

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.А. Небольсин
«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Основы сверхпроводимости»

Направление подготовки 14.03.01 ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И
ТЕПЛОФИЗИКА

Профиль Техника и физика низких температур

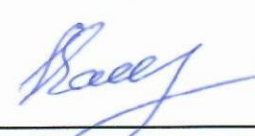
Квалификация выпускника бакалавр

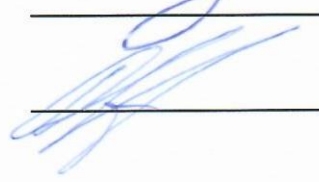
Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы  /Шушлебин И.М./

Заведующий кафедрой
Физики твердого тела  /Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП  /Калядин О.В./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

обеспечение фундаментальными знаниями в области физики сверхпроводящего состояния твердого тела (понятие сверхпроводимости; основные закономерности; влияние внешних условий на сверхпроводимость; термодинамика сверхпроводников) и получение практических навыков в области физики сверхпроводников

1.2. Задачи освоения дисциплины

- освоение фундаментальных представлений об особом состоянии некоторых твердых тел после охлаждения их до температуры ниже критической;

- изучение основ фундаментальной теории БКШ, ее связь с происходящей перестройкой в подсистеме электронов, влияние кристаллической решетки;

- усвоение связи между технологией создания сверхпроводников их критическими параметрами и свойствами с целью управления последними.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы сверхпроводимости» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Основы сверхпроводимости» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - готовностью к участию в проведении физического и численного эксперимента, к подготовке соответствующих экспериментальных стендов

ПКВ-6 - способностью использовать полученные специализированные знания для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники

ПКВ-7 - готовностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способен привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	Знать методы измерения и определения основных свойств сверхпроводников
	Уметь экспериментально определять основные свойства сверхпроводников
	Владеть навыками экспериментального определения основных свойств сверхпроводников
ПКВ-6	Знать физические основы сверхпроводимости, необходимые для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств

	Уметь использовать физические основы сверхпроводимости при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств
	Владеть навыками использования физических основ сверхпроводимости при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств
ПКВ-7	Знать физико-математический аппарат электродинамики
	Уметь использовать для решения задач связанных с практическим применением сверхпроводимости и возникающих в ходе профессиональной деятельности физико-математический аппарат электродинамики
	Владеть навыками использования физико-математического аппарата электродинамики для решения задач возникающих в ходе профессиональной деятельности и связанных с практическим применением сверхпроводимости

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы сверхпроводимости» составляет 6 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		5	6
Аудиторные занятия (всего)	90	54	36
В том числе:			
Лекции	36	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18	-
Лабораторные работы (ЛР)	36	18	18
Самостоятельная работа	90	18	72
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	216	72	144
зач.ед.	6	2	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Физические свойства материалов при низких температурах	Общие сведения о сверхпроводниках. Свойство газов при низких температурах. Открытие сверхпроводимости. Развитие теории сверхпроводимости. Применение сверхпроводников. Ускорительные магниты. ЯМР – томографы. Применение низкотемпературных сверхпроводников в энергетике. Применение высокотемпературных сверхпроводников	4	6	6	6	30
2	Классическая электродинамика и термодинамика сверхпроводников	Сопротивление сверхпроводников. Эффект Мейснера. Глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник. Классическая электродинамика сверхпроводников. Теория Лондонов. Двухжидкостная модель сверхпроводников. Уравнение Лондонов. Уравнение Лондонов для векторного потенциала. Проникновения магнитного поля в сверхпроводник. Полная система уравнений сверхпроводника. Кинетическая индуктивность. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках. Обобщенный импульс заряженной частицы в магнитном поле. Квант магнитного потока. Основные принципы термодинамики. Термодинамика перехода в сверхпроводящее состояние. Связь между магнитными и тепловыми свойствами сверхпроводника. Теплоемкость и теплопроводность сверхпроводника.	6	6	6	6	32
3	Нелокальная электродинамика Пиппарда. Поверхностная энергия сверхпроводников. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода	Длина когерентности сверхпроводников, параметр Гинзбурга – Ландау. Поверхностная энергия сверхпроводников. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода. Промежуточное состояние в сверхпроводниках 1-го рода. Промежуточное состояние цилиндрического сверхпроводника с током. Намагничивание сверхпроводников 1-го рода. Общие свойства сверхпроводников 2-го рода. Магнитное поле одиночного вихря. Смешанное состояние сверхпроводников 2-го рода. Проникновение вихрей в сверхпроводник. Сила взаимодействия между вихрями. Первое критическое поле. Второе критическое поле. Поверхностная сверхпроводимость. Намагничивание сверхпроводников 2-го рода.	6	6	6	6	32
4	Теории сверхпроводимости	Теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Общие свойства квантовых жидкостей. Квантовые свойства электронов проводимости в металле. Квантовые свойства ионной решетки металлов. Экспериментальные данные, важные для построения микроскопической теории сверхпроводимости. Кристаллографический эксперименты. Изотопический эффект. Коэффициент отражения электромагнитного излучения от поверхности сверхпроводника. Электрон – фононное взаимодействие. Куперовские пары.	6		6	24	28

