

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

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

Кафедра физики твердого тела

ФИЗИКА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

*к выполнению самостоятельных работ
для обучающихся по направлению 16.03.01 «Техническая физи-
ка», профиль «Физическая электроника» очной формы
обучения*

Воронеж 2021

УДК 621.362

ББК 22.379

Составитель:

к-т физ.-мат. наук А.В. Калгин

Физика термоэлектрических и пьезоэлектрических явлений: к выполнению самостоятельных работ для обучающихся по направлению 16.03.01 «Техническая физика», профиль «Физическая электроника» очной формы обучения / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: А.В. Калгин. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2021. 24 с.

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

Предназначены для студентов 4 курса бакалавриата, обучающихся по направлению 16.03.01 «Техническая физика», профиль «Физическая электроника»

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле «СР_16.03.01_ФЭ_ФТиПЯ_2021.pdf».

Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

УДК 621.362

ББК 22.379

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 термоэлектрических и пьезоэлектрических явлений» предназначены для студентов 4 курса направления подготовки 16.03.01 «Техническая физика», профиль «Физическая электроника». 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 термоэлектрических и пьезоэлектрических явлений»

При изучении дисциплины «Физика термоэлектрических и пьезоэлектрических явлений» предусматриваются следующие виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме;
- составление конспекта по теме;
- подготовка к практическим занятиям и защите отчетов;
- подготовка к контрольной работе в форме тестирования;
- подготовка к дифференциальному зачету.

Задания для внеаудиторной самостоятельной работы рассчитаны на 72 часа.

Таблица 1 - Перечень самостоятельных работ по дисциплине

№	Наименование разделов и тем дисциплины, их краткое содержание; вид самостоятельной работы	Форма контроля	Зачетные единицы (часы)
8 семестр			
	Раздел 1. Введение в физику термоэлектрических явлений.		
1	Тема. История открытия термоэлектрических явлений. Вид самостоятельной работы: составление конспекта по теме	оценка конспекта выполненного по теме, изучаемой самостоятельно	12
	Раздел 2. Термоэлектрические материалы.		
2	Тема 2.1. Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов. Вид самостоятельной работы: подготовка к контрольной работе в форме тестирования	тест	2
3	Тема 2.2. Фононное стекло-электронный кристалл. Вид самостоятельной работы: изучение	фронтальный опрос	2

	лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме		
4	Тема 2.3. Разупорядоченные полупроводники. Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме	фронтальный опрос	2
5	Тема 2.4. Интерметаллиды. Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме	фронтальный опрос	2
6	Тема 2.5. Наноблочные оксиды. Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме	фронтальный опрос	2
7	Тема 2.6. Наноразмерные термоэлектрические материалы. Вид самостоятельной работы: изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по теме	фронтальный опрос	2
	Раздел 3. Применение термоэлектрических материалов.		
8	Тема 3.1. Термоэлектрические холодильники. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	4
9	Тема 3.2. Термоэлектрические генераторы. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	4
10	Тема 3.3. Термоэлектрические нагреватели. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	4
	Раздел 4. Введение в физику пьезоэлектрических явлений.		
11	Тема. История открытия пьезоэлектрических явлений. Вид самостоятельной работы: составление конспекта по теме	оценка конспекта выполненного по теме, изучаемой самостоятельно	12
	Раздел 5. Физические свойства пьезоэлек-		

	трических кристаллов.		
12	Тема 5.1. Электрические свойства кристаллов. Вид самостоятельной работы: составление конспекта по теме	оценка конспекта выполненного по теме, изучаемой самостоятельно	2
13	Тема 5.2. Упругие свойства кристаллов. Вид самостоятельной работы: составление конспекта по теме	оценка конспекта выполненного по теме, изучаемой самостоятельно	2
14	Тема 5.3. Электромеханические свойства кристаллов. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	4
15	Тема 5.4. Методы определения пьезоэлектрических характеристик Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	4
	Раздел 6. Практическое применение пьезоэлектриков.		
16	Тема 6.1. Пьезоэлектрические трансформаторы. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	2
17	Тема 6.2. Пьезоэлектрические двигатели. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	4
18	Тема 6.3. Пьезоэлектрические манометры. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	2
19	Тема 6.4. Пьезоэлектрические линии задержки. Вид самостоятельной работы: подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	защита отчета	4
	Итого за 8 семестр		72

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 вида 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 Составление конспекта по теме

Конспект - связное, сжатое изложение самого главного, основного в изучаемом материале. Конспект – итог логического анализа текста; внимание в нем сосредоточено на самом существенном, в кратких обобщенных формулировках приведены ключевые смысловые положения нормативного документа. Эти важнейшие смысловые положения представляют собой основные системообразующие мысли, идеи, пояснения, обоснования, требования и др., формирующие смысловое ядро нормативного документа, выраженные в виде кратких положений – тезисов.

