



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1.ДВ.1.1 Термоэлектрический эффект в конденсированных средах

Шифр и наименование группы научных специальностей

**1.3. Физические науки**

Шифр и наименование научной специальности

**1.3.8. Физика конденсированного состояния**

Форма обучения: очная

Институт: математики, естествознания и техники

Кафедра: физики, радиотехники и электроники

Трудоёмкость в ЗЕТ – 3

Трудоёмкость в часах – 108

Разработчик: к.ф.-м.н., доц. Кузнецов Д.В.

## **Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Термоэлектрический эффект в конденсированных средах» разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными приказом Министерства образования и науки высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Цель дисциплины:**

формирование представлений об основных термоэлектрических эффектах в твердых телах: эффекте Зеебека, Пельтье, Томпсона, в том числе и при наличии магнитных полей, и способах их теоретического описания в рамках рассмотрения кинетического уравнения Больцмана. Рассмотрение способов их практического использования в различных устройствах полупроводниковой электроники. Формирование представлений о перекрестных термодиффузионных и термоэлектрокинетических эффектах в растворах электролитов и расплавах солей, кислот и щелочей.

#### **Задачи изучения дисциплины:**

получение обучающимися в аспирантуре представления о способах описания основных термоэлектрических эффектов в твердых телах, об экспериментальных методиках измерения термоэлектрических коэффициентов и способах их использования для определения значимых свойств конденсированных сред, рассмотрение принципа работы и устройства приборов для измерения.

### **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ**

Дисциплина относится к образовательному компоненту программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны:

знать:

- современные тенденции и проблематику научных исследований в области физики конденсированного состояния;
- методологические подходы к планированию и осуществлению научных исследований в области физики конденсированного состояния;
- основы оценки качества научных исследований в области физики конденсированного состояния.

уметь:

- планировать и осуществлять самостоятельную научно-исследовательскую

деятельность в области физики конденсированного состояния;

- составлять и оформлять программу научного исследования, отчетную документацию по итогам проведения научно-исследовательской деятельности;

- осуществлять внедрение результатов собственной научно-исследовательской деятельности в практику в области физики конденсированного состояния.

владеть:

- навыками планирования и выполнения самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области физики конденсированного состояния;

- методикой планирования и проведения опытно-экспериментальной работы в области физики конденсированного состояния;

- навыками оформления научной работы, ее презентации и защиты в области физики конденсированного состояния.

#### 4. СТРУКТУРА, ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Трудоёмкость в ЗЕТ – 3

Трудоёмкость в часах – 108

Лекций – 18 ч.

Практические занятия – 18 ч.

Самостоятельная работа – 72 ч.

##### 4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, академ. часы			
		аудиторные занятия			
		Всего часов	Лекции	практические (лабораторные)	Самостоятельная работа
1	Раздел 1				
2	Тема 1. Контактные явления. Эффект Зеебека.	8	2	2	4
3	Тема 2. Эффект Пельтье. Эффект Томсона.	8	2	2	4
4	Тема 3. Эффект Эттингсгаузена.	8	2	2	4
5	Тема 4. Эффект Нернста.	8	2	2	4
6	Тема 5. Поперечный и продольный эффект Нернста-Эттингсгаузена.	8	2	2	4

7	Тема 6. Эффект Риги-Ледюка.	8	2	2	4
8	Тема 7. Эффект Маджи-Риги-Ледюка.	8	2	2	4
9	Тема 8. Термодиффузионные и термоэлектрические явления в жидких электролитах.	8	2	2	4
10	Тема 9. Термоэлектрокинетические явления в жидких электролитах.	8	2	2	4
11	Форма отчетности зачет– 1 семестр				
<b>ИТОГО:</b>		<b>72</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Текущий контроль по дисциплине осуществляется в форме контрольной работы

