

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 12.07.2023 14:17:59  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
«26» апреля 2023 г.

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

Направление подготовки  
**04.04.01 Химия**

Направленность программы магистратуры  
**Неорганическая химия и химия координационных соединений**

Квалификация  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **физической химии**

Санкт-Петербург  
2023

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Профессор		профессор Вуль А.Я.

Рабочая программа дисциплины «Физика твердого тела» обсуждена на заседании кафедры физико-химического конструирования функциональных материалов,  
протокол от «18» апреля 2023 № 4  
Заведующий кафедрой

доцент Изотова С.Г.

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов,  
протокол от «20» апреля 2023 № 7

Председатель

доцент Изотова С.Г.

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Физическая химия и химия твердого тела»		доцент Изотова С.Г.
Директор библиотеки		Старостенко Т.Н.
Начальник методического отдела учебно-методического управления		М.З. Труханович
Начальник учебно-методического направления		Денисенко С.Н.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы. ....	1
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы. ....	1
3. Объем дисциплины. ....	1
4.2. Занятия лекционного типа. ....	3
4.3. Занятия семинарского типа. ....	4
4.3.1. Семинары, практические занятия. ....	4
4.3.2. Занятия лабораторного типа. ....	6
4.4. Самостоятельная работа обучающихся. ....	6
4.5. Темы индивидуальных заданий. ....	7
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине. ....	7
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации. ....	7
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины. ....	8
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины. ....	8
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. ....	8
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине. ....	9
10.1. Информационные технологии. ....	9
10.2. Программное обеспечение. ....	9
10.3. Базы данных и информационные справочные системы. ....	9
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы. ....	9
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья. ....	9
Приложение: Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации. ....	9

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
<p><b>ПК-1.</b> Способен планировать научно-исследовательскую работу, выбирать методы решения поставленных задач в области неорганической химии, химии координационных соединений, и в смежных с химией науках</p>	<p><b>ПК-1.5</b> Способность использовать теоретические основы традиционных и новых разделов физики твердого тела при решении профессиональных задач</p>	<p><b>Знать:</b> Методы математического анализа, применяемые в физике и химии твердого тела, основы квантовой механики, статистической физики; <b>Уметь:</b> Самостоятельно выбрать теоретический подход для решения конкретной физической задачи и выполнить советуемые оценки и вычисления; <b>Владеть:</b> Навыками теоретического исследования процессов, протекающих в твердом теле;</p>
	<p><b>ПК-1.6</b> Способность при проведении научных исследований в избранной области химии, опираться на представления о связи химических процессов в твердых телах с кристаллической структурой твердых тел, самостоятельно составлять план исследования и получать новые научные и прикладные результаты</p>	<p><b>Знать:</b> Информацию о методах синтеза и свойствах твердых тел, применяемых в нанотехнологии; <b>Уметь:</b> Анализировать связь структуры и свойств материалов, используемых в современной технике; <b>Владеть:</b> Навыками теоретических вычислений параметров различных материалов, используемых в современной технике;</p>

	<p><b>ПК-1.7</b>  Владение теоретическими представлениями физики твердого тела в избранной области химии</p>	<p><b>Знать:</b>  Перечень основных физических и физико-химических явлений и эффектов в полупроводниках, металлах и диэлектриках;</p> <p><b>Уметь:</b>  Использовать зонные диаграмм различных материалов для качественного объяснения оптических, термодинамических и кинетических эффектов в чистых кристаллах и кристаллах с примесями;</p> <p><b>Владеть:</b>  Методами использования зонных диаграмм различных материалов для качественного объяснения оптических, термодинамических и кинетических эффектов в чистых кристаллах и кристаллах с примесями;</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Предмет «Физика твердого тела» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры и изучается на первом курсе, во втором семестре.

В методическом плане курс физики твердого тела использует фундаментальные законы физики и химии и опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин магистратуры: «Квантовая механика и кантовая химия» и бакалавриата: «Физические методы анализа» и «Физическая химия». В курсе широко применяется математический аппарат и курс физики твердого тела требует подготовки студентов по основам математического анализа. Основой представлений о свойствах твердых тел является геометрия кристаллической решетки, трансляционная инвариантность, что требует подготовки студентов по курсу «Кристаллохимии и кристаллографии».

