

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 13.03.2024 13:35:02  
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  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины  
МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ**

Специальность

**04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия**

Специализация

**Химия материалов**

Квалификация

**Химик. Преподаватель химии**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химии веществ и материалов**

Кафедра **физико-химического конструирования функциональных материалов**

Санкт-Петербург

2023

**Б1.В.19**

## **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины.....	06
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины...	06
4.3. Занятия лекционного типа.....	07
4.4. Занятия семинарского типа.....	08
4.4.1. Семинары, практические занятия .....	08
4.4.2. Лабораторные занятия.....	10
4.5. Самостоятельная работа обучающихся.....	11
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	12
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	12
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	14
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	14
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	15
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.....	15
10.1. Информационные технологии.....	15
10.2. Программное обеспечение.....	15
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	15
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы .....	16
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	16
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации...	17

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

В результате освоения образовательной программы специалитета 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-2</b> Способен выбирать обоснованные подходы к анализу связи «структура-свойства» и конструированию неорганических и композиционных материалов с заданными функциональными свойствами</p>	<p><b>ПК-2.9</b> Применение специализированных знаний в области физики магнитных явлений при анализе закономерностей «структура-свойства»</p>	<p><b>Знать:</b> Учебный материал; основной математический аппарат, который используется для описания магнитных свойств вещества; суть процессов, происходящих в различных средах при воздействии на них магнитных полей; основные закономерности формирования магнитных свойств вещества; основные современные методы расчета магнитных характеристик вещества; современную приборную базу (ЗН-1);</p> <p><b>Уметь:</b> Выстраивать взаимосвязи между структурными и магнитными свойствами вещества, объяснять причинно-следственные связи; формулировать выводы и приводить примеры; подбирать математический аппарат для решения конкретной физической задачи, связанной с магнитными свойствами вещества; находить необходимые справочные материалы из информационных источников, в том числе, из электронных библиотек; организовать наблюдение за физическими явлениями; оценивать и анализировать результат, полученный в ходе проведения эксперимента; обрабатывать экспериментальные данные (У-1);</p> <p><b>Владеть:</b> Навыками самостоятельной работы со специализированной литературой; навыками решения задач по основным направлениям физики магнитных явлений; навыками работы с экспериментальными данными; методами приближенного описания физических процессов в изучаемых системах на основе полученных знаний, умений; экспериментальными навыками для проведения научного исследования в области физики магнитных явлений (Н-1).</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.19), и изучается на 5 курсе в 9 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Основы физики твердого тела», «Методы исследования веществ и материалов».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Магнитные свойства материалов» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе, при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>3/ 108</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>60</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	18 (-)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	18 (8)
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	6
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>48</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Зачет</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (можно, например, всего три раздела)	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1	Основные понятия магнетизма	2	2	-	8	ПК-2	ПК-2.9
2	Теория молекулярного поля	4	6	2	8	ПК-2	ПК-2.9
3	Магнитная анизотропия	2	2	-	8	ПК-2	ПК-2.9
4	Доменная структура	2	-	2	8	ПК-2	ПК-2.9
5	Магнитоупорядоченные вещества	2	2	-	8	ПК-2	ПК-2.9
6	Методы исследования и обработки магнитных характеристик. Применение магнетохимических методов исследования.	4	4	12	8	ПК-2	ПК-2.9
7	Основы магниторезонансных методов исследования	2	2	2	-	ПК-2	ПК-2.9

##### 4.2. Формирование индикаторов достижения компетенций разделами дисциплины

№ п/п	Код индикаторов достижения компетенции	Наименование раздела дисциплины
1	ПК-2.9	Основные понятия магнетизма. Теория молекулярного поля Магнитная анизотропия. Доменная структура. Магнитоупорядоченные вещества. Методы исследования и обработки магнитных характеристик. Примеры применения магнетохимических методов исследования. Основы магниторезонансных методов исследования.

