

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра физики твердого тела

## **«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»**

*МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ*

*к выполнению самостоятельных работ*

*для обучающихся по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и  
микросистемная техника», профиль «Компоненты микро- и  
наносистемной техники» очной формы обучения*

Воронеж 2021

УДК 621.362  
ББК 22.37

**Составители:**

*д-р физ.-мат. наук О.В. Стогней*

Физика конденсированного состояния: методические указания к выполнению самостоятельных работ для обучающихся по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника», профиль «Компоненты микро- и наносистемной техники» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: О.В. Стогней - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 26 с.

В методических указаниях приводятся описание самостоятельных работ и соответствующие теоретические сведения, необходимые для их выполнения

Предназначены для студентов 2 курса, обучающихся по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника», профиль «Компоненты микро- и наносистемной техники».

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле "МУ СР Физика Конденс Сост.pdf".

Табл. 1. Библиогр.: 10 назв.

УДК 621.362  
ББК 22.37

**Рецензент** – В.В. Ожерельев, канд. физ-мат. наук, доц. кафедры технологии сварочного производства и диагностики ВГТУ

*Рекомендовано методическим семинаром кафедры ФТТ и методической комиссией ФРТЭ Воронежского государственного технического университета в качестве методических материалов*

## Введение

Для полного овладения знаниями и умениями обучающемуся необходимо в течение учебного процесса заниматься внеаудиторной самостоятельной работой.

Цель внеаудиторной самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, совершенствованию и самоорганизации;
- формирование общих и профессиональных компетенций;
- развитие исследовательских умений.

Методические указания к выполнению самостоятельных работ по дисциплине «Физика конденсированного состояния» предназначены для студентов 2 курса направления подготовки 28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника», профиль «Компоненты микро- и наносистемной техники». Задания составлены на основе рабочей программы дисциплины.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Перед выполнением обучающимися внеаудиторной самостоятельной работы преподаватель проводит инструктаж по выполнению задания, который включает цель задания, его содержание, сроки выполнения, ориентировочный объем работы, основные требования к результатам работы, критерии оценки. В процессе инструктажа преподаватель предупреждает студентов о возможных типичных ошибках, встречающихся при выполнении задания.

## 1 Перечень видов самостоятельных работ по дисциплине «Физика конденсированного состояния»

При изучении дисциплины «Физика конденсированного состояния» предусматриваются следующие виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторным работам и защите отчетов;
- подготовка к коллоквиуму;
- подготовка к контрольной работе в форме тестирования;
- подготовка к экзамену;

Задания для внеаудиторной самостоятельной работы рассчитаны на 180 часов.

Таблица 1 - Перечень самостоятельных работ по дисциплине

№	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание; вид самостоятельной работы	Форма контроля	Зачетные единицы (часы)
3,4 семестр			
1	Тема 1. Типы химических связей. Кристаллическая решётка Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к практическим занятиям.	фронтальный опрос	15
2	Тема 2. Дефекты в конденсированных средах. Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к практическим занятиям; подготовка к контрольной работе в форме тестирования. подготовка к лабораторным работам и защите отчетов.	фронтальный опрос тест защита отчета	15
3	Тема 3 Элементы физической статистики Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к практическим занятиям; подготовка к коллоквиуму.	фронтальный опрос коллоквиум	15

4	<p>Тема 4 Нормальные колебания решётки. Фононы.</p> <p>Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к практическим занятиям. подготовка к лабораторным работам и защите отчетов.</p>	<p>фронтальный опрос защита отчета</p>	15
5	<p>Тема 5 Тепловые свойства конденсированных сред.</p> <p>Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к практическим занятиям; подготовка к контрольной работе в форме тестирования.</p>	<p>фронтальный опрос тест</p>	15
6	<p>Тема 6 Элементы зонной теории конденсированных сред.</p> <p>Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к практическим занятиям. подготовка к лабораторным работам и защите отчетов.</p>	<p>фронтальный опрос защита отчета</p>	15
7	<p>Тема 7 Статистика равновесных носителей заряда в полупроводниках</p> <p>Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к практическим занятиям; подготовка к коллоквиуму.</p>	<p>фронтальный опрос коллоквиум</p>	18
8	<p>Тема 8 Неравновесные носители заряда. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда</p> <p>Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к практическим занятиям; подготовка к контрольной работе в форме тестирования. подготовка к лабораторным работам и защите отчетов.</p>	<p>фронтальный опрос тест защита отчета</p>	18
9	<p>Тема 9 Кинетические явления в полупроводниках.</p> <p>Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к практическим занятиям. подготовка к лабораторным работам и защите отчетов.</p>	<p>фронтальный опрос</p>	18
10	<p>Тема 10 Фотопроводимость</p> <p>Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение</p>	<p>фронтальный опрос защита</p>	18

	литературы по теме, подготовка к практическим занятиям. подготовка к лабораторным работам и защите отчетов.	отчета	
11	Тема 11 Контактные явления Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме, подготовка к практическим занятиям; подготовка к контрольной работе в форме тестирования.	фронтальный опрос тест	18
	Итого за 3,4 семестр		180

## **2. Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов**

### **2.1 Изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по темам**

Лекция является одной из основных форм обучения в вузе. В ходе лекционного курса излагаются научные материалы, отражающие классическое и современное состояние исследований в области изучаемой дисциплины. С целью успешного освоения лекционного материала рекомендуется осуществлять его конспектирование.

Конспект является письменным текстом, в котором кратко и последовательно изложено содержание основного источника информации.

Над конспектами надо систематически работать: перечитывать, выправлять текст, делать дополнения, замечания. Это позволяет основательно и глубоко освоить материал, хорошо подготовиться к сессии, овладеть научными знаниями.

В ходе доработки конспекта углубляются, расширяют и закрепляют знания, а также дополняется, исправляется и совершенствуется конспект. Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть знаниями.

Особое место среди видов самостоятельной работы занимает работа с литературой, являющаяся основным методом самостоятельного овладения знаниями.

Перечень и объем литературы, необходимой для изучения дисциплины, определяется рабочей программой учебной дисциплины.

Изучение литературы следует начать с учебника, поскольку учебник - это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с задачами обучения, установленными программой.

Предварительное чтение направлено на выявление в тексте незнакомых терминов и поиск их значения в справочной литературе. Сквозное чтение предполагает прочтение материала от начала до конца. Сквозное чтение литературы из приведенного списка дает возможность обучающемуся сформировать тезаурус основных понятий из изучаемой области и свободно владеть ими. Выборочное чтение имеет целью поиск и отбор материала. В рамках дисциплины выборочное чтение, как способ освоения содержания, должно использоваться при подготовке к практическим занятиям по соответствующим темам.

Аналитическое чтение- это критический разбор текста с последующим его конспектированием. Целью изучающего чтения является глубокое и всестороннее понимание учебной информации. Выбор виза записи зависит от характера изучаемого материала и целей работы с ним.

Для контроля самостоятельной работы студента с лекционным материалом и литературой по теме используется фронтальный опрос.

Фронтальный опрос наиболее распространенный метод контроля знаний учащихся, вариант текущей проверки, в процессе которого преподаватель получает широкие возможности для изучения индивидуальных возможностей усвоения учащимися учебного материала.

Фронтальный и индивидуальный опросы проводятся во время аудиторных занятий в форме беседы преподавателя с группой.

Критериями оценки фронтального опроса являются:

- полнота - количество знаний об изучаемом объекте, входящих в программу изучения данной дисциплины;
- глубина - совокупность осознанных знаний об объекте;
- конкретность - умение раскрыть конкретные проявления обобщенных знаний (доказать на примерах основные положения);

-системность - представление знаний об объекте в системе, с выделением структурных ее элементов, расположенных в логической последовательности;

-развернутость - способность развернуть знания в ряд последовательных шагов;

-осознанность - понимание связей между знаниями, умение выделить существенные и несущественные связи, познание способов и принципов получения знаний.

- грамотность.

Оценка «Отлично» ставится, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос; показана совокупность осознанных знаний об объекте изучения, доказательно раскрыты основные положения (свободно оперирует понятиями, терминами, персоналиями и др.); в ответе отслеживается четкая структура, выстроенная в логической последовательности; ответ изложен литературным грамотным языком; на возникшие вопросы преподавателя студент давал четкие, конкретные ответы, показывая умение выделять существенные и несущественные моменты материала.

Оценка «Хорошо» ставится, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделять существенные и несущественные моменты материала; ответ четко структурирован, выстроен в логической последовательности, изложен литературным грамотным языком; однако были допущены неточности в определении понятий, персоналий, терминов, дат и др.

Оценка «Удовлетворительно» ставится, если дан неполный ответ на поставленный вопрос, логика и последовательность изложения имеют некоторые нарушения, допущены несущественные ошибки в изложении теоретического материала и употреблении терминов, персоналий; в ответе не присутствуют доказательные выводы; сформированность умений показана слабо, речь неграмотная.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится, если дан неполный ответ на поставленный вопрос, логика и

последовательность изложения имеют существенные нарушения, допущены существенные ошибки в теоретическом материале (фактах, понятиях, персоналиях); в ответе отсутствуют выводы, сформированность умений не показана, речь неграмотная.

## **2.2 Подготовка к практическим занятиям**

Практическое занятие – одна из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении студентами под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности

Целью практического занятия является привитие умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Задачами практических занятий являются:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний студентов при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Подготовку к каждому практическому занятию необходимо начинать с ознакомления с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в

гlossарий, который целесообразно вести с самого начала изучения дисциплины.

Результат такой работы должен проявиться в способности свободно ответить на теоретические вопросы практикума, выступать и участвовать в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильно выполнять практические задания и контрольные работы.

В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала.

Критерии оценки учебных действий студентов по решению учебно-профессиональных задач на практических занятиях:

Оценка «отлично» выставляется, если студент активно работает в течение всего практического занятия, дает полные ответы на вопросы преподавателя в соответствии с планом практического занятия и показывает при этом глубокое овладение лекционным материалом, способен выразить собственное отношение по данной проблеме, проявляет умение самостоятельно и аргументированно излагать материал, анализировать явления и факты со ссылками на соответствующие нормативные документы, делать самостоятельные обобщения и выводы, заключения, рекомендации, правильно выполняет все этапы практического задания.

Оценка «хорошо» выставляется при условии соблюдения следующих требований: студент активно работает в течение

практического занятия, вопросы освещены полно, изложения материала логическое, обоснованное фактами, со ссылками на соответствующие нормативные документы и литературные источники, освещение вопросов завершено выводами, студент обнаружил умение анализировать факты и события, а также выполнять учебные задания. Но в ответах допущены неточности, некоторые незначительные ошибки, имеет место недостаточная аргументированность при изложении материала, недостаточно четко сделаны обобщение и выводы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в том случае, когда студент в целом овладел сути вопросов по данной теме, обнаруживает знание лекционного материала и учебной литературы, пытается анализировать факты и события, делать выводы и решать задачи. Но на занятии ведет себя пассивно, отвечает только по вызову преподавателя, дает неполные ответы на вопросы, допускает грубые ошибки при освещении теоретического материала, не может обобщить и сделать четкие логические выводы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, когда студент обнаружил несостоятельность осветить вопросы или вопросы освещены неправильно, бессистемно, с грубыми ошибками, отсутствуют понимания основной сути вопросов, выводы, обобщения, обнаружено неумение решать учебные задачи.

### **2.3 Подготовка к лабораторным работам и защите отчетов**

Лабораторные занятия углубляют, конкретизируют и расширяют знания, полученные на лекциях, помогают овладеть ими на более высоком уровне. Этот вид учебного процесса способствует закреплению умений и навыков самостоятельной работы, полученных в процессе работы над лекцией.

При подготовке и защите лабораторных работ необходимо обращать внимание на полноту и грамотность

выполнения отчетов, наличие в них кратких обоснований принимаемых решений и выводов по результатам работы. При несоответствии отчета этим требованиям преподаватель может вернуть его на доработку. При опросе студентов основное внимание обращается на усвоение ими основных теоретических положений, на которых базируется данная работа, и понимания того, как эти положения применяются на практике.