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	3/108
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>56</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия ( в том числе на практическую подготовку)	36(2)
лабораторные работы	0
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	2
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>52</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Индивидуальное задание
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП , зачет, экзамен)	Зачет

#### 4. Содержание дисциплины

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, акад. часы	Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия			
1.	Химическая связь и структура твердых тел. Зонная теория	2	4	5	ПК-1	Б1.5
2.	Динамика кристаллической решетки	2	6	9	ПК-1	Б1.6
3.	Термодинамические свойства твердых тел	2	6	9	ПК-1	Б1.6
4.	Кинетические явления в твердых телах, процессы переноса	4	6	9	ПК-1	Б1.7
5.	Взаимодействие твердых тел с электромагнитным излучением.	4	6	9	ПК-1	Б1.7
6.	Дефекты идеального строения твердых тел.	2	6	7	ПК-1	Б1.7
7.	Наноструктуры и композиционные материалы	2	2	4	ПК-1	Б1.5 Б1.7

#### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<b>Элементы квантовой теории твердого тела</b> Боровский атом. Волновая функция, уравнение Шредингера. Отражение частицы от потенциального барьера, туннелирование. Качественная картина появления энергетических зон в кристалле.	2	Л
2	<b>Зонная теория</b> Блоховская волновая функция. Модель Кронига-Пенни. Примеры реальных зон. Эффективная масса. Формула Друде и простые следствия из квантовой теории. Различия зонных структур полупроводников и металлов. Дырочная проводимость, примеси.	2	Л
3	<b>Динамика кристаллической решетки</b> Гармонический осциллятор. Колебания частицы вблизи минимума потенциальной энергии. Простая одномерная цепочка. Цепочка с границей. Сложная одномерная цепочка, оптическая и акустическая ветви колебаний решетки. Колебания простой кубической решетки, поляризация, три ветви колебаний. Зона Бриллюэна.	2	ЛВ
4	<b>Термодинамические свойства твердых тел</b> Понятие функции распределения, распределения Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Теплоемкость кристаллической решетки, модель Дебая. Связь концентрации и уровня Ферми в невзаимодействующем Ферми-газе. Уровень Ферми и концентрации электронов и дырок в полупроводнике. P-n переход.	4	Л
5	<b>Оптика и магнетизм</b> Электромагнитная теория света. Фундаментальное поглощение. Рисунок зоны, анализ на основе законов сохранения. Экситоны, не прямые переходы. Поглощение света свободными носителями. Зависимость проводимости от частоты. Взаимодействие света с колебаниями решетки. Инфракрасная спектроскопия и спектроскопия комбинационного рассеяния света. Фотонные кристаллы. Виды магнетизма. Парамагнетизм газов, парамагнетизм Паули. Ферромагнетизм. Спонтанная намагниченность, домены, температура Кюри.	4	ЛВ_



6	<b>Процессы переноса</b> Понятие о кинетических коэффициентах. Неравновесная функция распределения. Выражение для потоков через функцию распределения. Уравнение Больцмана в приближении времени релаксации. Механизмы рассеяния. Деформационный потенциал. Взаимодействие фононов. Закон Видемана-Франца. Термоэлектричество, увлечение электронов фононами. Эмиссия электронов из металла.	2	Л
7	<b>Дефекты кристаллической решетки</b> Классификация дефектов по размерности. Вакансии, междоузлия. Краевая и винтовая дислокации, вектор Бюргера. Связь дефектов и пластичности кристаллов.	2	ЛВ

#### 4.3. Занятия семинарского типа.

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы		Инновационная форма
		Всего	В т.ч. на практическую подготовку	
1	<b>Занятие 1.</b> Разбор задач, иллюстрирующих различия и сходства квантовой и классической механики.	4		Регламентированная дискуссия
2	<b>Занятие 2.</b> Решение одномерного стационарного уравнения Шредингера с различными внешними потенциалами.	6		Регламентированная дискуссия
3	<b>Занятие 3.</b> Нахождение спектров колебаний одномерных цепочки с различными граничными условиями.	6	1	Регламентированная дискуссия
4	<b>Занятие 4.</b> Обсуждение основных свойств основных функций распределения частиц в физике твердого тела, решение ряда задач	6		Регламентированная дискуссия
5	<b>Занятие 5.</b> Обсуждение методов оптической диагностики кристаллических структур	6	1	Дебаты

6	<b>Занятие 6.</b> Решение кинетического уравнения Больцмана в приближении	6		Тренинг
7	<b>Занятие 7.</b> Объяснение влияния дефектов на пластичность кристаллов	2		«Круглый стол»

#### 4.3.2. Занятия лабораторного типа.

Не предусмотрены.

