МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета радиотехники и электроники
_____ /В.А. Небольсин /
"26" марта 2019 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Термоэлектрические материалы и устройства на их основе»

Направление подготовки (специальность) 16.04.01 Техническая физика
Профиль (специализация) Прикладная физика твердого тела
Квалификация выпускника Магистр
Нормативный период обучения 2 года
Форма обучения Очная
Год начала подготовки 2019 г.

Автор программы _____ /Гриднев С.А./

Заведующий кафедрой
физики твердого тела _____ /Костюченко А.В./

Руководитель ОПОП _____ /Калинин Ю.Е./

Воронеж 2019

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины является – формирование у будущих магистров знаний физики термоэлектрических явлений, материалов, используемых в термоэлектрических устройствах, и подготовка к решению основных задач профессиональной деятельности в области разработки, получения и применения термоэлектрических генераторов и систем жизнеобеспечения.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Формирование у студентов знаний о структурных особенностях и методах получения термоэлектрических материалов, о физических свойствах термоэлектриков, о способах повышения термоэлектрической добротности материалов, методах расчета основных параметров термоэлектрических генераторов и холодильных устройств и об основных направлениях применения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Термоэлектрические материалы и устройства на их основе» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Термоэлектрические материалы и устройства на их основе» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-6 - способностью самостоятельно выполнять физико-технические научные исследования для оптимизации параметров объектов и процессов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств

ДПК-1 - способность аргументировано идентифицировать новые области исследований, новые проблемы в сфере физики твердого тела, проектирования, технологии изготовления и применения новых функциональных материалов и устройств

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-6	Знать физические процессы, протекающие в термоэлектрических модулях, а также основные свойства наиболее часто используемых в науке и практике термоэлектрических материалов
	Уметь определять экспериментальным или расчетным путем оптимальные режимы проведения отдельных технологических операций;
	Владеть основными способами и технологиями получения термоэлектрических материалов

ДПК-1	Знать новые физические принципы повышения термоэлектрической добротности материалов.
	Уметь самостоятельно разрабатывать новые термоэлектрические материалы и использовать их в приборах и устройствах электронной техники.
	Владеть навыками анализа и систематизации новой информации, касающейся различных аспектов термоэлектрических материалов

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Термоэлектрические материалы и устройства на их основе» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры 3
Аудиторные занятия (всего)	45	45
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Лабораторные работы (ЛР)	9	9
Самостоятельная работа	99	99
Курсовая работа	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	 180 5	 180 5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные термоэлектрические эффекты и связь между ними	Три этапа развития науки о термоэлектричестве. Основные термоэлектрические эффекты	4	2	1	16	23
2	Термоэлектрические устройства	Основные типы термоэлектрических приборов: генераторы, холодильники и нагреватели. Анализ работы теплового насоса	4	2	2	16	24
3	Термоэлектрические материалы	Условия максимальной эффективности термоэлектрических материалов. Основные требования к термоэлектрическим материалам	4	2	2	16	24
4	Низкоразмерные термоэлектрические структуры	Тонкие пленки, сверхрешетки, квантовые ямы, квантовые проволоки, квантовые точки. Структуры типа «фононное стекло – элекронный кристалл».	2	4	2	16	24

5	Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов	Каскадирование. Метод твердых растворов. Выбор легирую- щей примеси. Рассеяние фононов на границах зерен. Многослойные пленочные гетероструктуры	2	4	2	18	26
6	Применение термоэлектрических материалов	Применения термоэлектрических холодильных машин. Применения термоэлектрических генераторов.	2	4	-	17	23
		Итого	**18**	**18**	**9**	**99**	**144**

5.2 Перечень лабораторных работ

№ п/п	Название лабораторной работы	Объем часов	Форма контроля
1	Определение коэффициента термоэдс и фактора мощности для объемных образцов различных материалов.	4	Опрос
2	Измерение теплопроводности термоэлектрических материалов калориметрическим методом	4	Опрос
3	Зачетное занятие	1	Отчет
	Итого	**9**	

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 3 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы:

1. Способы увеличения термоэлектрической добротности.
2. Скуттерудиты и клатраты – перспективные термоэлектрические материалы.
3. Наноструктурированные термоэлектрические материалы.
4. Термоэлектрические нанокомпозиты.
5. Низкоразмерные термоэлектрические структуры.
6. Использование квантовых эффектов для повышения термоэлектрической добротности материалов.
7. Метод твердых растворов и его использование для разработки новых термоэлектрических материалов.
8. Структуры типа «фононное стекло – квантовый кристалл».

