

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФРТЭ

В.А. Небольсин

«30» августа 2017 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Перспективы развития термоэлектрических материалов»

Направление подготовки 16.03.01 ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Профиль Физическая электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы

/Костюченко А.В./

Заведующий кафедрой
Физики твердого тела

/Калинин Ю.Е./

Руководитель ОПОП

/Калинин Ю.Е./

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины – ознакомление обучающихся с новейшими достижениями науки и техники в области термоэлектрических материалов

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- изучение основных методов получения термоэлектрических материалов;
- изучение классификации, основных свойств и перспектив развития функциональных термоэлектрических материалов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Перспективы развития термоэлектрических материалов» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Перспективы развития термоэлектрических материалов» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-5 - готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике профессиональной деятельности

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-5	знать техническую и научную терминологию, а также последние достижения в области термоэлектрических материалов
	уметь критически осмысливать, обобщать и систематизировать полученные данные в области термоэлектрических материалов
	владеть навыками работы с научной и конструкторской документацией по композитным материалам

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Перспективы развития термоэлектрических материалов» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36

Практические занятия (ПЗ)	36	36
Самостоятельная работа	36	36
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	108	108
зач.ед.	3	3

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.	СРС	Всего, час
1	Основные термоэлектрические эффекты.	Три этапа развития науки о термоэлектричестве. Основные термоэлектрические эффекты. Эффект Зеебека. Эффект Пельтье. Эффект Томсона. Взаимосвязь термоэлектрических эффектов.	4	4	4	12
2	Термоэлектрические устройства	Генераторы, холодильники и нагреватели. Термоэлектрические тепловые насосы. Термоэлектрические нагреватели. Термоэлектрические генераторы. Нестационарные режимы работы термоэлектрических холодильников и генераторов.	6	6	6	18
3	Термоэлектрические материалы	Условия максимальной эффективности термоэлектрических материалов. Основные требования к термоэлектрическим материалам. Теллурид висмута Bi ₂ Te ₃ . Твердые растворы на основе теллурида висмута. Оксидные термоэлектрики. Низкоразмерные термоэлектрические структуры. Структуры типа «фононное стекло – электронный кристалл»	12	12	12	36
4	Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов	Каскадирование. Метод твердых растворов. Выбор легирующей примеси. Рассеяние фононов на границах зерен. Многослойные пленочные гетероструктуры. Действие гидростатического сжатия. Повышение микрооднородности. Наноструктурированные материалы. Сверхрешетки и системы с квантовыми ямами. Квантовые проволоки. Наноккомпозиты. Материалы типа «электронный кристалл - фононное стекло». Сверхрешетки квантовых точек.	10	10	10	30
5	Применение термоэлектрических материалов	Применение термоэлектрических холодильных машин. Применение термоэлектрических генераторов. Перспективы развития термоэлектрического преобразования энергии.	4	4	4	12
Итого			36	36	36	108

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

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-5	знать техническую и научную терминологию, а также последние достижения в области термоэлектрических материалов	Тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь критически осмысливать, обобщать и систематизировать полученные данные в области термоэлектрических материалов	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками работы с научной и конструкторской документацией по композитным материалам	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	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 7 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-5	знать техническую и научную терминологию, а также последние достижения в области термоэлектрических материалов	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь критически осмысливать, обобщать и систематизировать полученные данные в области	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	термоэлектрических материалов			
	владеть навыками работы с научной и конструкторской документацией по композитным материалам	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	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

1. Расположите три этапа развития науки в истории термоэлектричества в правильном порядке:

- 1) Открытие термоэлектрических эффектов
- 2) Работы А.Ф. Иоффе
- 3) Теория Альтенкирха

2. Какие существуют 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. Какие физические явления приводят к появлению термоЭДС?

- 1) Разность энергий носителей заряда
- 2) Взаимная диффузия горячих и холодных носителей заряда
- 3) Градиент концентрации носителей заряда
- 4) Ток от внешнего источника

6. Выберите из предложенных вариантов правильное окончание фразы "Физические процессы, обусловленные термоэлектрическими эффектами, являются ...":

- 1) обратимыми
- 2) необратимыми
- 3) метастабильными
- 4) случайными

7. Выберите из предложенных вариантов правильное окончание фразы "Теплопроводность и теплота Джоуля являются ... процессами":

- 1) необратимыми
- 2) обратимыми
- 3) метастабильными
- 4) неустойчивыми

8. Выберите из предложенных вариантов правильное окончание фразы "Эффект Пельтье возникает в ..."

- 1) контакте двух материалов
- 2) однородном материале
- 3) замкнутой цепи
- 4) полярных диэлектриках

9. Зависит ли тепло Джоуля от направления тока?