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного обучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<b>Тема 1. Понятие об энергетических зонах в кристалле</b> Соотношения неопределенностей Гейзенберга, дифракция электронов, плотность вероятности, уравнение Шредингера. Атом Зоммерфельда. Уровни энергии в квантовой яме с бесконечными стенками.	5	Индивидуальное задание
2	<b>Тема 2. Зонная теория</b> Система уравнений для определения дискретных уровней энергии в симметричной потенциальной яме с конечными стенками. Квазиклассическое приближение, туннелирование. Вероятности прохождения частицы через прямоугольный потенциальный барьер.	9	Индивидуальное задание
3	<b>Тема 3. Динамика кристаллической решетки</b> Спектр колебаний простой одномерной цепочки, у которой оба конца свободны. Спектр колебаний простой одномерной цепочки, у которой оба конца закреплены. Метод динамической матрицы.	9	Индивидуальное задание
4	<b>Тема 4. Термодинамические свойства твердых тел</b> Связь между энергией и уровнем Ферми в невзаимодействующем Ферми-газе при нулевой температуре. Давление идеального Ферми-газа при нулевой температуре. Теплоемкость электронного газа. Теплоемкость кристаллической решетки в модели Эйнштейна.	9	Индивидуальное задание
5	<b>Тема 5. Оптика и магнетизм</b> Рамановская спектроскопия наноструктур. Фундаментальное поглощение в случае дипольно-запрещенного перехода. Фотонные кристаллы, природный и синтетический опал.	9	Устный опрос
6	<b>Тема 6. Процессы переноса</b> Уравнение диффузии, уравнение теплопереноса Фурье. Термоэлектрический эффект, увлечение электронов фононам.	7	Индивидуальное задание
7	<b>Тема 7. Дефекты кристаллической решетки</b> Типы дефектов в твердом теле. Точечные, линейные и пространственные дефекты. Влияние дефектов на физические свойства кристалла. Термодинамические и статистические свойства дефектов в кристалле.	4	Устный опрос

#### 4.5. Темы индивидуальных заданий

Примеры индивидуальных заданий:

- 1) Найти энергию фотона с длиной волны 500 нм. Ответ записать в эВ.
- 2) Найти уровни энергии в потенциальной яме с бесконечными стенками.
- 3) Найти спектр колебаний одномерной цепочки с
  - а) закрепленными краями
  - б) свободными краями.
- 5) Составить систему уравнений для определения вероятности туннелирования электрона с энергией  $E$  через потенциальный барьер ширины  $a$  и высоты  $V$ .
- 6) Составить систему уравнений для нахождения уровней энергии в потенциальной яме с конечными стенками, шириной  $a$  и глубины  $V$ .
- 7) а) Найти энергию идеального ферми-газа при нулевой температуре и заданном химическом потенциале.  
б) Найти теплоемкость идеального ферми-газа при нулевой температуре
- 8) Найти концентрацию дырок в собственном полупроводнике
- 9) Посчитать теплоемкость кристаллической решетки в модели Эйнштейна

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте Медиа: <http://media.technolog.edu.ru>

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен или достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуется тремя вопросами (заданиями) для проверки умений и навыков.

При сдаче зачета студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

##### Вариант № 1

1. Качественно объяснить, почему сопротивление полупроводника падает с ростом температуры, а сопротивление металла растет.
2. Составить систему уравнений для определения дискретных уровней энергии в симметричной потенциальной яме с конечными стенками.
3. Определить сжимаемость идеального Ферми-газа при нулевой температуре.

## 7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.

### а) печатные издания:

1. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела : учебное пособие / А. П. Мейлахс, А. Я. Вуль ; СПбГТИ(ТУ). Каф. физ. химии. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2019. - 109 с..