Отчет по лабораторной работе выполняется индивидуально. Отчет должен содержать все предусмотренные методическими указаниями разделы, включая контрольные вопросы. Рекомендуется включать в отчет ответы на контрольные вопросы в кратком виде. Поскольку эти ответы являются продуктом самостоятельной работы, совпадение текстов ответов разных студентов приводит преподавателя к необходимости формировать дополнительные вопросы по соответствующей теме.

Контроль и оценка результатов выполнения обучающимися лабораторных работ направлены на проверку освоения умений, практического опыта, развития общих и формирование профессиональных компетенций, определенных программой учебной дисциплины.

Для контроля и оценки результатов выполнения обучающимися заданий на лабораторных занятиях используются такие формы и методы контроля, как наблюдение за работой обучающихся, анализ результатов наблюдения, оценка отчетов, оценка выполнения индивидуальных заданий, оценка защиты выполненной работы.

Критерии оценивания лабораторной работы:

Оценка «Отлично» ставится в том случае, если обучающийся:

- выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений;

- подготовил для опыта необходимое оборудование, все опыты провел в условиях и режимах, обеспечивающих получение результатов и выводов с наибольшей точностью;

- в представленном отчете правильно и аккуратно выполнил все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и сделал выводы;

- правильно выполнил анализ погрешностей;

- соблюдал требования безопасности труда.

Оценка «Хорошо» ставится в том случае, если выполнены требования к оценке «Отлично», но:

- опыт проводился в условиях, не обеспечивающих достаточной точности измерений,

- или было допущено два-три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Оценка «Удовлетворительно» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы, или если в ходе проведения опыта и измерений были допущены следующие ошибки:

- опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большей погрешностью,

- или в отчете были допущены в общей сложности не более двух ошибок (в записях единиц, измерениях, в вычислениях, графиках, таблицах, схемах, анализе погрешностей и т. д.), не принципиального для данной работы характера, но повлиявших на результат выполнения,

- или не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей;

- или работа выполнена не полностью, однако объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы по основным, принципиально важным задачам работы.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится в том случае, если:

- работа выполнена не полностью, и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов,

- или опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно,
- или в ходе работы и в отчете обнаружилось в совокупности все недостатки, отмеченные в требованиях к оценке «Удовлетворительно».

## 2.4 Подготовка к коллоквиуму

Коллоквиум – это средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или модуля дисциплины, организованное в виде письменного опроса обучающегося. Используется для оценки знаний обучающихся.

Коллоквиум -это не только форма контроля, но и метод углубления, закрепления знаний студентов, так как в ходе разбора посменных ответов преподаватель разъясняет сложные вопросы, возникающие у студента в процессе данного вида работы.

Подготовка к коллоквиуму начинается с установочной консультации преподавателя, на которой он разъясняет развернутую тематику проблемы, рекомендует литературу для изучения и объясняет процедуру проведения коллоквиума. Подготовка включает в себя изучение рекомендованной литературы, конспектов лекций и конспектирование необходимой информации, для успешного усвоения теоретической базы рассматриваемых контрольных вопросов.

Проведение коллоквиума позволяет студенту приобрести опыт работы над первоисточниками, что в дальнейшем поможет с меньшими затратами времени работать над литературой при подготовке к экзамену.

Критерии оценки коллоквиума:

Оценка «Отлично» ставится, если обучающимся даны исчерпывающие и обоснованные ответы на все поставленные вопросы, при ответах выделялось главное, развернутый ответ без принципиальных ошибок; логически выстроенное содержание ответа; мысли излагались в логической последовательности; показано умение самостоятельно

анализировать факты, события, явления, процессы в их взаимосвязи и диалектическом развитии; полное знание терминологии по данной теме; четкое выделение причинно-следственных связей между основными категориями; умение ответить на вопрос без использования индивидуального письменного конспекта.

Оценка «Хорошо» ставится, если обучающимся даны полные, достаточно обоснованные ответы на поставленные вопросы, правильно решены практические задания; при ответах не всегда выделялось главное, отдельные положения недостаточно увязывались с требованиями программы, ответы в основном были краткими, но не всегда четкими; практически полное знание терминологии данной темы.