Тезисы формулируют в отвлеченных выражениях (в форме утверждения, умозаключения, отрицания), причем в каждом положении содержится одна мысль. Каждое утверждение должно быть кратким, ёмким и обоснованным.

Правильно составленные тезисы вытекают один из другого. Не стремитесь рассмотреть в тезисах решение проблемы: тезисы – это аналитический труд по выбранной теме.

Конспектирование, как вид познавательной деятельности:

- способствует глубокому пониманию и прочному усвоению изучаемого материала;
- помогает выработке умений и навыков правильного, грамотного изложения в письменной форме теоретических и практических вопросов;
- формирует умения ясно излагать чужие мысли своими словами;
- обучает перерабатывать любую информацию, придавая ей иной вид, тип, форму;
- формирует умение создавать модель (понятийную или структурную) объекта изучения (проблемы, исследования, документального источника).

Основные требования к написанию конспекта: системность и логичность изложения материала, краткость, убедительность и доказательность.

При составлении конспекта необходимо избегать многословия, излишнего цитирования, стремления сохранить систематическую особенность текста в ущерб его логике.

Общий алгоритм конспектирования.

1 Прочитайте текст, отметьте в нем новые слова, непонятные места, имена, даты; составьте перечень основных мыслей, содержащихся в тексте, и простой план, который поможет группировать материал в соответствии с логикой изложения.

2 Посмотрите в словаре значения новых непонятных слов, выпишите их в тетрадь или словарь в конце тетради.

3 Вторично прочитайте текст, одновременно записывайте основные мысли автора. Запись ведется своими словами. Важно стремиться к краткости, пользоваться правилами записи текста.

4 Прочитайте конспект еще раз, доработайте его.

Выполненная работа оценивается следующим образом:

Оценка «отлично» ставится, если:

- соблюдена логика изложения вопроса темы;
- материал изложен в полном объеме;
- выделены ключевые моменты вопроса;
- материал изложен понятным языком;
- формулы написаны четко и с пояснениями;
- схемы, таблицы, графики, рисунки снабжены пояснениями, выполнены в соответствии с предъявляемыми требованиями;
- к ним даны все необходимые пояснения;
- приведены примеры, иллюстрирующие ключевые моменты темы.

Оценка «хорошо» ставится, если:

- не соблюден литературный стиль изложения,
- неясно и нечетко изложен материал,
- иллюстрационные примеры приведены не в полном объеме.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если:

- не соблюден литературный стиль изложения,
- неясно и нечетко изложен материал,

- иллюстрационные примеры приведены не в полном объеме.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если:

- конспект составлен небрежно и неграмотно,
- имеются нарушения логики изложения материала темы,
- не приведены иллюстрационные примеры,
- не выделены ключевые моменты темы.

2.3 Подготовка к практическим занятиям и защите отчетов

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 изуче-

ния обязательной и дополнительной литературы, рекомендованной к данной теме. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, 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, изложение 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 сутью 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, отсутствует понимание основной сути вопросов, не сделаны выводы и обобщения, обнаружено неумение решать учебные задачи.

2.4. 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.

2.5. Подготовка к промежуточной аттестации (дифференциальному зачету)

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 дифференциальный зачет в конце теоретического обучения. К дифференциальному зачету 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 дифференциальному зачету 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 дифференциальному зачету является конспект лекций, где учебный материал дается в систематизированном виде, основные положения его детали-

зируются, подкрепляются современными фактами и информацией, которые в силу новизны не вошли в опубликованные печатные источники.

В ходе подготовки к дифференциальному зачету необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания излагаемых проблем. Если в процессе подготовки к дифференциальному зачету 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.

Дифференциальный зачет 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 дифференциальный зачет студенты обязаны иметь при себе зачетную книжку, которую они предъявляют экзаменатору в начале дифференциального зачета.

Вопросы самоподготовки к промежуточной аттестации:

1. История открытия термоэлектрических явлений.
2. Эффект Зеебека.
3. Эффект Пельтье.
4. Эффект Томсона.

5. Классические методы получения термоэлектрических материалов: метод вертикальной зонной плавки, метод Чохральского, метод Бриджмена, метод экструзии и метод кристаллизации в узких щелях.