*Типовой вариант к/р*

1. Термопара висмут-железо с постоянной  $S = 92 \cdot 10^{-6}$  В/°С и сопротивлением  $r = 5$  Ом присоединена к гальванометру с внутренним сопротивлением  $R = 110$  Ом. Какой ток покажет гальванометр, если один спай термопары погрузить в пар кипящей под нормальным давлением воды, а другой — в тающий лед?
2. Какова постоянная  $S$  термопары висмут-теллур, если при подключении ее к гальванометру с внутренним сопротивлением  $R = 100$  Ом и чувствительностью на одно деление  $10^{-5}$  А, минимальная разность температур, которую можно измерить,  $\Delta T = 2 \cdot 10^{-3}$  °С? Сопротивлением термопары пренебречь.
3. Для определения температуры печи в нее вставлена термопара никель-нихром с постоянной  $S = 0,5 \cdot 10^{-6}$  В/°С, присоединенная к гальванометру с внутренним сопротивлением  $R = 2000$  Ом и с чувствительностью на одно деление  $10^{-5}$  А. При температуре второго спая  $T_2 = +15$  °С гальванометр дает отклонение  $b = 25$  делений. Чему равна температура  $T_1$  печи?
4. Два различных металла находятся в соприкосновении. Давление электронного газа в первом металле  $p_1$  и работа выхода электрона из этого металла  $A_1$  давление электронного газа во втором металле  $p_2$  и работа выхода электрона из него  $A_2$ . Найти контактную разность потенциалов, если температура обоих металлов  $T$ .
5. Из указанных металлов (см. задачу 4) составлена термопара с двумя спаями, находящимися при температурах  $T_1$  и  $T_2$ . Найти термоэлектродвижущую силу.

*Указание.* Давление  $p$  электронного газа в металле связано с концентрацией  $n$  электронов и температурой  $T$  металла соотношением  $p = nkT$ , где  $k$  — постоянная Больцмана.

6. Имеются два металла с концентрацией свободных электронов  $n_1=10^{28}\text{м}^{-3}$  и  $n_2=10^{29}\text{м}^{-3}$ . Определить внутреннюю контактную разность потенциалов, возникающую при приведении этих металлов в соприкосновение.

*Перечень вопросов к зачету*

1. Контактная разность потенциалов.
2. Явление Пельтье.
3. Явление Томпсона.
4. Гальванотермомагнитные явления.
5. Явление Эттингсгаузена.
6. Эффект Нернста.
7. Диффузия. Уравнения Фика.
8. Термодиффузии в растворах электролитов.
9. Термодиффузионная разность потенциалов.
10. Коэффициент Соре и коэффициент термодиффузии.
11. Термоэлектрокинетический эффект.
12. Соотношений взаимности Онзагера.
13. Методика измерения коэффициента термоЭДС раствора электролита.

**Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

***Критерии оценивания для зачета***

Оценка «зачтено». Систематическое посещение занятий в течение учебного года - аспирант посетил более 75% аудиторных занятий. В процессе обучения показал заинтересованность в предмете.

Оценка «не зачтено». Пропущено значительное количество занятий без уважительной причины - аспирант посетил менее 75% аудиторных занятий. В процессе обучения не проявил интереса к предмету.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**6.1. Основная литература**

1. Зуев, А.Ю. Термодинамика и структура твердого тела. Практикум: учебное пособие / А.Ю. Зуев, Д.С. Цветков. - Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2012. - 128 с. - ISBN 978-5-7996-0788-3; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239717>. (Дата обращения 01.09.2022.)

**6.2. Дополнительная литература**

1. Захаренко, В.А. Методы и средства теплового контроля: учебное пособие / В.А. Захаренко, А.А. Вальке; Минобрнауки России, Омский государственный технический университет. - Омск: Издательство ОмГТУ, 2017. - 116 с.: табл., граф., ил. - Библиогр.: с. 103-108 - ISBN 978-5-8149-2537-

4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=493463>. (Дата обращения 01.09.2022.)

2. Методы исследования теплопроводности, электропроводности и коэффициента Зеебека: учебно-методическое пособие: [16+] / А.В. Новотельнова, А.В. Асач, А.С. Тукмакова, К.Л. Самусевич; Университет ИТМО. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2019. – 23 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=566773> (дата обращения: 01.09.2022). – Библиогр. в кн. – Текст: электронный.

### 6.3. Электронные образовательные ресурсы

1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
2.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы.