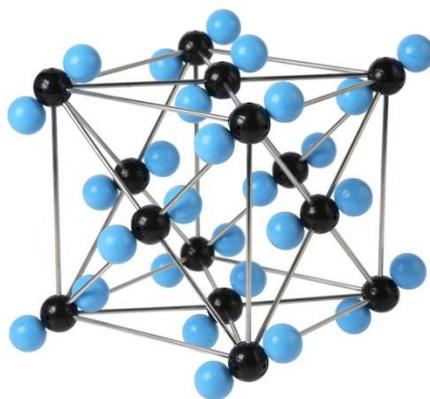


**Министерство образования и науки Российской Федерации
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Иркутский государственный аграрный университет им. А.А.
Ежевского**

Факультет энергетический
Кафедра электрооборудования и физики

Клибанова Ю. Ю.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕОРИЯ ВЕЩЕСТВА»
ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЗАОЧНОГО ОБУЧЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ
ПОДГОТОВКИ 35.03.06 – АГРОИНЖЕНЕРИЯ, ПРОФИЛЬ
«ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ В АПК»**



Молодежный 2020

УДК 539.124(072)

К 49

Допущено методическим советом энергетического факультета
(протокол № 2 от 21 октября 2020 года)

Рецензент:

Вржащ Евгений Эдуардович - кандидат технических наук, доцент кафедры ЭО и физики Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского

Клибанова, Ю. Ю.

Методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Электронная теория вещества» для студентов заочного обучения направления подготовки 35.03.06 – Агроинженерия, профиль «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» / Ю. Ю. Клибанова ; Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского. – Молодежный : Изд-во ИрГАУ, 2020. – 22 с.

В методических указаниях приведены контрольные задания, методические указания для студентов заочной формы обучения по выполнению и оформлению контрольной работы по дисциплине «Электронная теория вещества».

Настоящие методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия, профиль «Электрооборудование и электротехнологии в АПК».

© Клибанова Ю. Ю., 2020

© Иркутский ГАУ им. А. А. Ежевского, 2020

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант контрольной работы

Каждый студент заочного обучения выполняет контрольную работу, согласно своему варианту, который определяется **по последней цифре шифра зачётной книжки** студента.

Структура контрольной работы

Контрольная работа должна иметь следующую структуру:

1. Титульный лист;
2. Содержание;
3. Теоретическая часть (ответы на теоретические вопросы);
4. Практическая часть (решение расчетных и качественных задач)
5. Список используемых источников информации.

Оформление контрольной работы

Контрольная работа может быть оформлена **рукописным или машинописным способом** в виде текста, подготовленного на персональном компьютере с помощью текстового редактора и отпечатанного на принтере на листах формата А4 с одной стороны. **Текст** на листе должен иметь книжную ориентацию. Основной цвет шрифта - черный. Левое поле – 3 см. Верхнее поле – 2 см. Правое поле – 1,5 см. Нижнее поле – 2 см. Формат шрифта – Times New Roman. Размер шрифта – 14 пт. Межстрочный интервал – 1,5. Выравнивание – по ширине. Отступ слева – 0 см. Отступ справа – 0 см. Отступ первой строки – 1,25 см (пять знаков). Интервал перед и после каждого абзаца – 0 пт. Страницы нумеруются арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту (нумерация страниц - автоматическая). Номер страницы проставляется в центре нижней части листа без точки. **Правила представления формул.** Для написания различных формул необходимо использовать редактор формул. Формулы можно размещать как отдельными строками, так и непосредственно в тексте.

Оформление рукописным способом осуществляется в тетради в клетку разборчивым почерком с соблюдением всех правил оформления теоретической и практической частей.

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени А.А. ЕЖЕВСКОГО**

Факультет энергетический
Кафедра электрооборудования и физики

Контрольная работа

По дисциплине «Электронная теория вещества»

Вариант _____

Выполнил: студент заочного обучения
направления подготовки _____
профиль _____
курс _____
группа _____
ФИО _____
Проверил: _____

Молодежный, 20 _____

ОФОРМЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

В теоретической части контрольной работы необходимо представить полный, содержательный, краткий и систематизированный ответ в виде конспекта по представленной теме в задании №1. Конспект должен содержать основные определения, пояснения, факты, доказательства, примеры, иллюстрации: схемы, таблицы, рисунки. В конспект могут включаться основные положения, обосновывающие их выводы, конкретные примеры с описанием.

ОФОРМЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Практическая часть содержит расчетные и качественные задачи. При оформлении задач необходимо:

1. **Обязательно переписать условия всех задач полностью, без сокращения.**
2. Все значения величин, заданных в условии, а также взятые из справочных таблиц, записать отдельной строкой, вводя для каждой из них буквенное обозначение. При записи все численные значения необходимо выразить в единицах СИ. Ниже записать буквенные обозначения величин, которые надо определить.
3. Для иллюстрации решения задачи выполнить рисунок, схематический чертеж (если это необходимо). Если происходит изменение состояния объекта, надо сделать несколько последовательных рисунков. На рисунках изобразить физические величины, пользуясь условными графическими и буквенными обозначениями, показать физическое взаимодействие, существенное для данной задачи. Рисунки выполнять, пользуясь чертежными инструментами, аккуратно, с соблюдением всех правил технического черчения.
4. **Обязательно решение задачи кратко и исчерпывающе пояснить.** При объяснении решения задачи указывать основные физические законы и

формулы, на которых базируется решение, в обязательном порядке разъяснять все используемые буквенные обозначения.

5. Решение задачи выполняется в общем виде, т. е. только в буквенных обозначениях. Для этого записывают исходные формулы, выполняют алгебраические преобразования и получают расчетную формулу для искомой величины. При получении расчетной формулы приводится её вывод, сопровождающийся пояснением используемых математических приемов и преобразований.

6. Выполнить проверку единицы измерения искомой величины по расчетной формуле и тем самым подтвердить правильность решения задачи.

7. **Выполнить вычисление искомой величины** путем подстановки заданных числовых значений величин в расчетную формулу. Числа в расчетную формулу подставляются в том же порядке, в каком в неё записаны буквенные обозначения физических величин. При подстановке чисел в формулу целесообразно представлять их в виде чисел, умноженных на 10 в необходимых степенях. Расчеты выполнять с соблюдением правил вычисления приближенных чисел.

8. **В качественной задаче** основное внимание акцентируется на качественной стороне физических явлений, свойств тел, вещества, процессов и т. д. Поэтому ответ необходимо найти, синтезируя данные условия задачи, моделируя и анализируя физические явления.

Контрольная работа, представленная без соблюдения указанных выше правил, а также работа, выполненная не по своему варианту, зачитываться не будет.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕОРИЯ ВЕЩЕСТВА»

Цель освоения дисциплины:

формирование знаний о физических свойствах тел, обусловленных движением и взаимодействием электронов и ионов, применение их при решении профессиональных и научно-исследовательских задач.

Основные задачи освоения дисциплины:

Изучение основных фундаментальных принципов описания электронных свойств твердых тел, понимание значения электронов в формировании тех или иных явлений и физических свойств вещества, становление навыков самостоятельного анализа научной физической литературы и задач научно-исследовательского характера.

«Электронная теория вещества» – это теория, объясняющая электрические свойства тел наличием в них электронов и их движением. Эта теория очень просто и наглядно объясняет многие электрические явления; и поэтому при изучении электричества целесообразно ввести электронные представления веществ. При изучении данного курса необходимо рассмотреть следующие темы: 1) Зонная теория твердых тел (Типы связей атомов в твердых телах. Ионные, ковалентные, металлические, молекулярные кристаллы. Энергия связи. Адиабатическое приближение. Структура кристаллов и способы ее определения. Кристаллическая решётка, виды кристаллической решетки, базис кристаллической структуры. Энергетические уровни. Электронный переход. Образование энергетических зон). 2) Электронный газ в металле (Понятие о квантовой статистике Бозе-Эйнштейна и Ферми Дирака. Квантовая статистика Бозе-Эйнштейна. Статистика Ферми-Дирака. Вырожденный газ Ферми. Температура вырождения. Уровень Ферми. Энергия Ферми. Электропроводность металлов. Природа металлической проводимости. Классическая электронная теория металлов. Закон Видемана и Франца. Закон Ома, закон Джоуля-