### 4.3. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	<b>Основные понятия магнетизма.</b> Магнитные моменты свободных атомов. Опыты Штерна и Герлаха. Эффект Зеймана. Заполнение электронных оболочек. Магнитный момент атома. Правила Хунда. Кристаллическое поле. Магнитные свойства ионов в кристаллическом поле.	2	ЛВ
2	<b>Теория молекулярного поля</b> Парамагнетизм Паули. Ванфлековский парамагнетизм. Диамагнетизм Ландау. Модель Кюри-Вейсса. Магнитный момент и магнитная восприимчивость диа-, пара-, ферро-, ферри- и антиферромагнетиков. Обменное взаимодействие. Модель Гейзенберга. Косвенное обменное взаимодействие.	4	ЛВ
3	<b>Магнитная анизотропия</b> Спин-орбитальное взаимодействие. Магнитная анизотропия. Энергия анизотропии формы. Энергия кристаллографической магнитной анизотропии. Индуцированные магнитным полем магнитные фазовые переходы в антиферромагнетиках. Изменение свойств магнетиков под действием электрического поля и давления. (Магнитострикция)	2	ЛВ
4	<b>Доменная структура</b> Образование доменов. Процессы смещения доменных границ. Гистерезис. Однодоменные частицы и суперпарамагнетизм. Доменные стенки Блоха и Нееля.	2	ЛВ
5	<b>Магнитоупорядоченные вещества</b> Типы магнитных структур. Многоподрешеточные магнетики. Антиферромагнетики. Температура Нееля. Ферримагнетизм. Слабые ферромагнетики. Поле Дзялошинского. Магнетизм 3d-металлов. Аморфные магнетики и спиновые стекла.	2	ЛВ

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
6	<b>Методы исследования и обработки магнитных характеристик. Примеры применения магнетохимических методов исследования.</b> Магнитостатические и индукционные методы. Метод Фарадея. Метод вискозиметра. Вибрационный магнетометр. СКВИД-магнетометр. Обработка экспериментальных кривых линейным и модифицированным законом Кюри-Вейсса. Таблицы Паскаля. Влияние магнитных полей на химические реакции.	4	ЛВ
7	<b>Основы магниторезонансных методов исследования</b> Основные понятия, природа магнитного резонанса. Экспериментальная техника магнитного резонанса. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс	2	ЛВ

#### 4.4. Занятия семинарского типа.

##### 4.4.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	<b>Занятие 1. Основные понятия магнетизма.</b> Орбитальное движение и спин. Векторная модель атома.	2	-	МШ



№ раздела дисциплин ы	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Иновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
2	<b>Занятие 2. Теория молекулярного поля.</b> Магнитная восприимчивость пара- и диамагнетиков. Зависимость намагниченности парамагнетика от магнитного поля и температуры, модель Брюллиена для момента $J=1/2$ . Формула Ланжевена, закон Кюри, закон Кюри-Вейсса. Расщепление атомных уровней кристаллическим полем. «Замораживание» орбитальных моментов. Спонтанная намагниченность и восприимчивость вблизи точки Кюри. Смещение температуры фазового перехода (точки Кюри или Нееля) под давлением.	6	-	ЗК
3	<b>Занятие 3. Магнитная анизотропия</b> Энергия магнитной анизотропии. Эффективное поле магнитной анизотропии. Спонтанная магнитострикция и ее вклад в магнитную анизотропию. Магнитострикция при техническом намагничивании.	2	-	ЗК
5	<b>Занятие 4. Магнитоупорядоченные вещества.</b> Многочастичные магнетики. Намагниченность и восприимчивость антиферромагнетика и ферромагнетика от температуры.	2	-	ЗК

№ раздела дисциплин ы	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
6	<p><b>Занятие 5. Методы исследования и обработки магнитных характеристик. Примеры применения магнетохимических методов исследования.</b></p> <p>Зависимость спонтанной намагниченности и восприимчивости ферромагнетика, антиферромагнетика и ферримагнетика от температуры. Зависимость намагниченности от внешнего поля. Магнетохимические методы. Расчет магнитной восприимчивости диамагнетиков с помощью таблиц Паскаля. Магнетохимия диа- и парамагнетиков. Магнитные методы, анализ данных зависимостей намагниченности от температуры и внешнего поля. Магнитные переходы, сравнение с данными структурных методов исследования.</p>	4	-	КОП
7	<p><b>Занятие 6. Основы магниторезонансных методов исследования.</b></p> <p>Электронный парамагнитный резонанс, спектр атома водорода. Ферромагнитный резонанс.</p>	2	-	ЗК

