

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА**


|  |   |
|--|---|
| <b>Блок:</b>                             | <b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>  | <b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b> |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>   | <b>Б1.Ч.08</b>  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b> | <b>7 семестр - 6;</b>   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>  | <b>216 часов</b>  |
| <b>Лекции</b>                            | <b>7 семестр - 32 часа;</b>                                     |
| <b>Практические занятия</b>              | <b>7 семестр - 64 часа;</b>                                     |
| <b>Лабораторные работы</b>               | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Консультации</b>                      | <b>7 семестр - 2 часа;</b>                                      |
| <b>Самостоятельная работа</b>            | <b>7 семестр - 117,5 часов;</b>                                 |
| <b>в том числе на КП/КР</b>              | <b>не предусмотрено учебным планом</b>                          |
| <b>Иная контактная работа</b>            | <b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>             |
| <b>включая:</b>                          |   |
| <b>Контрольная работа</b>                |   |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>         |   |
| <b>Экзамен</b>                           | <b>7 семестр - 0,5 часа;</b>                                    |

**Москва 2018**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

|   |  |                                 |
|---|--|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|   | Владелец   | Дмитриев А.С.                   |
|   | Идентификатор                                      | R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae2f |

(подпись)


А.С. Дмитриев

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |  |                                 |
|---|--|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
|   | Владелец   | Дмитриев А.С.                   |
|   | Идентификатор                                      | R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae2f |


(подпись)

А.С. Дмитриев

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

|   |  |                           |
|---|--|---------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                           |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                           |
|   | Владелец   | Пузина Ю.Ю.               |
|   | Идентификатор                                      | Re86e9a56-Puzina-4d2acad1 |

(подпись)

Ю.Ю. Пузина

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** систематизация полученных при изучении базовых дисциплин знаний по основам физики твердого тела – строение и типы химических связей в твердых телах, электронная зонная теория твердых тел, динамика кристаллической решетки, теория электро- и теплопроводности, магнитные свойства твердых тел, физика полупроводников и сверхпроводимость, а также с теория упругости и плазменное состояние конденсированного вещества

### Задачи дисциплины

- изучение строения и типов химических связей в твердых телах;
- изучение электронная зонная теория твердых тел;
- изучение динамики кристаллической решетки;
- изучение теории упругости и фононы;
- изучение теории электро- и теплопроводности твердых тел;
- изучение магнитных свойств твердых тел;
- изучение физики полупроводников;
- изучение физических процессов в сверхпроводниках;
- приобретение навыков выполнения на этой основе инженерных расчетов для решения конкретных прикладных задач.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции  | Запланированные результаты обучения   |
|--|---|---|
| ПК-3 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей процессов в наноразмерных системах | ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Владеет основными методами и подходами, применяемыми при анализе работы наноразмерных систем           | знать:<br>- методы и подходы, применяемых при анализе твердых тел.<br><br>уметь:<br>- оценивать параметры низкоразмерных твердотельных устройств.                               |
| ПК-4 Способен к разработке наноразмерных материалов и устройств                                  | ИД-2 <sub>ПК-4</sub> Знает методы определения параметров эффективных низкоразмерных устройств и способен провести их оценку | знать:<br>- основные свойства твердых тел и способы их применения в низкоразмерных устройствах.<br><br>уметь:<br>- оценивать строение и типы химических связей в твердых телах. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Математика
- знать Физика (общая)
- знать Физика специальная
- знать Термодинамика
- знать Тепломассобмен

