дидактики физики _____ Пустынникова И.Н.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании
кафедры общей физики и дидактики физики ДонНУ
Протокол № 5 от «17» ноября 2016 г.
Зав. кафедрой общей физики и дидактики физики _____ Бешевли Б.И

кафедры теоретической физики и нанотехнологий
Протокол № 8 от «12» декабря 2016 г.
Зав. кафедрой теоретической физики и нанотехнологий _____Варюхин В.Н.

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией
физико-технического факультета

Протокол № 4 от «14» декабря 2016 г.

Председатель учебно-методической комиссии факультета _____ Котенко В.Н.

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе:

Программа учебной дисциплины «ФИЗИКА ДИЭЛЕКТРИКОВ» является частью основной образовательной программы в соответствии с ГОС по направлению подготовки **03.03.02** «Физика» и состоит из двух содержательных модулей: Содержательный модуль 1 «Поляризация диэлектриков и потери», Содержательный модуль 2 «Пробой и электропроводность диэлектриков. Теория надежности»

Учебная дисциплина «ФИЗИКА ДИЭЛЕКТРИКОВ» принадлежит к вариативной части профессионального блока учебного плана.

Основывается на базе дисциплин: Основывается на базе дисциплин: «Аналитическая геометрия и линейная алгебра. Теория групп», «Математический анализ», «Общая и экспериментальная физика».

2. Нормативные ссылки *(при необходимости)*

3. Структура дисциплины *(модуля)*

Характеристика учебной дисциплины	очная форма обучения на базе		*заочная форма обучения на базе		
	СОО	СПО (ускор.)	СОО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Образовательный уровень:	Бакалавр				
Направление подготовки	*03.03.02 «Физика»*				
Профиль					
Количество содержательных модулей (тем)	2(5)				
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы [1]	**Профессиональный блок,** Вариативная часть				
Формы контроля	Зачет, модульный контроль				
Показатели	очная форма обучения на базе		*заочная форма обучения на базе		
	СОО	**СПО (ускор.)*	СОО	СПО (ускор.)	ВПО (ускор.)
Количество зачетных единиц (кредитов)	2				
Количество часов	72				
Год подготовки	4				
Семестр	8				
Количество часов					
- лекционных	20				
- практических, семинарских					
- лабораторных	10				
- самостоятельной работы	42				
в т.ч. индивидуальное задание					
Недельное количество часов, т.ч.					
аудиторных	3				

СОО – среднее общее образование
СПО – среднее профессиональное образование
ВПО – высшее профессиональное образование
1- в соответствии с ООП (основной образовательной программой)

4. Описание дисциплины

Цели и задачи

Цели и задачи дисциплины: знакомство студентов с физическими явлениями, происходящими в диэлектриках при воздействии на них электрического поля: поляризация, диэлектрические потери и пробой, электропроводность.

Требования к результатам освоения дисциплины: Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по данному направлению подготовки (профилю):

общекультурные компетенции (ОК):

- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

общепрофессиональные компетенции (ОПК):

- способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего физики, химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1);
- способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);
- способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией (ОПК-5).

профессиональные компетенции (ПК):

научно-исследовательская и проектная деятельность:

- способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1);
- способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2);

научно-инновационная деятельность:

- способность пользоваться современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований (ПК-5).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен

знать:

- основные понятия физики диэлектриков: поляризация, диэлектрические потери и пробой, электропроводность;
- параметры, определяющие электрические свойства диэлектрических материалов.

уметь:

- использовать методы физики твердого тела для анализа диэлектриков;

владеть:

- основами анализа свойств реальных диэлектрических материалов и их применения.

5. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Порядковый номер и тема	**Краткое содержание темы**
	Содержательный модуль 1 «Поляризация диэлектриков и потери»
Тема 1. . Поляризация диэлектриков .	1.1. Основные определения и формулы 1.2. Механизмы поляризации 1.3. Виды поляризации 1.3.1. Электронная поляризация 1.3.2. Ионная поляризация 1.3.3. Упруго-дипольная поляризация 1.3.4. Ионно-релаксационная поляризация 1.3.5. Дипольно-релаксационная поляризация 1.3.6. Миграционная (межслоевая) поляризация 1.3.7. Электронно-релаксационная поляризация 1.3.8. Поляризация ядерного смещения 1.3.9. Остаточная (электретная) поляризация 1.3.10. Спонтанная (сегнетоэлектрическая) поляризация 1.3.11. Пьезоэлектрическая поляризация
Тема 2. Диэлектрические потери	2.1. Основные понятия и определения 2.2. Виды диэлектрических потерь 2.2.1. Потери на электропроводность 2.2.2. Релаксационные потери 2.2.3. Ионизационные потери 2.2.4. Резонансные потери 2.3. Диэлектрические потери в зависимости от агрегатного состояния вещества 2.3.1. Диэлектрические потери в газах 2.3.2. Диэлектрические потери в жидких диэлектриках 2.3.3. Диэлектрические потери в твердых диэлектриках
	Содержательный модуль 2 «Пробой и электропроводность диэлектриков. Теория надежности»
Тема 3. Пробой диэлектриков	3.1. Основные понятия 3.2. Пробой газов 3.2.1. Механизм пробоя газа 3.2.2. Пробой газа в однородном поле 3.2.3. Пробой газа в неоднородном поле 3.3. Пробой жидких диэлектриков 3.4. Пробой твердых диэлектриков 3.4.1. Электрический пробой 3.4.2. Тепловой пробой 3.4.3. Электрохимический пробой 3.4.4. Поверхностный пробой
Тема 4. Электропроводность диэлектриков	4.1. Основные понятия 4.2. Электропроводность газов 4.3. Электропроводность жидких диэлектриков 4.4. Электропроводность твердых диэлектриков 4.5. Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков
Тема 5. Основные	5.1. Виды надежности 5.2. Отказы

определения теории надежности	5.3. Эффективность 5.4. Восстановление 5.5. Характеристики надежности электрической изоляции 5.5.1. Уравнение надежности электрической твердой изоляции 5.5.2. Расчет времени до отказа твердой изоляции 5.5.3. Уравнение надежности жидкой и газообразной изоляции 5.6. Условия работы электрической изоляции 5.6.1. Классификация действующих на электрическую изоляцию нагрузок 5.6.2. Электрические напряжения 5.6.3. Температурные условия работы 5.6.4. Механические напряжения 5.6.5. Прочие воздействия. Выбор расчетных условий эксплуатации

Курс дисциплины предусматривает следующие **формы организации учебного процесса**:

1. лекции;
2. лабораторные занятия;
3. самостоятельная работа студента.

По источнику передачи и восприятия учебной информации используются словесные (лекция, беседа), наглядные (иллюстрация, демонстрация), практические (исследования, упражнения, лабораторные работы) методы.

По характеру познавательной деятельности студентов используются объяснительно-иллюстративные и репродуктивные методы, проблемное преподавание, частично-поисковый и исследовательский методы.

В зависимости от основной дидактической цели и задач используются методы устного изложения знаний, закрепление учебного материала, самостоятельной работы студентов по осмыслению и усвоению нового материала, работы по применению знаний на практике и выработке умений и навыков, проверки и оценки знаний, умений и навыков.

Используются следующие методы контроля:

1. устный контроль (экспресс-опрос на лекциях);
2. защита лабораторных работ;
3. проверка самостоятельных работ;
4. итоговый тест по вопросам к зачету.

Тематический план (*заполняется согласно учебному плану)*

	Содержательный модуль 1 «Поляризация диэлектриков и потери»																						
Названия содержательных модулей и тем	**Количество часов**																						
	Очная форма						**Заочная форма**																
							на базе общего среднего образования						**на базе среднего профессионального образования**						**на базе высшего профессионального образования**				
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	работасамостоятельная	работаиндивидуальная
Тема 1. . Поляризация диэлектриков.	15	4		2	9																		
Тема 2. Диэлектрические потери	15	4		2	9																		
Итого по модулю 1	30	8		4	18																		

Содержательный модуль 2 «Пробой и электропроводность диэлектриков. Теория надежности»																							
Названия содержательных модулей и тем	**Количество часов**																						
	Очная форма						**Заочная форма**																
							на базе общего среднего образования						**на базе среднего профессионального образования**						**на базе высшего профессионального образования**				
	всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.					всего	в т.ч.			
		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	лабораторные	работасамостоятельная	работаиндивидуальная		лекции	практические	работасамостоятельная	работаиндивидуальная
Тема 3. Пробой диэлектриков	14	4		2	8																		
Тема 4. Электропроводность диэлектриков	14	4		2	8																		
Тема 5. Основные определения теории надежности	14	4		2	8																		
Итого по дисциплине	72	20		6	16																		

6. Перечень лабораторных работ

- «Влияние давления прессования на уплотнение компакта»
- «Рентгенографический метод определения размеров нанокристаллов, их объемной доли и плотности»
- «Исследование поверхности разрушения образца при помощи растровой электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа
- «Исследование многофазного образца при помощи растровой электронной микроскопии и микрорентгеноспектрального анализа с применением энергодисперсионного спектрометра»

7. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов по курсу «ФИЗИКА ДИЭЛЕКТРИКОВ» предусматривает:

- разработки теоретических основ прослушанного лекционного материала;
- изучение отдельных тем или вопросов, которые предусмотрены для самостоятельной работы;
- подготовку к практическим занятиям;
- самостоятельное решение задач;
- подготовку к модульному контролю.