2. Ансельм, А.И. Основы статистической физики и термодинамики : Учебное пособие для вузов по физическим и техническим направлениям и специальностям / А. И. Ансельм. - 2-е изд., стер. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2007. - 426 с.

### б) электронные учебные издания:

1. Мейлахс, А.П. Физика твердого тела : учебное пособие / А. П. Мейлахс, А. Я. Вуль ; СПбГТИ(ТУ). Каф. физ. химии. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2019. - 109 с. (ЭБ)

## 8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.

Учебный план, РПД и учебно-методические материалы:  
<http://media.technolog.edu.ru>

Электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»

Интерактивная база данных книг и журналов SpringerLink.

Электронно-библиотечная система «КНИГАФОНД» г. Москва knigafund.ru

«БИБЛИОТЕХ» г.Москва bibliotech.ru

Интернет сайты зарубежных научных и учебных центров: NBS USA, MTI UK, ChLab Japan, NSRDS и др.

Нанометр (нанотехнологическое сообщество) – <http://www.nanometer.ru>

Российский общеобразовательный портал – <http://www.school.edu.ru/default.asp>

all Science – Российский научный портал – <http://www.allscience.ru>

Естественнонаучный образовательный портал – <http://en.edu.ru/>

Нано? Это просто! – <http://popular.rusnano.com/>

Экспресс-бюллетень “ПерсТ” (Перспективные Технологии - наноструктуры, сверхпроводники, фуллерены) – <http://perst.issph.kiae.ru/Inform/perst.htm>

Научно-образовательный центр по нанотехнологиям МГУ - <http://nano.msu.ru/>

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Физика твердого тела» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 016-2014. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, необходимо осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное

повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- изучение предусмотренного планом рекомендованной научной литературы;
- выполнение индивидуальных заданий в заданные сроки;
- подготовку постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить после повторения материала предыдущего занятия и вопросами по изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- презентации студентов с докладами по выполненным индивидуальным заданиям;
- взаимодействие с обучающимися по ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение.**

- Microsoft Office (Microsoft Excel);
- Microsoft (Power Point)

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

- База данных COD (<http://www.crystallography.net/cod/>)

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.**

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория, оборудованная средствами оргтехники, на 33 посадочных мест.

Для проведения практических занятий используются наглядные пособия (модели), поясняющие структуру и симметрию углеродных наноструктур.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014 г.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Физика твердого тела»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

<b>Компетенции</b>		
<b>Индекс компетенции</b>	<b>Формулировка</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-1</b>	Способен планировать научно-исследовательскую работу, выбирать методы решения поставленных задач в области неорганической химии, химии координационных соединений, и в смежных с химией науках	промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)
			«зачтено»
<b>ПК-1.5</b> Способность использовать теоретические основы традиционных и новых разделов физики твердого тела при решении профессиональных задач	<b>Знает</b> методы математического анализа, применяемые в физике и химии твердого тела, основы квантовой механики, статистической физики	Ответы на вопросы №1- 8 к зачету	Правильно находит с помощью правил квантования Бора, энергию круговых орбит в атоме водорода; написать уравнение Шредингера для свободной частицы; объясняет понятие энергетической зоны в кристалле
	<b>Умеет</b> самостоятельно выбрать теоретический подход для решения конкретной физической задачи и выполнить советуемые оценки и вычисления	Ответы на вопросы №1- 8 к зачету	Правильно описывает и объясняет основное отличие зонной структура металлов, полупроводников и диэлектриков
	<b>Владеет</b> навыками теоретического исследования процессов, протекающих в твердом теле	Ответы на вопросы №1- 8 к зачету	Правильно объясняет качественное различие в зависимости изменения сопротивления от температуры в полупроводниках и металлах; качественно объясняет различие в спектральных зависимостях поглощения света в диэлектриках, металлах и полупроводниках
<b>ПК-1.6</b> Способность при проведении научных исследований в избранной области химии, опираться на представления о связи	<b>Знает</b> информацию о методах синтеза и свойствах твердых тел, применяемых в нанотехнологии	Ответы на вопросы № 9-16 к зачету	Правильно описывает спектр колебаний простой одномерной цепочки с незакрепленным концами
	<b>Умеет</b> анализировать связь структуры и свойств материалов, используемых в современной технике	Ответы на вопросы № 9-16 к зачету	Правильно находит спектр колебаний простой одномерной цепочки, у которой оба конца закреплены, уровни энергии в квантовой яме с бесконечными стенками.
	<b>Владеет</b>	Ответы на	Правильно находит связь между энергией и уровнем Ферми в