		Свойства основного состояния сверхпроводника. Энергетическая щель. Незатухающий ток в сверхпроводниках.					
5	Сверхпроводники 2-го рода в токовом состоянии	Силы, действующая на вихревую нить. Течение потока. Пиннинг. Энергия вихря в сверхпроводящей пластине с током. Взаимодействие вихря с нормальным включением. Теория критического состояния Кима – Андерсона. Модель критического состояния Бина – Лондона. Модель критического состояния Кима.	6		6	24	28
6	Высокотемпературные сверхпроводники	Открытие высокотемпературной сверхпроводимости. История открытия Кристаллическая структура. Особенности кристаллической структуры. Химическая сложность и химические сверхпроводники. Особенности физических свойств. Особенности сверхпроводящих свойств. Фазовые соотношения. Катионная нестехиометрия. Висмутовые ВТСП, ртутники, геометрическая стабильность. Анионная нестехиометрия. "Химическое давление" и гофрировка структуры, а также расслаивание с образованием наноплюс-структуры. Диаграммы Time-Temperature-Transformation. Методы синтеза ВТСП-фаз и получение ВТСП-материалов. Ленты в металлической оболочке. Тонкие пленки. Крупнокристаллическая керамика. Монокристаллы. Применение ВТСП.	8		6	24	30
Итого			36	18	36	90	180

5.2 Перечень лабораторных работ

- Изучение резистивного сверхпроводящего перехода
- Изучение индуктивного сверхпроводящего перехода
- Влияние силы транспортного тока на резистивный переход
- Влияние внешнего магнитного поля на резистивный переход
- Приготовление смеси порошков для изготовления иттриевого металлооксида и его синтез
- Размол иттриевого металлооксида, прессование и спекание ВТСП

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

- «аттестован»;
- «не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	Знать методы измерения и определения основных свойств сверхпроводников	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь экспериментально определять основные свойства сверхпроводников	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками экспериментального определения основных свойств сверхпроводников	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-6	Знать физические основы сверхпроводимости, необходимые для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать физические основы сверхпроводимости при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками использования физических основ сверхпроводимости при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-7	Знать физико-математический аппарат электродинамики	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать для решения задач связанных с практическим применением сверхпроводимости и возникающих в ходе профессиональной деятельности физико-математический аппарат электродинамики	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками использования физико-математического аппарата электродинамики для решения задач возникающих в ходе профессиональной деятельности и связанных с практическим применением сверхпроводимости	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5, 6 семестре для очной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-2	Знать методы измерения и определения основных свойств сверхпроводников	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Уметь экспериментально определять основные свойства сверхпроводников	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Владеть навыками экспериментального определения основных свойств сверхпроводников	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
ПКВ-6	Знать физические основы сверхпроводимости, необходимые для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Уметь использовать физические основы сверхпроводимости при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Владеть навыками использования физических основ сверхпроводимости при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
ПКВ-7	Знать физико-математический аппарат электродинамики	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Уметь использовать для решения задач связанных с практическим применением сверхпроводимости и возникающих в ходе профессиональной деятельности физико-математический аппарат электродинамики	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Владеть навыками использования физико-математического аппарата электродинамики для решения задач возникающих в ходе профессиональной деятельности и связанных с практическим применением сверхпроводимости	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов

или

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-2	Знать методы измерения и определения основных свойств сверхпроводников	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Уметь экспериментально определять основные свойства сверхпроводников	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Владеть навыками экспериментального определения основных свойств сверхпроводников	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
ПКВ-6	Знать физические основы сверхпроводимости, необходимые для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Уметь использовать физические основы сверхпроводимости при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Владеть навыками использования физических основ сверхпроводимости при проектировании, создании и эксплуатации разнообразных сверхпроводящих устройств	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
ПКВ-7	Знать физико-математический аппарат электродинамики	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Уметь использовать для решения задач связанных с практическим применением сверхпроводимости и возникающих в ходе профессиональной деятельности физико-математический аппарат электродинамики	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Владеть навыками использования физико-математического аппарата электродинамики для решения задач возникающих в ходе профессиональной деятельности и	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов

	связанных с практическим применением сверхпроводимости					
--	--	--	--	--	--	--

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Общие сведения о сверхпроводниках.
2. Свойство газов при низких температурах.
3. Открытие сверхпроводимости.
4. Развитие теории сверхпроводимости.
5. Применение сверхпроводников.
6. Ускорительные магниты.
7. ЯМР – томографы.
8. Применение низкотемпературных сверхпроводников в энергетике Применение высокотемпературных сверхпроводников
9. Сопротивление сверхпроводников.
10. Эффект Мейснера.
11. Глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник.
12. Классическая электродинамика сверхпроводников.
13. Теория Лондонов.
14. Двухжидкостная модель сверхпроводников.
15. Уравнение Лондонов.
16. Уравнение Лондонов для векторного потенциала.
17. Проникновения магнитного поля в сверхпроводник.
18. Полная система уравнений сверхпроводника.
19. Кинетическая индуктивность.
20. Квантование магнитного потока в сверхпроводниках.
21. Обобщенный импульс заряженной частицы в магнитном поле.
22. Квант магнитного потока.
23. Основные принципы термодинамики.
24. Термодинамика перехода в сверхпроводящее состояние.
25. Связь между магнитными и тепловыми свойствами сверхпроводника.
26. Теплоемкость и теплопроводность сверхпроводника.
27. Длина когерентности сверхпроводников, параметр Гинзбурга – Ландау.
28. Поверхностная энергия сверхпроводников.
29. Сверхпроводники 1-го и 2-го рода.

30. Промежуточное состояние в сверхпроводниках 1-го рода.
31. Промежуточное состояние цилиндрического сверхпроводника с током.
32. Намагничивание сверхпроводников 1-го рода.
33. Общие свойства сверхпроводников 2-го рода.
34. Магнитное поле одиночного вихря.
35. Смешанное состояние сверхпроводников 2-го рода.
36. Проникновение вихрей в сверхпроводник.
37. Сила взаимодействия между вихрями.
38. Первое критическое поле.
39. Второе критическое поле.
40. Поверхностная сверхпроводимость.
41. Намагничивание сверхпроводников 2-го рода.