- 1) Не зависит
- 2) Зависит от материала
- 3) Зависит от внешнего электрического поля
- 4) Зависит от внешнего магнитного поля

10. Существует ли взаимосвязь между термоэлектрическими эффектами?

- 1) Существует
- 2) Не существует
- 3) Существует только в некоторых полярных кристаллах
- 4) Существует только в изотермических условиях

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Обведите правильный ответ

Решеточная теплопроводность в вырожденных полупроводниках на основе халькогенидов висмута при уменьшении размеров зерен

- 1) снижается;
- 2) возрастает;
- 3) не изменяется

2. Максимальная термоэлектрическая добротность среднетемпературного материала на основе PbTe достигнута при создании на его основе низкоразмерной структуры в виде

- 1) Гетероструктуры «ядро в оболочке»;
- 2) Скуттерудита;
- 3) Клатрата;
- 4) Сверхрешетки;
- 5) Нанокompозита

3. Термоэлектрический материал в виде аморфно-кристаллической гетероструктуры «ядро в оболочке», где ядро – халькогенид висмута, оболочка – аморфный углерод, является структурно стабильным при температуре 300°C

- 1) да
- 2) нет

4. Наибольшую степень текстурированности халькогенидов висмута можно получить методом

- 1) порошковой металлургии
- 2) экструзией

3) Чохральского

5. При повышении скорости охлаждения синтезированного материала на основе халькогенидов висмута степень фазового расслоения возрастает

- 1) да
- 2) нет

6. Повышение температуры и давления горячего прессования халькогенидов висмута приводит к

- 1) Повышению степени текстурированности и снижению размера зерен
- 2) Снижению степени текстурированности и снижению размера зерен
- 3) Снижению степени текстурированности и повышению размера зерен
- 4) Повышению степени текстурированности и повышению размера зерен

7. Обведите правильный ответ)

Оформление технологической инструкции осуществляется в соответствии с

- 1) ГОСТ 3.1105-2011
- 2) ГОСТ Р ИСО 9001-2015
- 3) Внутренней документацией предприятия
- 4) Требованиями технического задания

8. Какие требования необходимо выполнить при изготовлении наноструктурированных термоэлектрических материалов, армированных собственными оксидами:

- 1) Равномерное распределение наполнителя в объёме термоэлектрической матрицы
- 2) Оксидный наполнитель должен формировать непрерывный каркас
- 3) Размер частиц наполнителя должен быть меньше длины свободного пробега фононов в термоэлектрической матрице
- 4) Армированный оксидами термоэлектрический материал должен обладать закрытой пористостью с оксидной оболочкой пор

9. Выберите критерии, которым должен удовлетворять материал, коммутирующий ветви термобатареи:

- 1) Низкое сопротивление, низкая теплопроводность
- 2) Высокое сопротивление, высокая теплопроводность
- 3) Низкое сопротивление, высокая теплопроводность

10. Зависимость мощности от силы тока термоэлектрического генераторного устройства строится по следующему аналитическому соотношению

- 1) $W(I) = \xi I - I^2 r$
- 2) $W(I) = \xi - Ir$
- 3) $W(I) = \xi I - r$

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

В таблице представлены результаты измерения термоЭДС, теплопроводности, электропроводности низкотемпературного генераторного материала. Оцените максимальное значение ТЭ добротности и температуру, при которой она наблюдается

Таблица - Теплофизические и электрофизические параметры ТЭ материала

T, °C	α , мкВ/К	σ , См/см	λ , Вт/м·К	ZT
-------	------------------	------------------	--------------------	----

50	-141,785	1205,495	1,035	0,884
55	-142,789	1183,169	1,023	0,903
60	-143,742	1161,534	1,012	0,921
65	-144,625	1140,568	1,001	0,937
70	-145,431	1120,247	0,99	0,952
75	-146,159	1100,547	0,98	0,965
80	-146,815	1081,447	0,971	0,977
85	-147,411	1062,927	0,962	0,988
90	-147,962	1044,965	0,954	0,997
95	-148,482	1027,543	0,946	1,006
100	-148,987	1010,642	0,939	1,014
105	-149,492	994,245	0,932	1,022
110	-150,013	978,334	0,925	1,03
115	-150,56	962,893	0,92	1,037
120	-151,143	947,907	0,914	1,045
125	-151,768	933,362	0,909	1,053
130	-152,44	919,244	0,904	1,061
135	-153,16	905,54	0,9	1,07
140	-153,925	892,238	0,896	1,079
145	-154,73	879,326	0,892	1,088
150	-155,569	866,796	0,889	1,097
155	-156,432	854,636	0,885	1,106
160	-157,307	842,838	0,883	1,115
165	-158,182	831,395	0,88	1,123
170	-159,044	820,299	0,878	1,131
175	-159,878	809,544	0,876	1,138
180	-160,67	799,124	0,875	1,144
185	-161,407	789,034	0,873	1,148
190	-162,076	779,271	0,873	1,151
195	-162,667	769,833	0,872	1,152
200	-163,169	760,715	0,872	1,152
205	-163,576	751,918	0,872	1,149
210	-163,882	743,44	0,873	1,145
215	-164,086	735,282	0,874	1,139
220	-164,188	727,444	0,876	1,131
225	-164,191	719,929	0,879	1,121
230	-164,101	712,74	0,882	1,11
235	-163,925	705,879	0,885	1,097
240	-163,673	699,351	0,889	1,083
245	-163,356	693,162	0,894	1,069
250	-162,987	687,316	0,9	1,053
255	-162,575	681,821	0,906	1,038
260	-162,131	676,685	0,913	1,022
265	-161,662	671,915	0,921	1,006
270	-161,171	667,521	0,93	0,99
275	-160,654	663,513	0,94	0,974
280	-160,1	659,902	0,95	0,958