#### 4.4.2. Лабораторные работы

№ раздела дисциплин ы	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку	
2	<p><b>Лабораторная работа 1.</b></p> <p>Анализ структурных особенностей оксидов переходных металлов</p>	2	2	МГ

№ раздела дисциплин ы	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Примечание
		всего	в том числе на практическую подготовку	
4	<b>Лабораторная работа 2.</b> Определение ширины доменной стенки ферромагнетика	2	-	МГ
6	<b>Лабораторная работа 3.</b> Изучение магнитных свойств магнитных материалов. (Снятие основной кривой намагничивания. Определение точки Кюри/Нееля по температурной зависимости магнитной восприимчивости и изучение температурной зависимости магнитной восприимчивости ферромагнетика выше точки Кюри/Нееля.)	6	2	ТР+Э
6	<b>Лабораторная работа 4.</b> Изучение гистерезиса ферромагнитных материалов. (Снятие петли гистерезиса и определение ее параметров)	6	2	ТР+Э
7	<b>Лабораторная работа 5.</b> Расчет спектров ЭПР органических радикалов в триплетном состоянии	2	2	Э

#### 4.5. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	<b>Тема 1. Основные понятия магнетизма.</b> Принципы формирования электронной структуры ионов переходных металлов. Понятие	8	Устный опрос
2	<b>Тема 2. Теория молекулярного поля</b> Расщепление энергетических уровней межэлектронными взаимодействиями.	8	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
3	<b>Тема 3. Магнитная анизотропия.</b> Расщепление энергетических уровней спин-орбитальным взаимодействием. Энергия спин-орбитального взаимодействия. Поляризационный парамагнетизм Ван-Флека. Вычисление диамагнитной и ван-флековской составляющих магнитной восприимчивости.	8	Устный опрос
4	<b>Тема 4. Доменная структура.</b> 180° и 90° доменные границы, движение доменной границы в идеальном кристалле. Магнитные свойства наночастиц	8	Устный опрос
5	<b>Тема 5. Магнитоупорядоченные вещества.</b> Магнитные моменты редкоземельных и переходных элементов	8	Устный опрос
6	<b>Тема 6. Методы исследования и обработки магнитных характеристик. Примеры применения магнетохимических методов исследования.</b> Аппаратурные методы: Методы, основанные на измерении силы, действующей на тело, помещенное в магнитное поле (силовые); Индукционные методы; SQUID – магнетометры	8	Устный опрос

### 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: <https://media.technolog.edu.ru>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются теоретическими вопросами (заданиями).

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на зачете:

#### Вариант № 1

1. Правила Хунда. Понятие о термах.
2. Зависимость спонтанной намагниченности и восприимчивости ферромагнетика, антиферромагнетика и ферримагнетика.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – «зачет».

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

### а) печатные издания:

1. Иванов, С. В. Избранные главы физики: Магнетизм. Магнитный резонанс. Фазовые переходы : курс лекций / С. В. Иванов, П. С. Мартышко. - М. : Изд-во ЛКИ, 2008. - 204 с.
2. Жерновой, А. И. Измерение намагниченности веществ методом ядерного магнитного резонанса : учебное пособие / А. И. Жерновой, С. В. Дьяченко ; СПбГТИ(ТУ). Каф. общ. физики. - СПб. : [б. и.], 2019. - 21 с.
3. Колесов, С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов : Учебник для электротехнических и электромеханических спец. вузов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 2007. - 535 с. - ISBN 978-5-06-005817-8.
4. Фахльман, Б. Д. Химия новых материалов и нанотехнологии / Б. Фахльман; пер. с англ. Д. О. Чаркина, В. В. Уточниковой, под ред. Ю. Д. Третьякова, Е. А. Гудилина. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 463 с. - ISBN 978-5-91559-029-7.