6. Химические методы получения термоэлектрических материалов: гидротермальный метод, сольватермальный метод и микроволновый метод.

7. Твердые и жидкие термоэлектрические материалы. Термоэлектрическая добротность.

8. Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов.

9. Фононное стекло-электронный кристалл.

10. Разупорядоченные полупроводники.

11. Интерметаллиды.

12. Наноблочные оксиды.

13. Наноразмерные термоэлектрические материалы.

14. Основные требования к термоэлектрическим материалам.

15. Основные направления использования термоэлектрических эффектов: термоэлектрические генераторы, холодильники и нагреватели.

16. Основные направления использования термоэлектрических эффектов: термоэлектрические измерители температуры (термопары), термоэлектрические преобразователи для измерения электрических величин, микрокалориметры, термоэлектрические приемники излучения и тепломеры.

17. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффекты.

18. Тензор механического напряжения.

19. Тензор деформации.

20. Упругая жесткость и упругая податливость.

21. Характеристики электрического состояния кристаллов.

22. Тензор диэлектрической проницаемости.

23. Граничные условия, при которых используется пьезоэлектрик. Уравнения прямого пьезоэлектрического эффекта при различных граничных условиях.

24. Физический смысл пьезомодулей.

25. Четыре типа прямого пьезоэлектрического эффекта в кристаллах: L , T , L_S и T_S -эффекты.

26. Уравнения обратного пьезоэлектрического эффекта при различных граничных условиях.

27. Коэффициент электромеханической связи.

28. Электромеханическая связь при прямом и обратном пьезоэффектах.

29. Методы определения пьезоэлектрических характеристик. Статические методы.

30. Методы определения пьезоэлектрических характеристик. Эквивалентная схема пьезоэлектрического резонатора. Динамический метод.

31. Методы определения пьезоэлектрических характеристик. Квазистатический метод.

32. Практические применения пьезоэлектриков: пьезоэлектрические трансформаторы, пьезоэлектрические двигатели, пьезоэлектрические маномеры и пьезоэлектрические линии задержки на поверхностных акустических волнах.

При определении оценки, выставяемой в ходе промежуточной аттестации в форме дифференциального зачета, 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» выставяется, 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 преподавателя;
- 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 преподавателя;
- 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.

В случае неявки студента на дифференциальный зачет в экзаменационной ведомости делается отметка «не явился».

Дифференциальный зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 20 вопросов. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 20.

Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.

Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов.

Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.

Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гриднев С.А. Термоэлектрические материалы: учеб. пособие / С.А. Гриднев. – Воронеж: ФГБОУ ВПО "Воронежский государственный технический университет", 2014. – 130 с.

2. Калгин А.В. Физика пьезоэлектрических кристаллов и магнитоэлектрических композитов: учеб. пособие / А.В. Калгин, С.А. Гриднев. – Воронеж: ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет", 2016. – 166 с.

3. Гриднев С.А. Расчет термоэлектрических устройств: учеб. пособие / С.А. Гриднев. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 114 с.

4. Гриднев С.А. Методические указания к выполнению и оформлению лабораторных работ по дисциплине "Термоэлектрические материалы и устройства на их основе" для студентов направления 16.04.01 "Техническая физика" (магистерская программа "Прикладная физика твердого тела"), по дисциплине "Термоэлектрические системы охлаждения" для студентов направления 16.04.01 "Техническая физика" (магистерская программа "Физика и техника низких температур") и по дисциплине "Физика термоэлектрических и пьезоэлектрических явлений" для студентов направления 16.03.01 "Техническая физика" (профиль "Физическая электроника") очной формы обучения. – Воронеж: ВГТУ, 2017. – 42 с. (электронная форма).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1 Перечень видов самостоятельных работ по дисциплине «Физика термоэлектрических и пьезоэлектрических явлений»	4
2. Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов	7
2.1. Изучение лекционного материала и самостоятельное изучение литературы по темам	7
2.2. Составления конспекта по теме	10
2.3. Подготовка к практическим занятиям и защите отчетов	12
2.4. Подготовка к контрольной работе в форме тестирования	14
2.5. Подготовка к промежуточной аттестации (дифференциальному зачету)	16
Список литературы	22

ФИЗИКА ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению самостоятельных работ
для обучающихся по направлению 16.03.01 «Техническая
физика», профиль «Физическая электроника» очной формы
обучения

Составитель:
Калгин Александр Владимирович

В авторской редакции

Подписано к изданию _____.
Уч.-изд. л. ____.

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