Темы для самостоятельной работы:

1. Электронно-релаксационная поляризация
2. Пьезоэлектрическая поляризация
3. Диэлектрические потери в газах
4. Пробой газа в неоднородном поле
5. Электропроводность жидких диэлектриков
6. Уравнение надежности электрической твердой изоляции

23. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

1. Механизмы поляризации
2. Виды поляризации
3. Электронная поляризация
4. Ионная поляризация
5. Упруго-дипольная поляризация
6. Ионно-релаксационная поляризация
7. Дипольно-релаксационная поляризация
8. Миграционная (межслоевая) поляризация
9. Электронно-релаксационная поляризация
10. Поляризация ядерного смещения
11. Остаточная (электретная) поляризация
12. Спонтанная (сегнетоэлектрическая) поляризация
13. Пьезоэлектрическая поляризация

24. Контрольные вопросы к зачету

1. Основные определения и формулы
2. Механизмы поляризации
3. Электронная поляризация
4. Ионная поляризация
5. Упруго-дипольная поляризация
6. Ионно-релаксационная поляризация
7. Дипольно-релаксационная поляризация
8. Миграционная (межслоевая) поляризация

9. Электронно-релаксационная поляризация
10. Поляризация ядерного смещения
11. Остаточная (электретная) поляризация
12. Спонтанная (сегнетоэлектрическая) поляризация
13. Пьезоэлектрическая поляризация
14. Виды диэлектрических потерь
15. Потери на электропроводность
16. Релаксационные потери
17. Ионизационные потери
18. Резонансные потери
19. Диэлектрические потери в зависимости от агрегатного состояния вещества
20. Диэлектрические потери в газах
21. Диэлектрические потери в жидких диэлектриках
22. Диэлектрические потери в твердых диэлектриках
23. Механизм пробоя газа
24. Пробой газа в однородном поле
25. Пробой газа в неоднородном поле
26. Пробой жидких диэлектриков
27. Электрический пробой твердых диэлектриков
28. Тепловой пробой твердых диэлектриков
29. Электрохимический пробой твердых диэлектриков
30. Поверхностный пробой твердых диэлектриков
31. Электропроводность газов
32. Электропроводность жидких диэлектриков
33. Электропроводность твердых диэлектриков
34. Поверхностная электропроводность твердых диэлектриков
35. Виды надежности. Отказы, эффективность, восстановление
36. Характеристики надежности электрической изоляции
37. Уравнение надежности электрической твердой изоляции
38. Расчет времени до отказа твердой изоляции
39. Уравнение надежности жидкой и газообразной изоляции
40. Условия работы электрической изоляции
41. Классификация действующих на электрическую изоляцию нагрузок. Электрические напряжения. Температурные условия работы. Механические напряжения. Прочие воздействия. Выбор расчетных условий эксплуатации

10. Критерии оценивания

Согласно модульному принципу организации учебного процесса содержание дисциплины «Физика диэлектриков» включает в себя два зачётных модуля. Каждый зачётный модуль состоит из теоретического материала и практических задач, выполнение которых требует овладения теорией в указанном в модуле объёме.

Оценка знаний студентов проводится по 100-балльной шкале по следующим критериям:

Зачётные модули	Форма контроля	Баллы
Содержательный модуль 1	Блок лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	15
Содержательный модуль 2		
	Блок лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	15
Зачет		50
Общий итог		100

К первому модульному контролю студент должен защитить 5 лабораторных работ. *За 1 и 2* лабораторные работы студент может получить в сумме 10 баллов.

На первом модульном контроле студент имеет возможность получить 15 баллов, ответив на вопросы из списка предложенных для самостоятельной работы.

Ко второму модульному контролю студент должен защитить 5 лабораторных работ. За*3и 4* лабораторные работы студент может получить по 10 баллов.

На втором модульном контроле студент имеет возможность получить 15 баллов, ответив на вопросы из списка предложенных для самостоятельной работы.