химических процессов в твердых телах с кристаллической структурой твердых тел, самостоятельно составлять план исследования и получать новые научные и прикладные результаты	навыками теоретических вычислений параметров различных материалов, используемых в современной технике	вопросы № 9-16 к зачету	невзаимодействующем Ферми-газе при нулевой температуре, находит зависимость коэффициента поглощения от частоты при прямом межзонном поглощении света в полупроводниках
<b>ПК-1.7</b> Владение теоретическими представлениями и физики твердого тела в избранной области химии	<b>Знает</b> перечень основных физических и физико-химических явлений и эффектов в полупроводниках, металлах и диэлектриках	Ответы на вопросы № 17-26 к зачету	Правильно объясняет физические основы методов рамановской и ИК спектроскопии; правильно описывает принцип работы, свойства и энергетическую структуру p-n перехода и МДП полевого транзистора
	<b>Умеет</b> использовать зонные диаграммы различных материалов для качественного объяснения оптических, термодинамических и кинетических эффектов в чистых кристаллах и кристаллах с примесями	Ответы на вопросы № 17-26 к зачету	С помощью энергетической зонной диаграммы дает правильное объяснение оптических и кинетических эффектов в твердом теле
	<b>Владеет</b> методами использования зонных диаграмм различных материалов для качественного объяснения оптических, термодинамических и	Ответы на вопросы № 17-26 к зачету	Безошибочно делает количественные оценки величин, определяющие оптические и кинетические эффекты в твердом теле и наноструктурах на основе зонных энергетических диаграмм.

	кинетических эффектов в чистых кристаллах и кристаллах с примесями		
--	--------------------------------------------------------------------	--	--

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ):

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета, то результат оценивания – «зачтено», «не зачтено».

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации.**

#### **а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1.5:**

1. С помощью правил квантования Бора, найти энергию круговых орбит в атоме водорода
2. Написать уравнение Шредингера для свободной частицы
3. Найти уровни энергии в квантовой яме с бесконечными стенками.
4. Составить систему уравнений для определения дискретных уровней энергии в симметричной потенциальной яме с конечными стенками.
5. Составить систему уравнений для определения вероятности прохождения частицы через прямоугольный потенциальный барьер.
6. Объяснить понятие энергетической зоны
7. Опишите основное отличие зонной структура металлов и полупроводников
8. Качественно объяснить, почему сопротивление полупроводника падает с ростом температуры, а сопротивление металла растет.

#### **б) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1.6:**

9. Найти спектр колебаний простой одномерной цепочки, у которой оба конца свободны.
10. Найти спектр колебаний простой одномерной цепочки, у которой оба конца закреплены
11. Найти связь между энергией и уровнем Ферми в невзаимодействующем Ферми-газе при нулевой температуре.
12. Определить сжимаемость идеального Ферми-газа при нулевой температуре.
13. Используя распределение Бозе-Эйнштейна, определить теплоемкость кристаллической решетки при высоких температурах
14. Качественно объясните, почему металл всегда отражает видимый свет, а полупроводники бывают прозрачными.
15. Найти зависимость коэффициента поглощения от частоты при прямом межзонном поглощении света в полупроводниках.
16. Решить уравнение диффузии

#### **в) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-1.7:**

17. Объяснить физические основы метода спектроскопии комбинационного рассеяния света
18. Объяснить физические основы метода ИК спектроскопии
19. Описать свойства и структуру p-n перехода
20. Объяснить основные принципы работы полевого транзистора
21. Объяснить основные принципы работы трехуровневого газового лазера
22. Объяснить основные принципы работы твердотельного лазера
23. Качественно объяснить термоэлектрический эффект
24. Качественно объяснить закон Видемана-Франца
25. Изобразить вектор Бюргерса для данной дислокации
26. Объяснить, как дислокации влияют на механические свойства кристаллов.

При сдаче зачета студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

**4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.