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- закрепление и углубление теоретических знаний, полученных студентами при освоении теоретического материала дисциплины «Термоэлектрические материалы и устройства на их основе» в форме аудиторных занятий: лекций и практик;

- приобретение опыта самостоятельной работы с научной, технической, справочной, патентной литературой, ГОСТами и т.д.;

- практическое применение знаний, полученных при изучении общепрофессиональных дисциплин, использование средств вычислительной техники и методов расчета. Расчет термоэлектрических генераторов и холодильных устройств, работающих в разных режимах.

Курсовая работа включат в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

7.1.1 Этап текущего контроля

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

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-6	Знать физические процессы, протекающие в термоэлектрических модулях, а также основные свойства наиболее часто используемых в науке и практике термоэлектрических материалов	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при опросах.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь определять экспериментальным или расчетным путем оптимальные режимы проведения отдельных технологических операций	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по практике НИР в лабораториях кафедры.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть основными способами и технологиями получения термоэлектрических материалов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ДПК-1	Знать новые физические принципы повышения термоэлектрической добротности материалов	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	Уметь самостоятельно разрабатывать новые термоэлектрические материалы и использовать их в приборах и устройствах электронной техники.	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками анализа и систематизации новой информации, касающейся различных аспектов термоэлектрических материалов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по практике НИР.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	**Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции**	**Критерии оценивания**	**Отлично**	**Хорошо**	**Удовл.**	**Неудовл.**
ПК-6	Знать физические процессы, протекающие в термоэлектрических модулях, а также основные свойства наиболее часто используемых в науке и практике термоэлектрических материалов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	Уметь определять экспериментальным или расчетным путем оптимальные режимы проведения отдельных технологических операций	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть основными способами и технологиями получения термоэлектрических материалов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ДПК-1	Знать новые физические принципы повышения	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	термоэлектрической добротности материалов					
	Уметь самостоятельно разрабатывать новые термоэлектрические материалы и использовать их в приборах и устройствах электронной техники.	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть навыками анализа и систематизации новой информации, касающейся различных аспектов термоэлектрических материалов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

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

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Какие имеются три этапа развития науки в истории термоэлектричества?	1) открытие термоэлектрических эффектов 2) теория Альтенкирха 3) работы А.Ф. Иоффе 4) разработка партизанского котелка
2	Перечислить основные термоэлектрические эффекты.	1) эффект Пельтье 2) эффект Зеебека 3) эффект Видемана-Франца 4) эффект Томсона
3	При каких условиях возникает эффект Зеебека?	1) сильное электрическое поле 2) сильное магнитное поле 3) градиент температуры 4) контакт двух материалов
4	Что можно определить по знаку термоэдс?	1) знак носителей заряда 2) концентрацию носителей заряда 3) подвижность носителей заряда 4) величину термоэдс
5	Физические явления, приводящие к появлению термоэдс	1) разность энергий носителей заряда 2) взаимная диффузия горячих и холодных носителей 3) градиент концентрации носителей 4) ток от внешнего источника

6	Физические процессы, обусловленные термоэлектрическими эффектами являются …	1) необратимыми 2) обратимыми 3) метастабильными 4) случайными
7	Теплопроводность и теплота Джоуля являются процессами …	1) обратимыми 2) метастабильными 3) необратимыми 4) неустойчивыми
8	Эффект Пельтье возникает в …	1) контакте двух материалов 2) однородном материале 3) в замкнутой цепи 4) в полярных диэлектриках
9	Тепло Пельтье пропорционально силе тока …	1) линейно 2) квадратично 3) не зависит от величины тока 4) экспоненциально
10	Как зависит тепло Пельтье от направления тока?	1) линейно 2) изменяет знак 3) не зависит от направления тока 4) квадратично
11	Зависит ли тепло Джоуля от направления тока?	1) зависит 2) не зависит 3) в разных материалах по-разному 4) во внешнем электрическом поле
12	Размерность коэффициента Пельтье	1) Кл/м 2) Кл/м^2 3) Вольт 4) Дж / Кулон
13	Величина коэффициента Пельтье для большинства пар металлов	1) 10 – 100 В 2) 1,0 – 10 мкВ 3) 10^{-2} – 10^{-3} В 4) 1,0 - 10 В
14	В каких случаях наблюдается эффект Томсона …	1) в неоднородных проводниках 2) при наличии тока и градиента температуры 3) всегда при протекании тока 4) при наличии собственных колебаний образца
15	Зависит ли тепло Джоуля от сопротивления проводника?	1) в зависимости от материала 2) не зависит 3) зависит 4) в зависимости от характера фазового перехода
16	Тепло Джоуля изменяется в зависимости от силы тока …	1) линейно 2) квадратично 3) не зависит от величины тока 4) экспоненциально
17	Выражение для теплоты Томсона имеет вид …	1) $Q = \tau\, \Delta T\, it$ 2) $Q = i^2Rt$ 3) $Q = \Pi it$ 4) $dQ = dU + dA$