285	-159,488	656,7	0,962	0,942
290	-158,782	653,918	0,974	0,926
295	-157,933	651,57	0,987	0,909

2. Установите последовательность технологических операций, выполняемых при производстве термоэлектрических материалов. Заполните таблицу.

- А) Синтез материала
 Б) Механическое дробление слитка
 В) Горячее прессование
 Г) Холодное прессование

Бланк ответа:

1	2	3	4

3. Установите соответствие между материалом и результатом его модификации методом зонной плавки

1 Те	А – гомогенизация состава
2 Bi ₂ Te ₃ -Sb ₂ Te ₃	Б – фазовое расслоение
3 Bi ₂ Te ₃ -Bi ₂ Se ₃	В – очистка от примесей

Бланк ответа:

1	
2	
3	

4. Определите коэффициент термо-ЭДС термоэлектрического материала, который предполагается использовать для производства термоэлектрического генератора. Условия эксплуатации термоэлектрического генератора: температура горячего спая 270 °С, температура холодного спая 70 °С. Требования к материалу: электропроводность не менее 800 Ом/см, теплопроводность не более 1,5 Вт/(м*К), термоэлектрическая добротность не менее 0,6.

5. Оцените изменение ТЭ добротности материала Bi₂Te₃-Sb₂Te₃ при изменении массовой доли кислорода в материале от 6 до 10 %

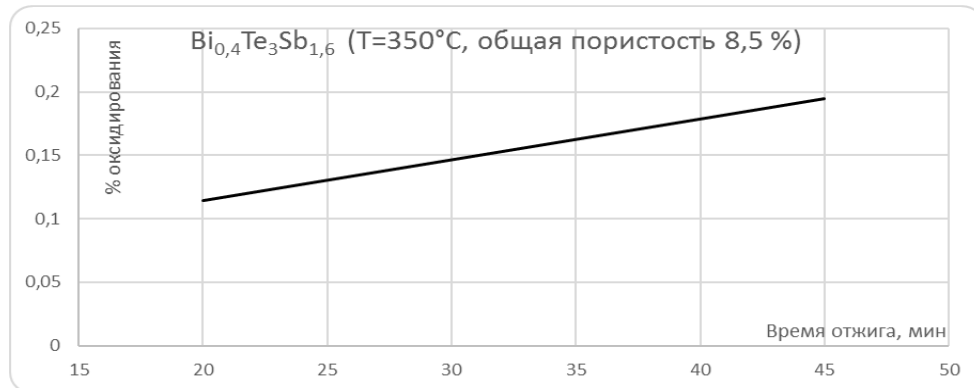
6. Технологический маршрут изготовления образцов термоэлектрического материала р-типа на основе твердого раствора Bi₂Te₃-Sb₂Te₃ состоит из следующих основных технологических операций:

- Дробление исходных компонентов.
- Приготовление шихты.
- Синтез термоэлектрического материала.
- Дробление слитков.
- Приготовление навесок.
- Холодное прессование.
- Горячее прессование.