- знать Физику конденсированного состояния

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации               | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания   |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|
|       |  |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |  |
|       |  |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |  |
| КПР   | ГК   | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |  |
| 1     | 2  | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15   |
| 1     | Строение и типы химических связей в твердых телах                    | 24                    | 7       | 4  | -   | 8  | -            | - | -   | -  | -  | 12                | -                                 | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Строение и типы химических связей в твердых телах"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 111-148<br/>[2], 5-12<br/>[3], глава 1</p>        |
| 1.1   | Типы кристаллов  | 12                    |         | 2  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 |  |
| 1.2   | Типы связей  | 12                    |         | 2  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 |  |
| 2     | Электронный газ в кристаллах и зонная теория твердых тел             | 24                    |         | 4  | -   | 8  | -            | - | -   | -  | -  | 12                | -                                 | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Электронный газ в кристаллах и зонная теория твердых тел"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 307-350<br/>[2], 5-12<br/>[3], глава 3</p> |
| 2.1   | Свободный электронный газ  | 12                    |         | 2  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 |  |
| 2.2   | Периодическая зонная структура                                       | 12                    |         | 2  | -   | 4  | -            | - | -   | -  | -  | 6                 | -                                 |  |
| 3     | Динамика кристаллической решетки и фононы. Элементы теории упругости | 32                    |         | 6  | -   | 10 | -            | - | -   | -  | -  | 16                | -                                 | <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Динамика кристаллической решетки и фононы. Элементы теории упругости"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br/>[1], 171-198</p>                    |
| 3.1   | Кристаллическая решетка и фононы                                     | 16                    |         | 3  | -   | 5  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 |  |
| 3.2   | Статистика и   | 16                    |         | 3  | -   | 5  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 |  |

|     |  |       |    |   |    |   |   |   |   |     |       |      |   |
|-----|--|-------|----|---|----|---|---|---|---|-----|-------|------|---|
|     | плотность состояний фононов                    |       |    |   |    |   |   |   |   |     |       |      | [2], 19-29  |
| 4   | Теория электро- и теплопроводности твердых тел | 36    | 6  | - | 14 | - | - | - | - | -   | 16    | -    | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Теория электро- и теплопроводности твердых тел"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 249-294<br>[2], 36-56, 64-78<br>[4], 32-42, 51-58 |
| 4.1 | Связь электро- и теплопроводности              | 18    | 3  | - | 7  | - | - | - | - | -   | 8     | -    |   |
| 4.2 | Магнитные свойства твердых тел                 | 18    | 3  | - | 7  | - | - | - | - | -   | 8     | -    |   |
| 5   | Физика полупроводников. Электроны и дырки      | 38    | 8  | - | 16 | - | - | - | - | -   | 14    | -    | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Физика полупроводников. Электроны и дырки"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 419-464<br>[2], 77-92                                  |
| 5.1 | Физические явления в полупроводниках           | 38    | 8  | - | 16 | - | - | - | - | -   | 14    | -    |   |
| 6   | Физические процессы в сверхпроводниках         | 26    | 4  | - | 8  | - | - | - | - | -   | 14    | -    | <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Физические процессы в сверхпроводниках"<br><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], 171-198<br>[2], 19-29<br>[3], глава 5                     |
| 6.1 | Сверхпроводники                                | 26    | 4  | - | 8  | - | - | - | - | -   | 14    | -    |   |
|     | Экзамен  | 36.0  | -  | - | -  | - | 2 | - | - | 0.5 | -     | 33.5 |   |
|     | Всего за семестр                               | 216.0 | 32 | - | 64 | - | 2 | - | - | 0.5 | 84    | 33.5 |   |
|     | Итого за семестр                               | 216.0 | 32 | - | 64 | 2 | - | - | - | 0.5 | 117.5 |      |   |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Строение и типы химических связей в твердых телах

#### 1.1. Типы кристаллов

Кристаллические и аморфные тела. Кристаллы инертных газов. Ионные кристаллы и связи. Ковалентные кристаллы.

#### 1.2. Типы связей

Металлическая связь. Водородные связи. Атомные радиусы.

### 2. Электронный газ в кристаллах и зонная теория твердых тел

#### 2.1. Свободный электронный газ

Статистика Ферми-Дирака. Плотность числа состояний. Теплоемкость электронного газа. Модель почти свободных электронов. Блоховские волны.

#### 2.2. Периодическая зонная структура

Металлы. Полуметаллы. Диэлектрики. Полупроводники.