18	Существует ли взаимосвязь между термоэлектрическими эффектами?	1) не существует 2) существует 3) в некоторых полярных кристаллах 4) в изотермических условиях
19	Коэффициент Пельтье связан с коэффициентом Зеебека следующим соотношением…	1) $\Pi = T\alpha^2$ 2) $\Pi = T^2\alpha$ 3) $\Pi = T\alpha$ 4) $\Pi = T^2\alpha^2$
20	Коэффициент Томсона связан с коэффициентом термоэдс соотношением …	1) $\tau = T\,(d\alpha/dT)$ 2) $\tau = T\alpha$ 3) $\tau = T\alpha^2$ 4) $\tau = T^2\alpha$

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

№	Вопрос	Варианты ответа
1	Основные направления практического применения термоэлектрических эффектов.	1) генераторы; 2) охлаждающие устройства; 3) устройства комбинированного типа; 4) нагревательные устройства.
2	Какие из устройств являются тепловыми насосами?	1) генераторы; 2) нагревательные устройства; 3) накопители энергии; 4) охлаждающие устройства.
3	За счет чего совершается работа в тепловых насосах?	1) убыли внутренней энергии; 2) убыли свободной энергии; 3) убыли термодинамического потенциала; 4) внешнего источника электрической энергии.
4	Общий признак тепловых насосов.	1) перенос тепла с высокого на низкий тепловой уровень; 2) перенос тепла с низкого на более высокий тепловой уровень; 3) перенос тепла к резервуару; 4) выделение джоулевой теплоты.
5	Эффективность термоэлектрического охлаждения характеризуется…	1) холодильным коэффициентом; 2) холодопроизводительностью; 3) максимально достижимым снижением температуры ΔT; 4) убылью внешней энергии.
6	Эффективность термоэлектрического нагрева характеризуется…	1) коэффициентом полезного действия 2) температурой радиатора; 3) отопительным коэффициентом; 4) убылью внешней энергии.

7	Как определяется кпд термоэлектрического генератора, если Q_1 – тепло, подводимое при T_1, а Q_2 – отводимое тепло?	1) $\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}$; 2) $\eta = \frac{Q_2}{Q_1}$; 3) $\eta = \frac{Q_1}{Q_2}$; 4) $\eta = \frac{Q_1}{Q_2 - Q_1}$.
8	Какие величины кпд имеют реально действующие конструкции термогенераторов?	1) 100 %; 2) 50-100 %; 3) 10-50 %; 4) 1-10 %.
9	На основе какого эффекта работает термоэлектрический холодильник?	1) эффект Ленца-Джоуля; 2) эффект Зеебека; 3) эффект Пельтье; 4) эффект Томсона.
10	Что такое холодильный коэффициент, если осуществляется перенос тепла Q_0 от тела с температурой T_0 к резервуару, а Q_1 – тепло, передаваемое резервуару?	1) $\varepsilon = \frac{Q_0}{T_0}$; 2) $\varepsilon = \frac{Q_0}{Q_1 - Q_0}$; 3) $\varepsilon = Q_0 T_0^2$; 4) $\varepsilon = \frac{Q_0 - Q_1}{Q_0}$.
11	Что такое холодопроизводительность?	1) количество тепла Q_0, переносимое от тела с пониженной температурой к радиатору; 2) количество тепла, переносимое от радиатора к телу с пониженной температурой; 3) количество тепла, теряемое в окружающую среду; 4) количество тепла, теряемое в контактах.
12	Что такое отопительный коэффициент K, если осуществляется перенос тепла Q_0 от резервуара к телу с температурой T_1?	1) $K = \frac{Q_1}{Q_1 - Q_0}$; 2) $K = i^2 R t$; 3) $K = \frac{Q_0}{Q_1 - Q_0}$; 4) $K = Q_0 T_0$.
13	Как связан отопительный коэффициент с холодильным коэффициентом?	1) $K = \varepsilon^2$; 2) $K = 1/\varepsilon$; 3) $K = 1 + \varepsilon$; 4) $K = 1 - \varepsilon$.
14	Зависит ли эффективность термоэлектрических холодильных машин от их габаритов?	1) зависит; 2) не зависит; 3) при большой мощности; 4) при низких температурах.