Ленца. Эффект Холла. Недостатки классической электронной теории проводимости. Квантовая теория проводимости металлов). 3) Электрические и физические свойства полупроводников (Полупроводники. Электронная и дырочная проводимость. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Контактная разность потенциалов. p-n переход. Термоэлектричество. Явление Пелтье. Явление Зеебека. Фотопроводимость полупроводников. Темновая проводимость. Собственная и примесная фотопроводимость. Релаксация фотопроводимости. Фотодиоды на основе p-n перехода. Свойства диэлектриков. Поляризация диэлектриков. Основные характеристики. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью. Сегнетоэлектрики. Применение полупроводников. Полупроводниковые выпрямители и детекторы. Термисторы. Фотосопротивления. Варисторы. Термоэлементы). 4) Сверхпроводимость (Природа явления сверхпроводимости. Сверхпроводимость как явление. Открытие сверхпроводимости. Эффекты сверхпроводимости. Эффект Мейсснера. Эффект Джозефсона. Сверхпроводники. Классификация, типы и виды. Применение сверхпроводников). 4) Квантовые генераторы (Индуцированное излучение. Спонтанное и вынужденное излучение. Принцип детального равновесия. Инверсная населенность уровней. Квантовые генераторы (Лазеры). Типы лазеров. Принцип их работы. Применение лазеров).

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ

1. Типы связей атомов в твердых телах
2. Ионные, ковалентные, металлические, молекулярные кристаллы
3. Энергия связи
4. Адиабатическое приближение
5. Геометрия кристаллической решетки
6. Состояние электрона в кристаллах
7. Электронный переход

8. Образование энергетических зон
9. Электронный газ в металле
10. Понятие о квантовой статистике Бозе - Эйнштейна и Ферми Дирака
11. Квантовая статистика Бозе-Эйнштейна
12. Статистика Ферми-Дирака
13. Вырожденный газ Ферми
14. Температура вырождения
15. Уровень Ферми. Энергия Ферми
16. Перенос энергии и тепла
17. Термоэлектрические явления
18. Электропроводность металлов
19. Природа металлической проводимости
20. Классическая электронная теория металлов
21. Закон Видемана и Франца
22. Закон Ома, закон Джоуля-Ленца
23. Эффект Холла
24. Квантовая теория проводимости металлов
25. Полупроводники
26. Электронная и дырочная проводимость
27. Собственная и примесная проводимость полупроводников
28. Контактная разность потенциалов
29. p-n переход
30. Термоэлектричество. Явление Пелтье. Явление Зеебека
31. Фотопроводимость полупроводников
32. Темновая проводимость
33. Собственная и примесная фотопроводимость
34. Релаксация фотопроводимости
35. Фотодиоды на основе p-n перехода
36. Свойства диэлектриков
37. Поляризация диэлектриков. Основные характеристики

- 38.Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью.
Сегнетоэлектрики
- 39.Применение полупроводников
- 40.Полупроводниковые выпрямители и детекторы
- 41.Термисторы. Фотосопротивления. Варисторы. Термоэлементы
- 42.Природа явления сверхпроводимости
- 43.Сверхпроводимость как явление
- 44.Открытие сверхпроводимости
- 45.Эффекты сверхпроводимости. Эффект Мейсснера. Эффект Джозефсона
- 46.Сверхпроводники. Классификация, типы и виды. Применение
сверхпроводников
- 47.Индуцированное излучение
- 48.Спонтанное и вынужденное излучение
- 49.Принцип детального равновесия
- 50.Инверсная населенность уровней
- 51.Квантовые генераторы (Лазеры). Типы лазеров
- 52.Принцип их работы. Применение лазеров

ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Вржащ Е. Э. Физика: электричество и магнетизм: учеб. пособие для студентов уровня бакалавров энерг. и инж. спец. с.-х. вузов / Е. Э. Вржащ, Ю. Ю. Клибанова. - Электрон. текстовые дан. - Saarbrücken : Lap Lambert Academic Publishing ; Иркутск: Изд-во ИрГАУ им. А. А. Ежевского, 2017. - 144 с.
2. Грабовский Р. И.. Курс физики : учеб. пособие для вузов / Р. И. Грабовский, 2002. - 607 с.

3. Зисман Г. А. Курс общей физики: в 3 ч. - Ч. 1: Механика. Основы термодинамики, физики реальных газов, жидкостей и твердого тела. В основу издания положен "Курс общей физики" / Г. А. Зисман, О. М. Тодес. - М.: Наука, 1965.. - 349 с.
4. Клибанова Ю. Ю. Физика: волновая и квантовая оптика, физика атомного ядра и элементарных частиц: учеб. пособие для направлений подгот. 35.03.06 - Агроинженерия, 13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника, 13.03.02 - Электроэнергетика и электротехника / Ю. Ю. Клибанова, Е. Э. Вржащ; Иркут. гос. аграр. ун-т им. А. А. Ежевского. - Электрон. текстовые дан. - Иркутск: Изд-во ИрГАУ им. А. А. Ежевского, 2019. - 127 с.
5. Савельев И. В. Курс физики: учеб. пособие для вузов: в 3 т. / И. В. Савельев. - 3-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2007 . Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твёрдого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. - 301 с.
6. Свирский М. С. Электронная теория вещества / Учеб. Пособие для студентов физю-мат.фак.пед.ин-тов. М.: Просвещение, 1980. – 288 с.
7. Трофимова Т. И. Руководство к решению задач по физике: учеб. пособие для бакалавров / Т. И. Трофимова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 265 с. – Серия Бакалавр.
8. Чертов А. Г., Воробьев А. А. Задачник по физике. Учеб.пособие. – 4-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. школа, 1981. – 496 с., ил.

Дополнительная литература

1. Бузунова М. Ю. Вопросы и ответы по курсу физики: учеб. пособие по дисциплине "Физика" / Иркут. гос. с.-х. акад. ; сост.: М. Ю. Бузунова, И. Г. Ковалевский. - Иркутск : ИрГСХА, 2011. - 159 с.
2. Бузунова М. Ю. Сборник задач по физике [Электронный ресурс] . Ч. 1. Молекулярная физика и термодинамика. Ч. 2. Электричество и магнетизм.

- Оптика. Основы физики атома и атомного ядра / М. Ю. Бузунова, И. Г. Ковалевский, 2009. - 1 эл. опт.диск
3. Вопросы и ответы по курсу физики: учеб. пособие по дисциплине "Физика" / Иркут. гос. с.-х. акад., 2011. - 159 с.
 4. Вржащ Е. Э. Физика. Элементы физики атомного ядра и элементарных частиц [Электронный ресурс]: учеб.-метод. указ. / Е. Э. Вржащ, 2010. - 1 эл. опт.диск
 5. Вржащ Е. Э. Физика: электричество и магнетизм : учеб. пособие для студентов уровня бакалавров энерг. и инж. спец. с.-х. вузов / Е. Э. Вржащ, Ю. Ю. Клибанова. - Электрон. текстовые дан. - Saarbrücken : Lap Lambert Academic Publishing ; Иркутск : Изд-во ИрГАУ им. А. А. Ежевского, 2017. - 144 с.
 6. Геворкян Р. Г., Шепель В. В. Курс общей физики. Издание 3-е, переработанное. – М.: Высшая школа, 1972.
 7. Иродов, Игорь Евгеньевич. Задачи по общей физике. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1988.
 8. Ковалевский И. Г. Справочное пособие по курсу физики [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов высш. аграр. учеб. заведений. обучающихся по спец. и направлениям высш. проф. образования: допущено М-вом сел. хоз-ва Рос. Федерации / И. Г. Ковалевский, 2014. - 1 эл. опт. диск
 10. Ковалевский И. Г. Справочное пособие по курсу физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов высш. аграр. учеб. заведений. обучающихся по спец. и направлениям высш. проф. образования : допущено М-вом сел. хоз-ва Рос. Федерации / И. Г. Ковалевский ; Иркут. гос. с.-х. акад. - Электрон. текстовые дан. - Иркутск : Изд-во ИрГСХА, 2014.
 11. Физика [Электронный ресурс]: рук.к лаб. работам / Иркут. гос. с.-х. акад.; сост. Л. Н. Макридина. Ч. 2: Электромагнитные явления. Оптика, 2011. - 1 эл. опт.диск