Оценка «Удовлетворительно» ставится, если обучающимся даны в основном правильные ответы на все поставленные вопросы, но без должной глубины и обоснования, при решении практических задач студент использовал прежний опыт и не применял новые знания, однако, на уточняющие вопросы даны правильные ответы; при ответах не выделялось главное; ответы были многословными, нечеткими и без должной логической последовательности; на отдельные дополнительные вопросы не даны положительные ответы

Оценка «Неудовлетворительно» ставится, если обучающимся дан неполный ответ на вопрос; неполное знание терминологии; наличие некоторых существенных ошибок в изложении основных фактов, теорий; неумение провести логические параллели, выводы; неумение выделить причины и следствия важнейших категорий; неспособность ответить без помощи письменного конспекта.

## **2.5. Подготовка к контрольной работе в форме тестирования**

Под тестом понимают задание, в котором присутствует вопрос, на который имеется эталон правильного ответа. В

закрытых тестах вместе с вопросом предъявляются несколько ответов, среди которых имеется правильный ответ. В открытых тестах студент сам формулирует ответ, а преподаватель сравнивает его с эталоном правильного ответа.

Для подготовки к тестированию студент должен еще раз повторить пройденный материал, основные понятия, термины, обратиться к наиболее сложным для него разделам дисциплины. Тестирование проводится по окончании изучения раздела или дисциплины после рассмотрения на занятиях теоретических и практических вопросов и ознакомления студентов с тестами.

При самостоятельной подготовке к тестированию студенту необходимо:

- проработать информационный материал по дисциплине, предварительно проконсультироваться с ведущим преподавателем по вопросам выбора учебной литературы;

- ознакомиться с условиями тестирования: количество тестовых заданий, количество времени на выполнение тестов, система оценки результатов.

Приступая к работе с тестами, внимательно и до конца прочитать вопрос и предлагаемые варианты ответов. Выбрать правильные (их может быть несколько). Обязательно оставить время для проверки ответов, чтобы избежать возможных ошибок.

Тестирование может проводиться как посменно, так и с применением электронно-информационной образовательной среды и включать в себя тестовые задания различных типов.

Критерии оценки теста:

Оценка «Отлично» ставится, если обучающимся дано более 85 % верных ответов.

Оценка «Хорошо» ставится, если обучающимся дано от 75-84 % верных ответов.

Оценка «Удовлетворительно» ставится, если обучающимся дано от 65 до 74% верных ответов.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится, если обучающийся верно ответил на менее 64% заданных вопросов.

## **2.6 Подготовка к промежуточной аттестации (экзамену)**

Промежуточная аттестация по дисциплине направлена на проверку конкретных результатов обучения, выявление степени овладения обучающимися системой знаний, умений и навыков, компетенций, полученных в процессе изучения дисциплины.

Студенты сдают зачет/экзамен в конце теоретического обучения. К зачету/экзамену допускается студент, выполнивший в полном объеме задания, предусмотренные в рабочей программе. В случае пропуска каких-либо видов учебных занятий по уважительным или неуважительным причинам студент самостоятельно выполняет и сдает на проверку в письменном виде общие или индивидуальные задания, определяемые преподавателем.

В период подготовки к промежуточной аттестации, обучающиеся, вновь обращаются к пройденному материалу. При этом они не только закрепляют полученные знания, но и получают новые. Подготовка обучающихся к экзамену включает в себя три этапа:

- самостоятельная работа в течении семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие промежуточной аттестации;
- подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах.

Литература для подготовки представлена в рабочей программе дисциплины. Для полноты учебной информации и ее сравнения лучше использовать не менее двух источников учебной литературы. Обучающийся в праве сам придерживаться любой из представленных в учебной литературе точек зрения по спорной проблеме (в том числе отличной от преподавателя), но при условии достаточной

научной аргументации. Основным источником подготовки к экзамену является конспект лекций, где учебный материал дается в систематизированном виде, основные положения его детализируются, подкрепляются современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники.

В ходе подготовки к экзамену необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем. Если в процессе подготовки к экзамену во время самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у обучающегося возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах обучающийся должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самоподготовки.

Экзамен по теоретическому курсу проходит в устной или письменной форме (определяется преподавателем) на основе перечня вопросов, которые отражают содержание действующей рабочей программы учебной дисциплины.

Экзаменатору предоставляется право задавать студентам дополнительные вопросы в рамках билета.

При явке на экзамен студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, которую они предъявляют экзаменатору в начале экзамена.

Вопросы самоподготовки к промежуточной аттестации:

1. Примесная проводимость в полупроводниках. Донорные и акцепторные примеси. Ионизация примесей. Положение уровня Ферми в полупроводниках при различной температуре.

2. Закон действующих масс. Уравнение электронейтральности в общем виде. Положение уровня Ферми в собственном полупроводнике.

3. Положение уровня Ферми в невырожденном полупроводнике с донорными примесями. Область низких и умеренных температур. График зависимости  $\ln(n)$  от температуры для всего интервала значений (от низких до высоких температур). График зависимости  $E_F$  от температуры.

4. Равновесные и неравновесные носители заряда, в чем разница между ними. Избыточная концентрация. Смысл терминов «рекомбинация» и «генерация». Механизмы генерации. Механизмы рекомбинации. Что выступает в роли дефектов в случае рекомбинации через ловушки.

5. Биполярная оптическая генерация, механизм генерации. Зависимость избыточной концентрации электронов от времени после снятия внешнего возбуждения (описание процесса рекомбинации). Понятие «время жизни» избыточных носителей заряда.

6. Монополярная оптическая генерация, механизм генерации. Максвелловское время релаксации.

7. Дрейф электронов под действием электрического поля. Отличие дрейфовой скорости электронов от тепловой. Зависимость подвижности от температуры и концентрации примеси.

8. Дрейфовый ток, диффузионный ток. Причина появления токов, выражения для полных токов, протекающих в полупроводнике.

9. Уравнение непрерывности в полупроводниках.

10. Дрейфовый ток, диффузионный ток. Причина появления токов. Соотношение Эйнштейна.

11. Кинетическое уравнение. Кинетическое уравнение для стационарного случая. Понятие времени релаксации.

12. Особенности рассеяния носителей заряда в полупроводниках. Эффективное сечение рассеяния. Рассеяние на дефектах.

13. Кинетические явления. Теплопроводность. Закон Видемана-Франца.
14. Эффект Зеебека (ТермоЭДС).
15. Эффект Пельтье. Эффект Томпсона.
16. Критерий сильного и слабого магнитного поля. Магнитосопротивление. Эффект Холла.
17. Эффект Нернста-Эттингсхаузена. Эффект Риги-Ледюка.
18. Полупроводник в сильном электрическом поле: критерий «сильного» электрического поля; эффект «разогрева» электронного газа; вольт-амперная характеристика полупроводника в условиях сильного электрического поля.
19. Эффект Ганна.
20. Фотопроводимость. Край поглощения.
21. Работа выхода.
22. Контактная разность потенциалов при контакте металл-металл.
23. Контактная разность потенциалов при контакте металл-полупроводник.

## ЭКЗАМЕН

При определении оценки, выставляемой в ходе промежуточной аттестации, в форме экзамена учитываются:

- полнота и содержательность ответа;
- умение привести примеры;
- умение отстаивать свою позицию на основании положений нормативно-правовых актов;
- умение пользоваться дополнительной литературой при подготовке к занятиям;
- соответствие представленной в ответах информации материалам лекций и учебной литературы, сведениям из информационных ресурсов Интернет.

Оценка «отлично» выставляется, если студент:

- полно раскрыл содержание материала в объеме, предусмотренном программой и учебником;

- изложил материал грамотным языком в определенной логической последовательности, точно педагогическую терминологию;

- показал умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами;

- продемонстрировал усвоение ранее изученных сопутствующих вопросов, сформированность и устойчивость используемых при ответе умений и навыков;

- отвечал самостоятельно без наводящих вопросов. Возможны одна-две неточности при освещении второстепенных вопросов.