15	Каких значений может достигать отопительный коэффициент K при малой рабочей разности температур (10-20) К?	1) 0,1 – 0,5; 2) 0,5 – 1,0; 3) 2 - 3; 4) 5 - 10.
16	Какие эффекты проявляются при работе термоэлемента в режиме холодильника?	1) эффект Пельтье; 2) эффект Томсона; 3) эффект Джоуля; 4) теплопроводность.
17	Какие эффекты проявляются при работе термоэлемента в режиме нагревателя?	1) эффект Пельтье; 2) эффект Зеебека; 3) эффект Джоуля; 4) теплопроводность.
18	От чего зависит максимально возможный ток через термоэлемент, при котором достигается ΔT_{max}?	1) от величины термоэдс; 2) от электросопротивления; 3) от геометрии ветвей; 4) от температуры контакта.
	Максимальная разность температур в холодильнике …	1) $\Delta T_{\max} = \frac{1}{2} Z T_x^2$; 2) $\Delta T_{\max} = \frac{1}{2} \alpha T_x^2$; 3) $\Delta T_{\max} = \frac{1}{2} K T_x^2$; 4) $\Delta T_{\max} = \frac{1}{2} (Z - K) T_x^2$.
	Какое напряжение дает термоэлектрический генератор, состоящий из N элементов?	1) U = Nα; 2) $U = \sum_N \alpha (T_r - T_x)$; 3) $U = N\alpha T_x$; 4) $U = I_{max} Z T_x$.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

	Вопрос	Варианты ответа
1	От каких параметров зависит эффективность термоэлектрического материала Z по Альтенкирху?	1) термоэдс α 2) электропроводность σ 3) теплопроводность k 4) коэффициент Пельтье П
2	В каких материалах величина Z имеет большее значение?	1) металлы 2) диэлектрики 3) полупроводники 4) во всех материалах Z имеет одинаковый порядок величины
3	Чем характеризуется работа термоэлектрических устройств?	1) холодильный коэффициент 2) КПД генераторной термобатареи 3) теплота Джоуля 4) отопительный коэффициент
4	Как изменяются характеристики термоэлемента при увеличении параметра Z материала?	1) улучшаются 2) ухудшаются 3) не изменяются 4) зависимость имеет сложный характер

5	Как изменяется значение Z, если термоэлектрический материал работает в области примесной проводимости обоих знаков?	1) улучшается 2) ухудшается 3) не изменяется 4) зависимость имеет сложный характер
6	С какими фундаментальными свойствами полупроводникового материала связан параметр Z?	1) приведенный уровень Ферми E_F* 2) подвижность невырожденных носителей заряда □$_0$ 3) эффективная масса носителей заряда m^* 4) ширина запрещенной зоны E_g
7	На чем обычно доминирует рассеяние носителей заряда в термоэлектрических материалах при температурах близких к комнатной?	1) на акустических фононах 2) на оптических фононах 3) на ионах примеси 4) на незаряженных точечных дефектах
8	Для увеличения параметра Z необходимо	а) увеличивать проводимость и уменьшать теплопроводность б) увеличивать проводимость и теплопроводность в) уменьшать проводимость и теплопроводность г) уменьшать проводимость и увеличивать теплопроводность
9	Для получения высокой добротности термоэлектрических материалов предпочтительны материалы	а) с тяжелыми атомами б) с легкими атомами в) с чередованием легких и тяжелых атомов г) атомный вес не влияет на величину Z
10	Для повышения добротности термоэлектрических материалов требуются материалы	а) с сильными межатомными связями б) со слабыми межатомными связями в) характер связей не влияет на Z г) смешанный тип межатомных связей
11	Выражение для коэффициента Альтенкирха Z имеет вид	а) $Z= \alpha^2 \sigma / k$ б) $Z= \alpha \sigma^2 / k$ в) $Z= \alpha^2 / k \sigma$ г) $Z= \alpha^2 k / \sigma$
12	Зависит ли решёточная теплопроводность от концентрации носителей заряда?	а) зависит при температурах выше комнатной б) зависит при низких температурах в) не зависит г) зависит, но роль концентрации носителей ничтожно мала
13	Как зависит электропроводность материала σ от концентрации n и подвижности носителей заряда μ?	а) $\sigma = en\mu$ б) $\sigma = en\mu^2$ в) $\sigma^2 = en\mu$ г) $\sigma = e\mu/n$
14	От каких параметров НЕ зависит оптимальная концентрация носителей заряда в термоэлектриках?	а) от эффективной массы б) температуры в) механизма рассеяния носителей г) зависит от всех вышеперечисленных факторов