- Отжиг материала

Дополните маршрут технологическими операциями для получения термоэлектрического материала, армированного наноразмерными включениями собственного оксида

7. Определить количество шихты и время окислительного отжига термоэлектрического материала $\text{Bi}_{0,4}\text{Te}_3\text{Sb}_{1,6}$ для получения холоднопрессованной заготовки размером $34 \times 28 \times 15$ мм со степенью окисления 0,15%. Теоретическая плотность компактного $\text{Bi}_{0,4}\text{Te}_3\text{Sb}_{1,6}$ равна $6,79 \text{ г/см}^3$. Зависимость степени окисления $\text{Bi}_{0,4}\text{Te}_3\text{Sb}_{1,6}$ общей пористостью 8,5% от продолжительности отжига на воздухе при температуре 350°C приведена на рисунке:



8. Определите ЭДС и число термоэлементов панельного термоэлектрического генератора мощностью 30 Вт для режима максимальной мощности. Условия эксплуатации термоэлектрического генератора: температура горячего спая 270°C , температура холодного спая 70°C . Характеристики материалов: электропроводность n-типа 1100 См/см, электропроводность p-типа 1300 См/см, коэффициент Зеебека n-типа -150 мкВ/К , коэффициент Зеебека p-типа 170 мкВ/К , теплопроводность n-типа $1,5 \text{ Вт/(м}^\circ\text{К)}$, теплопроводность p-типа $1,4 \text{ Вт/(м}^\circ\text{К)}$, электропроводность коммутационной шины 55 МСм/м. Длина термоэлементов 5 мм, площадь термостолбиков $5 \times 5 \text{ мм}^2$, размеры коммутационной шины $5 \times 11 \times 1 \text{ мм}$.

9. Выберите режим работы термоэлектрического генератора при условии равенства его внутреннего сопротивления и внешней нагрузки.

10. Определите мощность и КПД панельного термоэлемента для режима максимальной мощности. Условия эксплуатации: температура горячего спая 270°C , температура холодного спая 70°C . Характеристики материалов: электропроводность n-типа 1100 См/см, электропроводность p-типа 1300 См/см, коэффициент Зеебека n-типа -150 мкВ/К , коэффициент Зеебека p-типа 170 мкВ/К , теплопроводность n-типа $1,5 \text{ Вт/(м}^\circ\text{К)}$, теплопроводность p-типа $1,4 \text{ Вт/(м}^\circ\text{К)}$, электропроводность коммутационной шины 55 МСм/м. Длина термоэлементов 5 мм, площадь термостолбиков $5 \times 5 \text{ мм}^2$, размеры коммутационной шины $5 \times 11 \times 1 \text{ мм}$.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Эффект Зеебека.
2. Эффект Пельтье.

3. Эффект Томсона.
 4. Термоэлектрические тепловые насосы.
 5. Термоэлектрические нагреватели.
 6. Термоэлектрические генераторы.
 7. Нестационарные режимы работы термоэлектрических холодильников и генераторов.
 8. Условия максимальной эффективности термоэлектрических материалов.
- Основные требования к термоэлектрическим материалам.
9. Теллурид висмута Bi_2Te_3 . Твердые растворы на основе теллурида висмута.
 10. Оксидные термоэлектрики.
 11. Низкоразмерные термоэлектрические структуры. Структуры типа «фононное стекло – электронный кристалл»
 12. Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов.
- Каскадирование.
13. Повышение термоэлектрической эффективности материалов методом твердых растворов.
 14. Повышение термоэлектрической эффективности материалов выбором легирующей примеси.
 15. Повышение термоэлектрической эффективности материалов рассеянием фононов на границах зерен.
 16. Многослойные пленочные гетероструктуры. Действие гидростатического сжатия. Повышение микрооднородности.
 17. Наноструктурированные материалы. Сверхрешетки и системы с квантовыми ямами. Квантовые проволоки. Наноккомпозиты.
 18. Применение термоэлектрических холодильных машин.
 19. Применение термоэлектрических генераторов.
 20. Перспективы развития термоэлектрического преобразования энергии.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). 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	ПК-5	Тест, защита реферата

	эффекты.		
2	Термоэлектрические устройства	ПК-5	Тест, защита реферата
3	Термоэлектрические материалы	ПК-5	Тест, защита реферата
4	Способы повышения термоэлектрической эффективности материалов	ПК-5	Тест, защита реферата
5	Применение термоэлектрических материалов	ПК-5	Тест, защита реферата

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.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Гриднев С.А. Термоэлектрические материалы. ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 130 с.
2. Гриднев С.А. Расчет термоэлектрических устройств. ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014. – 114 с.
3. Булат Л.П. Термоэлектрическое охлаждение: текст лекций / Л.П. Булат, М.В. Ведерников, А.П. Вялов – СПб: СПбГУНиПТ, 2002. – 147 с.
4. 34. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии, Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 416 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, <https://elibrary.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

9.1	Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
9.2	Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами
9.3	Натурные лекционные демонстрации: термоэлектрические материалы, термоэлектрические батареи и элементы Пельтье

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

По дисциплине «Перспективы развития термоэлектрических материалов» читаются лекции, проводятся практические занятия.

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 функциональных параметров термоэлектрических материалов и устройств. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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 удастся 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.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению 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 зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.
--	--