

«УТВЕРЖДАЮ»

**И.о. декана инженерно-физического
факультета**

М.Ф. /Алиева М.Ф.

« 16 » марта 2021 г.



Рабочая программа дисциплины

Б1.В.06 Специальный физический практикум по физике твердого тела

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность: Фундаментальная физика

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Майкоп, 2021

Факультет: Инженерно-физический

Кафедра: Теоретической физики

Составитель (разработчик) программы:

к.ф.-м.н., доцент Жукова И.Н.



Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры теоретической физики,
протокол № 8 от «16» марта 2021 г.

Заведующий кафедрой: д.ф.-м.н., доцент Тлячев В.Б.



Согласовано:

Председатель УМК факультета: ст. преподаватель Плисенко О.А.



Содержание

| | стр. |
|---|------|
| Пояснительная записка | 4 |
| 1. Цели и задачи дисциплины | 5 |
| 2. Объём дисциплины по видам учебной работы | 6 |
| 3. Содержание дисциплины | 7 |
| 4. Самостоятельная работа обучающихся | 8 |
| 5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины | 9 |
| 6. Образовательные технологии | 10 |
| 7. Методические рекомендации по дисциплине | 11 |
| 8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов | 12 |
| 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины | 13 |
| 10. Лист регистрации изменений | 14 |

Пояснительная записка

Рабочая программа дисциплины «Специальный физический практикум по физике твердого тела» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика, направленность (профиль) Фундаментальная физика.

Дисциплина «Специальный физический практикум по физике твердого тела» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин учебного плана.

Для освоения дисциплины «Специальный физический практикум по физике твердого тела» необходимы знания, умения и владения, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин:

1. Основы математического анализа:
 - а) Дифференциальное и интегральное исчисление функции одной переменной;
 - б) дифференциальное и интегральное исчисление функции нескольких переменных (частные производные, интегралы линейные, поверхностные, объемные);
 - в) ряды;
2. Аналитическая геометрия и линейная алгебра:
 - а) линии первого и второго порядка;
3. Теория вероятностей и математическая статистика:
 - а) вероятность, надежность результата измерения, распределение Гаусса, коэффициент Стьюдента, среднее квадратичное отклонение;
4. Элементарная физика (Введение в физику).
5. Молекулярная физика.
6. Электричество и магнетизм.

Трудоемкость дисциплины: 2 з.е./ 72 ч.;

контактная работа: 66,25 ч.;
лабораторные занятия 64 ч.,
контроль самостоятельной работы 2 ч.,
иная контактная работа 0,25 ч.,
СР 5,75 ч.,
Контроль – 0 ч.

Ключевые слова:

техника безопасности, электропроводность, проводник, полупроводник, удельное сопротивление, температурная зависимость сопротивления, энергия ионизации (активации), напряженность электрического поля, эффект Холла, концентрация носителей заряда, подвижность носителей заряда, контактные явления, контактная разность потенциалов, термопара, электронно-дырочный переход, фотодиод, фотоэлемент, термосопротивление, термоэлемент, транзистор.

1. Цели и задачи изучения дисциплины

Дисциплина «Специальный физический практикум по физике твердого тела» занимает важное место в системе подготовки физиков, играет главную роль в ознакомлении студентов с экспериментальными основами фундаментальных физических законов и явлений и в привитии им навыков самостоятельного планирования и проведения современного физического эксперимента.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1

| Компетенция (код и наименование) | Индикаторы достижения компетенций (код и наименование) | Результаты обучения |
|---|---|---|
| ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные. | ОПК-2.1. Разрабатывает математические модели физических объектов, систем и процессов. Осваивает современное физическое оборудование различного назначения, работает на нем. | <u>Знает</u> основные понятия фтг; физический смысл основных измеряемых в эксперименте величин физики твердого тела, особенности строения полупроводниковых конденсированных сред; <u>умеет</u> на качественном уровне объяснить механизмы проводимости металлов, полупроводников; <u>владеет</u> навыками анализа физических процессов в конкретной физической задаче. |
| | ОПК-2.2. Выбирает способы и средства измерений при проведении конкретного исследования. Выбирает методы обработки и представления экспериментальных данных, оценки погрешности результатов измерений. | <u>знает</u> правила техники безопасности при проведении экспериментальных исследований; <u>умеет</u> оценить порядки физических величин и их наименования; <u>владеет</u> навыками анализа экспериментальных данных и полученного результата. |
| ПК-1. Способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин. | ПК-1.2. Применяет специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин. | <u>знает</u> виды измерений, способы обработки результатов измерений; <u>умеет</u> использовать при работе справочную и учебную литературу, находить другие необходимые источники информации и работать с ними; <u>владеет</u> навыками работы с измерительными приборами и установками, навыками самостоятельного планирования и проведения физического эксперимента. |
| ПК-5. Способностью пользоваться | ПК-5.1. Использует современные приемы | <u>Знает</u> современные приемы обработки информации и представления экспери- |

| Компетенция (код и наименование) | Индикаторы достижения компетенций (код и наименование) | Результаты обучения |
|---|--|---|
| ся современными методами обработки, анализа и синтеза физической информации в избранной области физических исследований | обработки информации и представления экспериментальных данных. | ментальных данных; <u>умеет</u> оценить точность и достоверность полученных результатов; <u>владеет</u> приемами обработки экспериментальной информации и представления экспериментальных данных. |

2. Объем дисциплины по видам учебной работы

Объем дисциплины (модуля) общая трудоемкость: 23.е./ 72 ч.

Форма обучения очная

Таблица 2

| Виды учебной работы | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|-------------------------------|--------------|------------------------------------|
| | | VI семестр |
| Общая трудоемкость дисциплины | 72 | 72 |
| Контактная работа: | 66,25 | 66,25 |
| Лабораторные занятия (ЛЗ) | 64 | 64 |
| КСР | 2 | 2 |
| ИКР | 0,25 | 0,25 |
| Самостоятельная работа (СР) | 5,75 | 5,75 |
| Вид итогового контроля | зачет | зачет |

3. Содержание дисциплины

Распределение часов по темам и видам учебной работы

Форма обучения очная, семестр 6.

Таблица 3

| № раз- дела | Наименование разделов и их содержание | Количество часов | | | | | | Сам. работа (СР) |
|-------------------|---|------------------|-------------------------|----|----|-----|------|------------------------|
| | | Все- го | Аудиторная работа | | | | | |
| | | | Л | ПЗ | ЛР | КСР | ИКР | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Цикл 1. (Модуль 1.) Объём- ные свойства металлов и полупроводников. Вводное занятие, ЛР№ 1-5 | 37 | - | - | 32 | 1 | | 4 |
| 2 | Цикл 2. (Модуль 2.) Кон- тактные явления и свойства электронно-дырочных пере- ходов. Изучение полупро- водниковых приборов ЛР№6-10. Итоговое занятие. | 35 | - | - | 32 | 1 | 0,25 | 1,75 |
| Итого | | 72 | - | - | 64 | 2 | 0,25 | 5,75 |
| | | | Итого ауд.: 66,25 часов | | | | | |

3.1. Перечень лабораторных работ

Таблица 3.1

| №ЛР | Название лабораторных работ |
|---|---|
| Модуль 1. Объёмные свойства полупроводников | |
| 1 | Исследование электропроводности и определение удельного сопротивления полупроводников 4-х зондовым методом |
| 2 | Исследование температурной зависимости сопротивления металла. |
| 3 | Исследование температурной зависимости сопротивления полупроводника и определение энергии ионизации (активации) |
| 4 | Изучение свойств сегнетоэлектриков |
| 5 | Определение скорости распространения продольных звуковых волн в тв. телах |
| Модуль 2. Контактные явления и свойства электронно-дырочных переходов. Полупроводниковые приборы | |
| 6 | Электронно-дырочный переход. Исследование диодов |
| 7 | Исследование транзистора |
| 8 | Исследование фотоэлектрических свойств электронно-дырочного перехода. Изучение работы фотореле. |
| 9 | Исследование термоэлектрических явлений в полупроводниках. |
| 10 | Градуирование термопары. |

4. Самостоятельная работа обучающихся

Содержание самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

| № п/п | Вид самостоятельной работы | Разделы или темы раб. программы | Форма отчетности |
|---|---|------------------------------------|--|
| 1 | Изучение теор. материала по лабораторным описаниям; конспектирование лабораторных описаний; | Цикл 1 2 ч | Опрос по вопросам на допуск к ЛР, проверка конспекта лабораторных описаний преподавателем |
| 2 | подготовка к новому лабораторному занятию (составление схем опыта, таблиц), оформление и подготовка к защите выполненных лабораторных работ). | Цикл 1 2 ч | Собеседование по новой ЛР, сдача отчета по выполненной ЛР, собеседование по контрольным вопросам к ЛР. |
| 3 | <u>Аудиторная: КСР</u> проверка лабораторных отчетов | Цикл 1 1 ч (КСР) | Защита отчета по ЛР |
| Всего часов по 1 циклу: 4час СР, 1час КСР | | | |
| 4 | Изучение теор. материала по лабораторным описаниям; конспектирование лабораторных описаний; | Цикл 2 1 ч | Опрос по вопросам на допуск к ЛР, проверка конспекта лабораторных описаний преподавателем |
| 5 | подготовка к новому лабораторному занятию (составление схем опыта, таблиц), оформление и подготовка к защите выполненных лабораторных работ). | Цикл 2 0,75 ч | Собеседование по новой ЛР, сдача отчета по выполненной ЛР, собеседование по контрольным вопросам к ЛР. |
| 6 | <u>Аудиторная: КСР</u> проверка лабораторных отчетов | Цикл 2 1 ч (КСР) | Защита отчета по ЛР |
| Всего часов по 2 циклу: 1,75час СР, 1час КСР | | | |
| Итого: 5,75 часов СР, 2 часа КСР | | | |

4.1. Темы курсовых работ (проектов) или семестровых заданий

Учебным планом курсовые работы не предусмотрены.