Оценка «хорошо» выставляется, если: ответ удовлетворяет в основном требованиям на оценку «5», но при этом имеет один из недостатков:

- в изложении допущены небольшие пробелы, не исказившие логического и информационного содержания ответа;

- допущены один-два недочета при освещении основного содержания ответа, исправленные по замечанию учителя;

- допущены ошибка или более двух недочетов при освещении второстепенных вопросов, легко исправленные по замечанию преподавателя.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если:

- неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения программного материала, имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов учителя;

- при знании теоретического материала выявлена недостаточная сформированность основных умений и навыков.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если:

- не раскрыто основное содержание учебного материала;

- обнаружено незнание или непонимание учеником большей или наиболее важной части учебного материала,
- допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, в, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов преподавателя

Отсутствие на занятии без уважительной причины или не подготовленность к семинарскому и практическому занятиям влечет за собой снятие до 3 баллов. Работы, сданные позднее установленного срока (без уважительной причины), не принимаются преподавателем или оцениваются с понижающим коэффициентом 0,5-0,6. Набранные дополнительные баллы суммируются с обязательными. Общее количество баллов по дисциплине в семестре не должно превышать 100.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филимонова, Н. И. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Н. И. Филимонова, Р. П. Дикарева. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2016. — 136 с. [Текст : электронный] // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : URL: <https://www.iprbookshop.ru/91569.html>

2. Физика конденсированного состояния. Дефекты строения в металлах : учебник / А. Н. Чуканов, Н. Н. Сергеев, А. Е. Гвоздев [и др.] ; под редакцией А. Н. Чуканова. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 300 с. [Текст : электронный] // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : URL: <https://www.iprbookshop.ru/115191.html>

3. Черевко, А. Г. Физика конденсированного состояния. Часть 1. Кристаллы и их тепловые свойств : учебное пособие / А. Г. Черевко. — Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2016. — 81 с. — [Текст : электронный] // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : URL: <https://www.iprbookshop.ru/69566.html>

4. П.В.Павлов, А.Ф.Хохлов Физика твердого тела Учеб. пособие / - 3-е изд., стереотип. - М. : Высш. шк., 2000. - 494с.

5. Байков Ю.А. Физика конденсированного состояния Учеб. пособие. - М. : Бинوم. Лаборатория знаний, 2011. - 293 с.

6. Сысоев О.И. Физические основы твердотельной электроники Учеб. пособие. Ч.1. - Воронеж : ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2012. - 213 с.

7. Л.И.Янченко, О.В.Стогней Методические указания 12-2015 к лабораторным работам № 1-4 по курсу «Физика конденсированного состояния» для студентов направления «Нанотехнологии и микросистемная техника» (профиль

«Компоненты микро- и наносистемной техники») очной формы обучения – 2015. – 45 с. (электронное издание)

**8.** С.А.Гриднев, Л.Н. Коротков Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-4 по дисциплине «Физика твердого тела» для студентов специальности «Техническая физика» дневной формы обучения – 2007 – 38 с. (электронное издание)

**9.** А.В.Калгин, Л.Н.Коротков, О.В.Стогней, Л.И.Янченко Методические указания 124-2014 к выполнению практических работ по дисциплине «Физика твердого тела» для студентов направления «Техническая физика». 2014 – 26 с. (электронное издание)

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Перечень видов самостоятельных работ по дисциплине «Физика конденсированного состояния»	4
2. Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов	7
2.1 Изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по темам	7
2.2 Подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	10
2.3 Подготовка к лабораторным работам и защите отчетов	12
2.4 Подготовка к коллоквиуму	15
2.5. Подготовка к контрольной работе в форме тестирования	16
2.6 Подготовка к промежуточной аттестации (экзамену)	18
Список литературы	24

# **«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
к выполнению самостоятельных работ  
для обучающихся по направлению 28.03.01 «Нанотехнологии  
и микросистемная техника», профиль «Компоненты микро- и  
наносистемной техники» очной формы обучения

Составитель:  
Стогней Олег Владимирович

В авторской редакции

Уч.-изд. л. 1,4.

ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический  
университет" 394026 Воронеж, Московский просп., 14