### 3. Динамика кристаллической решетки и фононы. Элементы теории упругости

#### 3.1. Кристаллическая решетка и фононы

Колебания кристаллической решетки: один и два атома в ячейке. Акустические и оптические моды в кристалле. Фононы в конденсированном теле и их основные свойства.

#### 3.2. Статистика и плотность состояний фононов

Теплоемкость кристаллической решетки. Элементы теории упругости.

### 4. Теория электро- и теплопроводности твердых тел

#### 4.1. Связь электро- и теплопроводности

Электропроводность электронного газа и закон Ома. Теплопроводность электронов и закон Видемана-Франца. Фононная теплопроводность и механизмы рассеяния. Общая теплопроводность кристаллов.

#### 4.2. Магнитные свойства твердых тел

Диамагнетизм. Парамагнетизм. Ферромагнетизм.

### 5. Физика полупроводников. Электроны и дырки

#### 5.1. Физические явления в полупроводниках

Собственная проводимость полупроводников. Закон действующих масс. Электроны и дырки в полупроводниках. Перенос заряда и энергии в полупроводниках. Поглощение и отражение света в полупроводниках. Транзисторный эффект.

### 6. Физические процессы в сверхпроводниках

#### 6.1. Сверхпроводники

Сверхпроводники и их свойства. Эффект Мейснера. Сверхпроводники первого рода. Термодинамика перехода в сверхпроводящее состояние. Уравнение Лондонов.

Микроскопическая модель Бардина-Купера-Шриффера. Теория Гинзбурга Ландау и сверхпроводники второго рода. Вихри Абрикосова.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Кристаллографический анализ и типы кристаллических решеток;
2. Электроны в кристаллических решетках;
3. Фононы в твердых телах;
4. Задачи теории упругости;
5. Электропроводность электронного газа и закон Ома;
6. Магнитные свойства твердых тел;
7. Фононная теплопроводность и механизмы рассеяния;
8. Электроны и дырки в полупроводниках;
9. Поглощение и отражение света в полупроводниках;
10. Сверхпроводники первого рода. Термодинамика перехода в сверхпроводящее состояние;
11. Теория Гинзбурга Ландау и сверхпроводники второго рода. Вихри Абрикосова.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Строение и типы химических связей в твердых телах"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Электронный газ в кристаллах и зонная теория твердых тел"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Динамика кристаллической решетки и фононы. Элементы теории упругости"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Теория электро- и теплопроводности твердых тел"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физика полупроводников. Электроны и дырки"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физические процессы в сверхпроводниках"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены



### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины<br>(в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   | Оценочное средство<br>(тип и наименование)   |
|--|------------------|--|---|---|---|---|---|--|
|  |                  | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  |
| <b>Знать:</b>  |                  |  |   |   |   |   |   |  |
| методы и подходы, применяемых при анализе твердых тел                              | ИД-1пк-3         |  |   |   | + | + | + | Контрольная работа/Строение и типы химических связей в твердых телах<br>Контрольная работа/Фононы в твердом теле и перенос тепла |
| основные свойства твердых тел и способы их применения в низкоразмерных устройствах | ИД-2пк-4         | +  | + | + |   |   |   | Контрольная работа/Строение и типы химических связей в твердых телах<br>Контрольная работа/Фононы в твердом теле и перенос тепла |
| <b>Уметь:</b>  |                  |  |   |   |   |   |   |  |
| оценивать параметры низкоразмерных твердотельных устройств                         | ИД-1пк-3         |  |   |   | + | + | + | Контрольная работа/Электроны в кристаллических решетках<br>Контрольная работа/Электроны и дырки в полупроводниках                |
| оценивать строение и типы химических связей в твердых телах                        | ИД-2пк-4         | +  | + | + |   |   |   | Контрольная работа/Электроны в кристаллических решетках<br>Контрольная работа/Электроны и дырки в полупроводниках                |

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

7 семестр

Форма реализации: Проверка задания

1. Строение и типы химических связей в твердых телах (Контрольная работа)
2. Фононы в твердом теле и перенос тепла (Контрольная работа)
3. Электроны в кристаллических решетках (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Электроны и дырки в полупроводниках (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №7)*