4.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Методические указания к лабораторным работам.
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://edu.ru/>.
3. Национальная платформа открытого образования <https://openedu.ru/>.
4. ЭБС АГУ - <http://adynet.bibliotech.ru>.
5. Российская электронная школа <https://resh.edu.ru/>.
6. Лекторий Физтеха - видеолекции - <https://mipt.lectoriy.ru/>.
7. Физика для всех - <https://questions-physics.ru/>.
8. Методические указания к выполнению лабораторных работ.

5. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1.Основная литература

Таблица 5.1

| № п/п | Наименование, библиографическое описание | Наличие грифа |
|-------|---|---------------|
| 1 | Лебедев, А. И. Физика полупроводниковых приборов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А. И. Лебедев.- М.: Физматлит, 2008.- 488с.- 978-5-9221-0995-6. ЭБС: Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=68403 Гриф: Рекомендовано УМО по классическому университетскому образованию РФ в качестве учебного пособия для студентов ВУЗов, обучающихся по специальностям 010701— «Физика», 010704— «Физика конденсированного состояния вещества», 010803— «Микроэлектроника и полупроводниковые приборы» | Гриф |
| 2 | Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов.- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 294 с. - 978-5-9963-0290-1. ЭБС: Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=95477 Гриф: Допущено Научно-методическим советом по физике МОиН РФ в качестве уч. пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям | Гриф |
| 3 | Лебедев А.И. Физика п/п приборов.- М.: Физматлит, 2008. - 488 с. | |

5.2.Дополнительная литература

Таблица 5.2

| № п/п | Наименование, библиографическое описание |
|-------|---|
| 4 | Скулкина, Н.А. Основы обработки результатов измерений : учебное пособие / Н.А. Скулкина, А.С. Волегов, Е.А. Степанова ; под общ. ред. Е.А. Степановой ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2014. – 96 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=276538 Рекомендовано Методическим советом УрФУ в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программе бакалавриата по направлениям подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология», 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника», 03.03.02 «Физика» |
| 5 | Общая физика: молекулярная физика и термодинамика. Атомная, квантовая и ядерная физика. Физика твёрдого тела / Ю.М. Головин, Ю.П. Ляшенко, В.Н. Холодильин, В.М. Поликарпов ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2013. – 96 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277709 Допущено Научно-методическим советом по физике Министерства образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия для для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям |
| 6 | Гуртов В.А. Твердотельная электроника: учеб. пособие.- 2-е изд., доп. - М.: Техносфера, 2005. - 408 с. |
| 7 | Федотов, А.К. Физическое материаловедение. В 3-х ч. Часть 1. Физика твердого тела. [Электронный ресурс]: учебное пособие/ А.К.Федотов.- Минск: Вышэйшая школа, 2010.- 400с ЭБС: Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=119759 |

| № п/п | Наименование, библиографическое описание |
|------------------------------|--|
| | Гриф: Допущено Министерством образования Республики Беларусь в качестве учебного пособия для студентов высших уч. заведений по специальности «Физика» |
| 8 | Гольдаде, В.А. Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс]/ В.А.Гольдаде, Л.С.Пинчук.- Минск: Белорусская наука, 2009.- 648с. ЭБС: Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=93309 |
| 9 | Лысов В.Ф. Практикум по физике полупроводников. М., «Просвещение» 1976 |
| Периодические издания | |
| 14 | Журнал «Физическое образование в вузах» ЭБС: Физическое образование в Вузах. [Электронный ресурс]/ М.: Издательский дом "МФО". Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=138985 |

5.3. Ресурсы информационно- телекоммуникационной сети «Интернет»

Таблица 5.3

| №п/п | Название (адрес) ресурса |
|------|--|
| 1 | http://fizkaf.narod.ru Кафедра и лаборатория физики Московского института открытого образования (МИОО) |
| 2 | http://genphys.phys.msu.ru Сервер кафедры общей физики физфака МГУ: физический практикум и демонстрации |

6. Образовательные технологии

Таблица 6.