На зачете студент имеет возможность получить 50 баллов. Основой для получения оценки на зачете является уровень овладения студентами материала курса «Физика диэлектриков», предусмотренного учебным планом направления подготовки 03.03.02 Физика. От студента требуется устное изложение ответов на два теоретических вопроса. Ответ на каждый из вопросов оценивается в 25 баллов.

(Разрабатываются и утверждаются кафедрой на основе Положения ДонНУ)

Оценка по 100-балльной шкале, которая действует в ДонНУ	**По шкале ECTS**	**Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет. зачёт)**	**Определение**
90–100	A	«Отлично» (5) (зачтено)	отлично – отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
80–89	B	«Хорошо» (4) (зачтено)	хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%)
75–79	C		хорошо – в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%)
70–74	D	«Удовлетворительно» (3) (зачтено)	удовлетворительно – неплохо, но со значительным количеством недостатков
60–69	E		достаточно – выполнение удовлетворяет минимальные критерии
35–59	FX	«Неудовлетворительно» с возможностью повторной аттестации (2) (не зачтено)	неудовлетворительно – надо поработать над тем, как получить положительную оценку
0-34	F	2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов

11. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

Для проведения **лекционных занятий** используется аудитория 304 «Компьютерный класс», оборудованная интерактивной доской и мультимедийным проектором.

Для проведения **лабораторных занятий** используется ауд. 304а Учебно-научная лаборатория «Рентгеноструктурного анализа», оборудованная

-Рентгеновским дифрактометром ДРОН-4-07;

- ЭВМ для регистрации сигналов.

12. Рекомендованная литература

Основная

1. Киттель Ч. Квантовая теория твердого тела. М., «Наука», 1967.- 492 с.
2. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М., «Мир» 1974, 472 с.
3. Вонсовский С.В., Кацнельсон М.И. Квантовая физика твердых тел. М., «Наука», 1983, 336 стр.
4. Займан Дж. Физика металлов. 1. Электроны. М., «Мир», 1972, 464 стр.
5. Харрисон У. Теория твердого тела. М., «Мир», 1972, *480 стр.*
6. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. М., «Мир», 1979, т.1. 400 стр., т.2, 424 стр.
7. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., «Наука», 1978, 792 стр.
8. Уэрт У., Томсон Р. Физика твердого тела. М., «Мир», 1969, 590 стр.
9. Лмфшиц И.М., Азбель М.Я., Каганов М.И. Электронная теория металлов. М., «Наука», 1971, *490 стр*.
10. Абрикосов А.А. 1. Теория нормальных металлов. М., «Наука», 1987, 520 стр. 2. Введение в теорию нормальных металлов. М., «Наука», 1972, 288 стр.
11. Френкель Я.И. Введение в теорию металлов. Л., «Наука», 1972, 424 стр.
12. Блатт Ф. Физика электронной проводимости в твердых телах. М., «Мир», 1971, 472 стр.
13. Брандт Н.Б., Чудинов С.М. Электронная структура металлов. М., изд-во МГУ, 1973, 332 стр.
14. Ансельм А.И. Введение в теорию полупроводников. М., «Наука», 1978, *480 стр*.
15. Бонч – Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. М., «Наука», 1971, *480 стр*.
16. Харрисон У. Псевдопотенциалы в теории металлов. М., «Мир», 1968, 368 стр.
17. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М., «Высщая школа», 2000, 494 с.
18. С.Крупичка. Физика ферритов и родственных им окислов. т.1,2. М., Мир, 1976.
19. Э.Л.Нагаев. Физика магнитных полупроводников. М., Наука, 1979.
20. Д. Сан-Жам, Г. Сарма, Е. Томас, Сверхпроводимость второго рода. - М., Мир, 1970.
21. М. Тинкхам, Введение в сверхпроводимость. М. Атомиздат, 1980.
22. Н. М. Плакида. Высокотемпературные сверхпроводники. М., 1996.
23. Поплавко Ю.М. Фізика диэлектриков. Киев: Вища школа. 1980.-398с.
24. Губкин А.Н. Фізика диэлектриков М.: Высшая школа. 1971.- 273с.
25. . Струков Б.А. Физические основы сегнетоэлектрических явлений в кристалах. М: наука. 1983-245с.
26. Лебедев И.В. Техника и приборы СВЧ. М: Высшая школа. 1970- 440с.
27. Приседский В.В., Петренко А.Г. Материалы с особами диэлектрическими свойствами. Учебное пособие. Киев: УМО ВО Украины. 1986-110с.
28. Петренко А.Г., Приседский В.В. Дефекты структуры в сегнетоэлектриках. Учебное пособие. Киев: УМО ВО Украины . 1987-125с.
29. Петренко А.Г., Жмыхов Г.В. Методические указания, программа и контрольне задания по курсу «Фізика диэлектриков». Донецк: ДонГУ.1987-16с.
30. Петренко О.Г. Дефекти структури та властивості перовскітових сполук (монографія). Донецьк: Юго-Восток. 1997-2О8с.

31. Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах.- М.: Металлургия, 1978.-248 с.
32. Физическое металловедение/ Под ред. Р.Кана и П.Хаазена. Том 2.-М.: Металлургия, 1987.-788 с.
33. Лариков Л.Н., Исайчев В.И. Диффузия в металлах и сплавах.- Киев: Наукова думка,1987.- 568 с.
34. Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса / Пер. с англ. - М.: Химия, 1974.- 496 с.
35. Лариков Л.Н. Диффузионные процессы в нанокристаллических материалах./Металлофизика и новейшие технологии.- 1995.- Т.17, №1.- С.49-53.

Дополнительная

1. Косевич А.М. Основы механики кристаллической решетки. М., «Наука», 1985- 280 с.
2. Хирт Дж., Лоте Н. Теория дислокаций. М., «Мир», 1972.- 600 с.
3. Най Дж. Физические свойства кристаллов. М., «Мир», 1970.- 388 с.
4. Эшелби Дж. Континуальная теория дислокаций. М., ИЛ, 1963.- 246 с.
5. Займан Дж. Модели беспорядка. М., «Мир», 1982.- 592 с.
6. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. М., «Наука», 1982.- 240 с.
7. Де Жен П. Сверхпроводимость металлов и сплавов. М., «Мир», 1968.- 280 с.
8. Линтон Э. Сверхпроводимость. М., «Мир», 1971.- 264 с.
9. Борн М., Хуань Кунь. Динамическая теория кристаллических решеток. М., «Мир», 1958.- 320 с.
10. Давыдов А.С. Теория твердого тела. М., «Наука», 1976.- 640 с.

13. Информационные ресурсы

1. http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/index.html

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2017 год. Протокол заседания кафедры
№ ___ от _____

Зав. кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2018/2019 год. Протокол заседания кафедры № ___ от ____

Зав. кафедрой _____ _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2019/2020 год. Протокол заседания кафедры № ___ от ____

Зав. кафедрой _____ _____

31. Бокштейн Б.С. Диффузия в металлах.- М.: Металлургия, 1978.-248 с.
32. Физическое металловедение/ Под ред. Р.Кана и П.Хаазена. Том 2.-М.: Металлургия, 1987.-788 с.
33. Лариков Л.Н., Исайчев В.И. Диффузия в металлах и сплавах.- Киев: Наукова думка,1987.- 568 с.
34. Берд Р., Стьюарт В., Лайтфут Е. Явления переноса / Пер. с англ. - М.: Химия, 1974.- 496 с.
35. Лариков Л.Н. Диффузионные процессы в нанокристаллических материалах./Металлофизика и новейшие технологии.- 1995.- Т.17, №1.- С.49-53.

Дополнительная

1. Косевич А.М. Основы механики кристаллической решетки. М., «Наука», 1985- 280 с.
2. Хирт Дж., Лоте Н. Теория дислокаций. М., «Мир», 1972.- 600 с.
3. Най Дж. Физические свойства кристаллов. М., «Мир», 1970.- 388 с.
4. Эшелби Дж. Континуальная теория дислокаций. М., ИЛ, 1963.- 246 с.
5. Займан Дж. Модели беспорядка. М., «Мир», 1982.- 592 с.
6. Шмидт В.В. Введение в физику сверхпроводников. М., «Наука», 1982.- 240 с.
7. Де Жен П. Сверхпроводимость металлов и сплавов. М., «Мир», 1968.- 280 с.
8. Линтон Э. Сверхпроводимость. М., «Мир», 1971.- 264 с.
9. Борн М., Хуань Кунь. Динамическая теория кристаллических решеток. М., «Мир», 1958.- 320 с.
10. Давыдов А.С. Теория твердого тела. М., «Наука», 1976.- 640 с.

13. Информационные ресурсы

1. http://www.msm.cam.ac.uk/phase-trans/index.html

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2017 год. Протокол заседания кафедры
№ 1 от 28.08.2017

Зав. кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2018/2019 год. Протокол заседания кафедры № 1 от 20.08.2018

Зав. кафедрой _____ _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 2019/2020 год. Протокол заседания кафедры № ___ от ____

Зав. кафедрой _____ _____