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Синкевич, О. А. Физика твердого тела : учебное пособие по курсам "Физика твердого тела", "Термодинамика", "Статистическая физика" по направлению "Теплофизика" / О. А. Синкевич, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 244 с. - ISBN 978-5-7046-1817-1 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9682;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9682)
2. Киттель, Ч. Введение в физику твердого тела : пер. с англ. / Ч. Киттель . – 2-е изд., стер перепеч. с изд. 1978г . – М. : МедиаСтарт, 2006 . – 792 с.;
3. Дмитриев, А. С. Основы криофизики конденсированных систем : учебное пособие по курсу "Криофизика", по направлению "Техническая физика" / А. С. Дмитриев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 132 с. - ISBN 5-903072-78-X .;
4. Дмитриев А. С.- "Введение в нанотеплофизику", (2-е изд.), Издательство: "Лаборатория знаний", Москва, 2020 - (793 с.)  
[https://e.lanbook.com/book/135485.](https://e.lanbook.com/book/135485)

### **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения   | Номер аудитории, наименование           | Оснащение   |
|---|---|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | М-422/4, Учебная лаборатория криофизики | стол, стул, мультимедийный проектор   |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                 | сервер, кондиционер   |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП          | М-422/4, Учебная лаборатория криофизики | стол, стул, мультимедийный проектор   |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                 | сервер, кондиционер   |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации               | М-422/4, Учебная лаборатория криофизики | стол, стул, мультимедийный проектор   |
|   | Ж-120, Машинный зал ИВЦ                 | сервер, кондиционер   |
| Помещения для самостоятельной работы                                    | М-411/1, Компьютерный класс             | стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный              |
| Помещения для консультирования  | М-423/1, Аудитория каф. "НТ"            | стул, стол письменный   |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря                | М-407/1, Кладовая                       | стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный |



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Физика твердого тела

(название дисциплины)

## 7 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Строение и типы химических связей в твердых телах (Контрольная работа)

КМ-2 Фононы в твердом теле и перенос тепла (Контрольная работа)

КМ-3 Электроны в кристаллических решетках (Контрольная работа)

КМ-4 Электроны и дырки в полупроводниках (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины  | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
|               |  | Неделя КМ: | 4    | 8    | 11   | 15   |
| 1             | Строение и типы химических связей в твердых телах                    |            |      |      |      |      |
| 1.1           | Типы кристаллов  |            | +    | +    | +    | +    |
| 1.2           | Типы связей  |            | +    | +    | +    | +    |
| 2             | Электронный газ в кристаллах и зонная теория твердых тел             |            |      |      |      |      |
| 2.1           | Свободный электронный газ  |            | +    | +    | +    | +    |
| 2.2           | Периодическая зонная структура                                       |            | +    | +    | +    | +    |
| 3             | Динамика кристаллической решетки и фононы. Элементы теории упругости |            |      |      |      |      |
| 3.1           | Кристаллическая решетка и фононы                                     |            | +    | +    | +    | +    |
| 3.2           | Статистика и плотность состояний фононов                             |            | +    | +    | +    | +    |
| 4             | Теория электро- и теплопроводности твердых тел                       |            |      |      |      |      |
| 4.1           | Связь электро- и теплопроводности                                    |            | +    | +    | +    | +    |
| 4.2           | Магнитные свойства твердых тел                                       |            | +    | +    | +    | +    |
| 5             | Физика полупроводников. Электроны и дырки                            |            |      |      |      |      |
| 5.1           | Физические явления в полупроводниках                                 |            | +    | +    | +    | +    |
| 6             | Физические процессы в сверхпроводниках                               |            |      |      |      |      |

|     |                 |    |    |    |    |
|-----|-----------------|----|----|----|----|
| 6.1 | Сверхпроводники | +  | +  | +  | +  |
|     | Вес КМ, %:      | 15 | 25 | 25 | 35 |