12. Физика. Элементы физики твердого тела: учеб. пособие для вузов / сост.: В. Я. Чечуев, С. В. Викулов, И. М. Дзю. - Новосибирск : Изд-во НГАУ, 2012. - 159 с.
13. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1980.

ВАРИАНТЫ И ЗАДАНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Таблица варианта контрольной работы

Вариант	Теоретическая часть	Практическая часть			
	Задание №1	Задание №2	Задание №3	Задание №4	Задание №5
0	01	02	03	04	05
1	11	12	13	14	15
2	21	22	23	24	25
3	31	32	33	34	35
4	41	42	43	44	45
5	51	52	53	54	55
6	61	62	63	64	65
7	71	72	73	74	75
8	81	82	83	84	85
9	91	92	93	94	95

Задания для контрольной работы

Теоретическая часть

Задание №1

- 01.** Типы связей атомов в твердых телах. Ионные, ковалентные, металлические, молекулярные кристаллы. Энергия связи. Адиабатическое приближение.
- 11.** Структура кристаллов и способы ее определения. Кристаллическая решётка, виды кристаллической решетки, базис кристаллической структуры. Энергетические уровни. Электронный переход. Образование энергетических зон.
- 21.** Понятие о квантовой статистике Бозе-Эйнштейна и Ферми Дирака. Квантовая статистика Бозе-Эйнштейна. Статистика Ферми-Дирака. Вырожденный газ Ферми. Температура вырождения. Уровень Ферми. Энергия Ферми.
- 31.** Электропроводность металлов. Природа металлической проводимости. Классическая электронная теория металлов. Закон Видемана и Франца. Закон Ома, закон Джоуля-Ленца. Эффект Холла.
- 41.** Полупроводники. Электронная и дырочная проводимость. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Контактная разность потенциалов. p-n переход. Применение полупроводников
- 51.** Термоэлектричество. Явление Пелтье. Явление Зеебека. Фотопроводимость полупроводников. Собственная и примесная фотопроводимость.
- 61.** Свойства диэлектриков. Поляризация диэлектриков. Основные характеристики. Связь между диэлектрической проницаемостью и поляризуемостью. Сегнетоэлектрики.
- 71.** Природа явления сверхпроводимости. Сверхпроводимость как явление. Открытие сверхпроводимости. Эффекты сверхпроводимости. Эффект Мейсснера. Эффект Джозефсона.

81. Сверхпроводники. Классификация, типы и виды. Применение сверхпроводников.

91. Индуцированное излучение. Спонтанное и вынужденное излучение. Принцип детального равновесия. Инверсная населенность уровней. Квантовые генераторы (Лазеры). Типы лазеров. Принцип их работы. Применение лазеров.

Практическая часть

Задание №2

02. Какова вероятность заполнения электронами в металле энергетического уровня, расположенного на 0,01 эВ ниже уровня Ферми, при температуре 18°C?

12. При какой температуре вероятность найти в проводнике электрон с энергией 0,5 эВ над уровнем Ферми равна 2%?

22. Как и во сколько раз изменится вероятность заполнения электронами энергетического уровня в металле если уровень расположен на 0,01 эВ ниже уровня Ферми и температура изменяется от 1000 до 200 К.

32. Как и во сколько раз изменится вероятность заполнения электронами энергетического уровня в металле если он расположен на 0,1 эВ выше уровня Ферми и температура изменяется от 900 до 300 К.

42. Определить температуру, при которой в твердом проводнике вероятность найти электрон с энергией 0,29 эВ над уровнем Ферми равна 2,11 %.

52. Какова вероятность заполнения электронами в металле энергетического уровня расположенного на 44 мэВ выше уровня Ферми при температуре 276 К

62. Определить температуру, при которой в проводнике вероятность найти электрон с энергией $E = 0,5\text{эВ}$ над уровнем Ферми в металле равна 4%

72. Какова вероятность заполнения электронами в металле энергетического уровня, расположенного на 0,03 эВ ниже уровня Ферми, при температуре 20°C?

82. Определить температуру, при которой в твердом проводнике вероятность найти электрон с энергией 0,45 эВ над уровнем Ферми равна 1,8 %.

92. Как и во сколько раз изменится вероятность заполнения электронами энергетического уровня в металле если он расположен на 0,2 эВ выше уровня Ферми и температура изменяется от 1000 до 300 К.

Задание №3

03. Какова средняя скорость направленного движения электронов (дрейфовая скорость) в металлическом проводнике с сечением 0,5 см², если в проводнике существует ток силой 12 А, а в каждом кубическом сантиметре проводника имеется $5 \cdot 10^{21}$ электронов проводимости.

13. Сила тока I в металлическом проводнике равна 0,6 А, сечение S проводника 2,5 мм². Принимая, что в каждом кубическом сантиметре металла содержится $n=2,5 \cdot 10^{22}$ свободных электронов определить среднюю скорость $\langle v \rangle$ их упорядоченного движения.

23. Определить среднюю скорость $\langle v \rangle$ упорядоченного движения электронов в медном проводнике при силе тока 14 А и сечении S проводника, равном 1 мм². Принять, что на каждый атом меди приходится два электрона проводимости.

33. Плотность тока j в алюминиевом проводе равна 1,5 А/мм². Найти среднюю скорость $\langle v \rangle$ упорядоченного движения электронов предполагая, что число свободных электронов в 1 см³ алюминия равно числу атомов.

43. Исходя из модели свободных электронов, определить число z соударений, которые испытывает электрон за время $t = 1$ с, находясь в

металле, если концентрация свободных электронов равна 10^{29} м^{-3} . Удельную проводимость у металла принять равной 10 МСм/м .

53. Исходя из классической теории электропроводности металлов, определить среднюю кинетическую энергию $\langle \varepsilon \rangle$ электронов в металле, если отношение λ/γ теплопроводности к удельной проводимости равно $6,7 \cdot 10^{-6} \text{ В}^2/\text{К}$.

63. Кремневый образец нагревают от температуры $0 \text{ }^\circ\text{C}$, до температуры $8 \text{ }^\circ\text{C}$. Во сколько раз возрастает удельное сопротивление?

73. Германиевый кристалл, ширина запрещенной зоны в котором равна $0,64 \text{ эВ}$, нагревают от температуры $0 \text{ }^\circ\text{C}$ до $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Во сколько раз возрастает его удельная проводимость?

83. При нагревании кремниевого кристалла от температуры $0 \text{ }^\circ\text{C}$ до температуры $16 \text{ }^\circ\text{C}$ его удельная электропроводимость возрастает в 3 раза. Определить ширину запрещенной зоны кремния.

93. Сопротивление R_1 кристалла *PbS* при температуре $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ равно 10^4 Ом . Определить его сопротивление R_2 при температуре $t_2 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$.

Задание № 4

04. Найти минимальную энергию образования пары электрон — дырка в чистом беспримесном полупроводнике, электропроводность которого возрастает в $\eta = 5,0$ раз при увеличении температуры от $T_1 = 300 \text{ К}$ до $T_2 = 400 \text{ К}$.

14. Удельное сопротивление собственного германия $\rho = 0,43 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ при $T = 300 \text{ К}$. Подвижности электронов и дырок в германии равны соответственно $0,39$ и $0,19 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Определите собственную концентрацию электронов (n) и дырок (p).

24. Напряженность электрического поля в кристалле собственного кремния $E = 500 \text{ В/м}$, а подвижность электронов и дырок соответственно равны $0,14$ и $0,05 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Концентрация собственных носителей $n_i = 1,5 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$. Определить: а) скорость дрейфа электронов v_n и дырок v_p ; б) удельное

сопротивление кремния ρ_i ; в) полный дрейфовый ток I , если площадь поперечного сечения $S = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$.

34. Собственный полупроводник (германий) имеет при некоторой температуре удельное сопротивление $\rho = 0,48 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Определить концентрацию n носителей заряда, если подвижности электронов и дырок соответственно равны $0,36$ и $0,16 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$.

54. Образец германия легирован примесью атомов сурьмы так, что один атом примеси приходится на $2 \cdot 10^6$ атомов германия. Определить: а) концентрацию электронов и дырок при $T = 300 \text{ К}$ (предположить, что при этой температуре все атомы сурьмы ионизированы и концентрация атомов германия $N = 4,4 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$); б) удельное сопротивление этого легированного материала; в) коэффициенты диффузии электронов и дырок в германии при данной температуре.

64. В собственном германии концентрация атомов равна $4,5 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$. При температуре $T = 300 \text{ К}$ один из каждых $2 \cdot 10^9$ атомов ионизирован. Подвижности электронов и дырок при этой температуре равны соответственно $0,39$ и $0,19 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Определить: а) удельную проводимость собственного германия; б) удельную проводимость германия при температуре $T = 300 \text{ К}$, легированного элементом V группы, если на каждые 10^8 атомов германия приходится один атом примеси.

74. Прямое напряжение U , приложенное к р-п-переходу, равно 4 В . Во сколько раз возрастет сила тока через переход, если изменить температуру от $T_1 = 350 \text{ К}$ до $T_2 = 273 \text{ К}$?

84. Полупроводник в условиях равновесия имеет концентрацию дырок $p = 10^{20} \text{ м}^{-3}$ и концентрацию электронов $n = 3 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$. Определить: а) полную концентрацию примесей; б) тип доминирующей примеси; в) собственную концентрацию носителей заряда.

94. р-п-переход находится под обратным напряжением $U = 0,2 \text{ В}$. Его сопротивление $R_1 = 845 \text{ Ом}$. Каково сопротивление R_2 перехода при прямом напряжении?

Задание №5

- 05.** Возможна ли работа лазера в двухуровневой схеме активной среды? Почему?
- 15.** Объяснить, к какому типу примеси относят атомы мышьяка, бора, находящихся в кристаллической решетке кремния.
- 25.** Сетка триода соединена с катодом. Затем ее отключили от катода и соединили с анодом. Изменилась ли вследствие этого конечная скорость термоэлектронов у анода?
- 35.** Почему сопротивление полупроводников понижается с повышением температуры? В каких случаях удельная проводимость полупроводника уменьшится при увеличении суммарного содержания электрически активных примесей.
- 45.** Поясните, почему увеличение температуры разрушает сверхпроводящее состояние
- 55.** Будет ли кремний сверхпроводящим, если его охладить до температуры, близкой к абсолютному нулю?
- 65.** Как известно, при температурах, близких к абсолютному нулю, некоторые металлы переходят в сверхпроводящее состояние. Можно ли путем понижения температуры получить сверхпроводящий германий?
- 75.** Почему при изготовлении полупроводниковых материалов обращается исключительное внимание на степень их чистоты?
- 85.** Можно ли получить p-n переход, произведя сплавление олова в германий или в кремний?
- 95.** Что происходит в полупроводнике при одновременном внесении донорной и акцепторной примеси? Как определить тип электропроводности такого полупроводника?

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ	3
ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА.....	4
ОФОРМЛЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ.....	5
ОФОРМЛЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ.....	5
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕОРИЯ ВЕЩЕСТВА».....	7
ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ К ЗАЧЕТУ.....	8
ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	10
ВАРИАНТЫ И ЗАДАНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ.....	14