15	Какие параметры связывает между собой параметр рассеяния носителей заряда?	а) время релаксации носителей заряда с их энергией б) время релаксации носителей заряда с эффективной массой в) время релаксации носителей заряда с их концентрацией г) время релаксации носителей заряда и температуру
16	Какую величину термоэлектрической эффективности Z обычно имеют материалы вблизи комнатной температуры?	а) 0,7 - 1 б) 0,001 - 0,002 в) 0,01 - 0,1 г) 1,2 - 2,4
17	Какой вид связи реализуется в квинтетах теллурида висмута Bi_2Te_3?	а) ковалентный и ионный б) ионный в) ионный и металлический г) металлический
18	Как изменяется термоэдс при увеличении концентрации носителей?	а) увеличивается б) уменьшается в) остается неизменной г) зависимость имеет не монотонный характер
19	Как изменяется электропроводность при увеличении концентрации носителей?	а) увеличивается б) уменьшается в) остается неизменной г) зависимость имеет сложный характер
20	Как изменяется фактор мощности при увеличении концентрации носителей?	а) увеличивается б) уменьшается в) остается неизменным г) проходит через максимум

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Вопросы для экзамена

1. Три этапа развития науки о термоэлектричестве.
2. Основные термоэлектрические эффекты: Зеебека, Пельтье и Томсона.
3. Взаимосвязь термоэлектрических эффектов.
4. Три типа термоэлектрических устройств: генераторы, холодильники и нагреватели.
5. Принцип работы термоэлектрического теплового насоса. Преимущества термоэлектрических тепловых насосов.
6. Термоэлектрический нагрев. Термоэлектрические генераторы и их применение.
7. Нестационарные режимы работы термоэлектрических холодильников и генераторов.
8. Термоэлектрические материалы. Основные требования, определяющие высокую термоэлектрическую эффективность материалов.
9. Теллурид висмута.
10. Твердые растворы на основе теллурида висмута.
11. Оксидные термоэлектрики.
12. Низкоразмерные термоэлектрические структуры: сверхрешетки, квантовые ямы, квантовые проволоки, квантовые точки. Достоинства и недостатки.

13. Супрамолекулярные структуры: наполненные скуттерудиты и полупроводниковые клатраты. Достоинства и недостатки.
14. Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов. Каскадирование. Метод твердых растворов.
15. Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов. Выбор легирующей примеси. Рассеяние фононов на границах зерен.
16. Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов. Многослойные пленочные гетероструктуры. Действие гидростатического сжатия. Повышение микрооднородности.
17. Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов. Сверхрешетки и системы с квантовыми ямами.
18. Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов. Квантовые проволоки. Нанокомпозиты.
19. Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов. Материалы типа электронный кристалл – фононное стекло. Сверхрешетки квантовых точек.
20. Применения термоэлектрических материалов.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация 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.
1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные термоэлектрические эффекты и связь между ними	ПК-6, ДПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
2	Термоэлектрические устройства	ПК-6, ДПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
3	Термоэлектрические материалы	ПК-6, ДПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
4	Низкоразмерные термоэлектрические структуры	ПК-6, ДПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….
5	Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов	ПК-6, ДПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….

6	Применение термоэлектрических материалов	ПК-6, ДПК-1	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту….

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

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

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

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

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Гриднев С.А. Термоэлектрические материалы: учебное пособие. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 130 с.
2. Гриднев С.А., Расчет термоэлектрических устройств: учебное пособие. - Воронеж: ГОУВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 114 с.
3. Гриднев С.А. Методические указания к выполнению и оформлению лабораторных работ по дисциплине «Термоэлектрические материалы и устройства на их основе». - Воронеж: ВГТУ, 2015. – 41 с. (электронная форма)
4. Гриднев С.А. Методические указания к выполнению и оформлению курсовых работ по дисциплине «Термоэлектрические материалы и устройства на их основе». - Воронеж: ВГТУ, 2015. – 20 с. (электронная форма).
5. Гриднев С.А. Методические указания по подготовке научных работ к печати. - Воронеж: ВГТУ, 2006. - 43 с.
6. Булат Л.П., Ведерников М.В., Вялов А.П. Термоэлектрическое охлаждение: текст лекций. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2002. – 147 с.
7. Марченко О.В., Кашин А.П., Лозбин В.И., Максимов М.З. Методы расчета термоэлектрических генераторов. – Новосибирск: Наука, 1995. – 222 с.

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

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для осуществления образовательного процесса необходимо:

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой (221/1).

2. Научно-учебная лаборатория физических свойств термоэлектриков (020/1) с научно-исследовательскими измерительными стендами, комплексами и оборудованием.

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

По дисциплине «Термоэлектрические материалы и устройства на их основе» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовая работа.

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

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета термоэлектрических холодильных и генераторных устройств. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается

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