| № п/п | Наименование раздела | Виды учебных за- нятий | Образовательные технологии |
|----------|-------------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1. | Вводное заня- тие | Лекция. Обработка результатов изме- рений. | Используется ПК с необходимым программ- ным обеспечением для работы с таблицами экспериментальных результатов и для постро- ения графиков. |
| 2. | Весь курс | Лабораторные заня- тия. | 1. Работа в малых группах (<i>Технология разно- уровневого обучения</i>). 2. Работы выполняются по графику. 3. В начале занятий организуется взаимодей- ствие студентов (технология сотрудничества). Консультацию студентам, выполняющим ла- бораторную работу на данном занятии, прово- дят студенты, выполнившие работу на про- шлом занятии. |
| 3. | Весь курс | Самостоятельная работа | Консультирование и проверка лабораторных отчетов посредством электронной почты, ис- пользование системы дистанционного обуче- ния Moodle. |

7. Методические рекомендации преподавателю и методические указания обучающимся по дисциплине

7.1. Методические рекомендации преподавателю

Особенности курса и методики преподавания.

Главная задача курса общей физики- создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение физики в рамках цикла курсов по теоретической физике и специализированных курсов. Преподавание курса общей физики в вузе имеет 2 аспекта:

1. курс является экспериментальным и должен ознакомить студентов с основными методами наблюдения, измерения и экспериментирования, поэтому должен сопровождаться физическими демонстрациями и физическим практикумом;
2. курс должен представлять собой физическую теорию в адекватной математической форме и должен научить студента использовать теоретические знания.

7.2. Методические указания обучающимся по дисциплине

Специальный физический практикум по физике твердого тела - очередная ступенька познания окружающего мира методами современной экспериментальной физики. Задача студента, попавшего в лабораторию физики полупроводников - исследовать закономерности наблюдаемых явлений и описать их физическими законами. Выполнение каждой лабораторной работы связано с измерением различных физических величин и последующей обработкой результатов измерения.

Студент не допускается к выполнению работы, если:

- а) не оформлена предыдущая работа (оформление должно быть закончено обязательным написанием заключения с результатами, погрешностями и графиками);
- б) имеется более одной несданной работы;
- в) отсутствуют необходимые записи в лабораторной тетради по текущей лабораторной работе (название и номер работы, необходимые формулы, схема установки, таблицы для записи экспериментальных данных);
- г) студент не может удовлетворительно ответить на вопросы на допуск к работе (при подготовке к сдаче лаб. работы студент должен ответить на контрольные вопросы к работе).

Порядок работы:

1. Включать установку и проводить измерения можно только с разрешения преподавателя. До начала работы следует записать характеристики приборов и продумать последовательность измерений. *Запрещается без необходимости крутить ручки приборов.*
2. Необходимо строго соблюдать правила техники безопасности при работе в лаборатории.
3. Выполнение лабораторных работ студентом вне расписания занятий его группы возможно только в исключительных случаях и после получения согласия преподавателя и заведующего лабораторией.

Заключение к лабораторной работе является учебной моделью написания выводов для всякого научного исследования. Оно представляет собой формализованный текст, назначение которого - дать ясное представление о полученных в работе результатах. Одновременно, оно требует от студента четкого понимания того, что он делал и что получил, умения пользоваться научной терминологией и выработки особого стиля изложения.

Заключение к лабораторной работе должно содержать следующие основные блоки:

1. Краткое описание того, что измерялось и с какой целью, каким методом и на каком оборудовании.
2. Описание полученных результатов и графиков.
3. Описание результатов, полученных из анализа графиков или другими методами, а так-

же их погрешностей, с указанием, как эти погрешности рассчитывались. При этом необходимо указать характер погрешности: случайный, систематический...

4. Обсуждение источников погрешностей. Необходимо попытаться найти реальную причину неточностей в методике эксперимента или в характеристиках экспериментального оборудования.
5. Обсуждение согласия теории и эксперимента. Для удобства сравнения результаты (ожидаемые и полученные) должны быть представлены в одинаковых единицах измерения.

8. Обеспечение образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

- для слепых и слабовидящих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;
 - обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;
 - для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;
 - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.
- для глухих и слабослышащих:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, либо предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;
 - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
 - экзамен и зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
 - лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;
 - письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;
 - экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети

Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

- для слепых и слабовидящих: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла.
- для глухих и слабослышащих: в печатной форме; в форме электронного документа.
- для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла.

Учебные аудитории для всех видов контактной и самостоятельной работы, научная библиотека и иные помещения для обучения оснащены специальным оборудованием и учебными местами с техническими средствами обучения.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лабораторные занятия проводятся в специальной лаборатории физики полупроводников в соответствии с расписанием. Наличие доски обязательно.

Используется оборудование лаборатории физики полупроводников, имеется выход в интернет.

ПК, используется программное обеспечение: Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN (Microsoft Open License, 48824880) (для работы с таблицами экспериментальных результатов и для построения графиков).

При организации самостоятельной работы используется система дистанционного обучения Moodle и фонд Научной Библиотеки АГУ.

10. Лист регистрации изменений

[illegible]