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау.
2. Общие свойства квантовых жидкостей.
3. Квантовые свойства электронов проводимости в металле.
4. Квантовые свойства ионной решетки металлов.
5. Экспериментальные данные, важные для построения микроскопической теории сверхпроводимости.
6. Кристаллографические эксперименты.
7. Изотопический эффект.
8. Коэффициент отражения электромагнитного излучения от поверхности сверхпроводника.
9. Электрон – фононное взаимодействие.
10. Куперовские пары.
11. Свойства основного состояния сверхпроводника.
12. Энергетическая щель.
13. Незатухающий ток в сверхпроводниках.
14. Силы, действующая на вихревую нить.
15. Течение потока.
16. Пиннинг.
17. Энергия вихря в сверхпроводящей пластине с током.
18. Взаимодействие вихря с нормальным включением.
19. Теория критического состояния Кима – Андерсона.
20. Модель критического состояния Бина – Лондона.
21. Модель критического состояния Кима.
22. Открытие высокотемпературной сверхпроводимости.
23. История открытия Кристаллическая структура.
24. Особенности кристаллической структуры.
25. Химическая сложность и химические сверхпроводники.
26. Особенности физических свойств Особенности сверхпроводящих свойств.
27. Фазовые соотношения.
28. Катионная нестехиометрия.

29. Висмутовые ВТСП, ртутники, геометрическая стабильность.
30. Анионная нестехиометрия.
31. "Химическое давление" и гофрировка структуры, а также расслаивание с образованием наноплюсуктуация состава.
32. Диаграммы Time-Temperature-Transformation.
33. Методы синтеза ВТСП-фаз и получение ВТСП-материалов.
34. Ленты в металлической оболочке.
35. Тонкие пленки.
36. Крупнокристаллическая керамика.
37. Монокристаллы.
38. Применение ВТСП.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 5 стандартных задач и 5 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, правильно решенная задача оценивается в 2 балла. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 15 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 15 до 20 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Физические свойства материалов при низких температурах	ПК-2, ПКВ-6, ПКВ -7	Тест, устный опрос, защита лабораторных работ, зачет
2	Классическая электродинамика и термодинамика сверхпроводников	ПК-2, ПКВ-6, ПКВ -7	Тест, устный опрос, защита лабораторных работ, зачет
3	Нелокальная электродинамика Пиппарда. Поверхностная энергия сверхпроводников.	ПК-2, ПКВ-6, ПКВ -7	Тест, устный опрос, защита лабораторных работ, зачет
4	Сверхпроводники 1-го и 2-го рода	ПК-2, ПКВ-6, ПКВ -7	Тест, устный опрос, защита лабораторных работ, экзамен

5	Теории сверхпроводимости	ПК-2, ПКВ-6, ПКВ -7	Тест, устный опрос, защита лабораторных работ, экзамен
6	Сверхпроводники 2-го рода в токовом состоянии	ПК-2, ПКВ-6, ПКВ -7	Тест, устный опрос, защита лабораторных работ, экзамен

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

- Лыков С.Н. Сверхпроводимость полупроводников: Учеб. пособие / Под общ. ред. В.И.Ильина, А.Я.Шика. - СПб.: Наука, 2001. - 104 с
- Гинзбург В.Л. Сверхпроводимость. – М.: Педагогика, 1990. - 112 с.
- Вонсовский С.В. Сверхпроводимость переходных металлов, их сплавов и соединений. - Москва : Наука, 1977. - 383 с.
- Буккель В. Сверхпроводимость: Основы и приложения / Пер. с нем. Ю. А. Башкирова. – М.: Мир, 1975. - 366 с.
- Милошенко В.Е. Словарь терминов технической сверхпроводимости : Учеб. пособие. – Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2011. - 84 с. - 66-31

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- SMath Studio

- Mathcad
- Advanced Grapher
- Microsoft Windows 10
- Microsoft Office 2013/2007
- Refprop 8.0
- <https://elibrary.ru>
- <https://cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой

Учебная лаборатория физики низких температур, включающая: стенды для выполнения лабораторных работ; оборудование, инструменты, материалы необходимые для осуществления операции развития практических навыков; датчики для работы и проведения измерений.

Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения практических занятий

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Основы сверхпроводимости» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета термодинамических и электродинамических свойств сверхпроводников. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, про-

	смотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видео-записей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.