### б) электронные учебные издания:

1. Камышов В. М. Строение вещества : Учебное пособие / В. М. Камышов, Е. Г. Мирошникова, В. П. Татауров. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. - 236 с. - ISBN 978-5-8114-2313-2 // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
2. Жерновой, А. И. Измерение намагниченности веществ методом ядерного магнитного резонанса : учебное пособие / А. И. Жерновой, С. В. Дьяченко ; СПбГТИ(ТУ). Каф. общ. физики. - СПб. : [б. и.], 2019. - 21 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Дудникова, Т. А. Курс лекций по физике (Отдельные главы) : учебное пособие / Т. А. Дудникова ; СПбГТИ(ТУ). Каф. общ. физики. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : [б. и.], 2012. - 99 с. // СПбГТИ. Электронная библиотека. - URL: <https://technolog.bibliotech.ru> (дата обращения: 11.05.2023). - Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

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

Интернет-ресурсы: проводить поиск в различных системах, таких как [www.yandex.ru](http://www.yandex.ru), [www.google.ru](http://www.google.ru), [www.rambler.ru](http://www.rambler.ru), [www.yahoo.ru](http://www.yahoo.ru) и использовать материалы сайтов, рекомендованных преподавателем на лекционных занятиях.

С компьютеров института открыт доступ к:  
<http://media.technolog.edu.ru> Учебный план, РПД и учебно-методические материалы.

Электронно-библиотечные системы:

<https://technolog.bibliotech.ru> «Электронный читальный зал – БиблиоТех»;  
<http://e.lanbook.com> - Электронно-библиотечная система издательства «Лань», коллекции «Химия» (книги издательств «Лань», «Бином»), «Нанотехнологии» (книги издательства «Бином. Лаборатория знаний»);  
[www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru) - eLIBRARY - научная электронная библиотека периодических изданий;  
[www.scopus.com](http://www.scopus.com) - База данных рефератов и цитирования Scopus издательства Elsevier;

<http://webofknowledge.com> - Универсальная реферативная база данных научных публикаций Web of Science компании Thomson Reuters;  
<http://iopscience.iop.org/journals?type=archive>, <http://iopscience.iop.org/page/subjects> - Издательство IOP (Великобритания);  
[www.oxfordjournals.org](http://www.oxfordjournals.org) - Архив научных журналов издательства Oxford University Press;  
<http://www.sciencemag.org/> - Полнотекстовый доступ к журналу Science (The American Association for the Advancement of Science (AAAS));  
<http://www.nature.com> - Доступ к журналу Nature (Nature Publishing Group);  
<http://pubs.acs.org> - Доступ к коллекции журналов Core + издательства American Chemical Society;  
<http://journals.cambridge.org> - Полнотекстовый доступ к коллекции журналов Cambridge University Press.

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

Все виды занятий по дисциплине «Магнитные свойства материалов» 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.

СТО СПбГТИ 020-2011. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лабораторные 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 016-2015. КС УКДВ. Порядок проведения зачетов и экзаменов.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

плановость в организации учебной работы;  
серьезное отношение к изучению материала;  
постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже 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;  
взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

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

Microsoft Office (Microsoft Excel);

Программа Vesta – в свободном доступе.

Программа Origin: Data Analysis and Graphing Software – демо-версия

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

База данных журналов РИНЦ.

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

**Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.**

Основное оборудование: столы; стулья; доска; демонстрационный экран, проектор, компьютер.

**Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа.**

Основное оборудование: столы; стулья; доска; демонстрационный экран; проектор; компьютер; дифрактометр рентгеновский Rigaku SmartLab 3.

**Помещение для самостоятельной работы.**

Основное оборудование: столы; стулья; проектор; экран; компьютеры с доступом к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

## **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.



**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Магнитные свойства материалов»**

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

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-2	Способен выбирать обоснованные подходы к анализу связи «состав-строение-свойства» и конструированию неорганических и композиционных материалов с заданными функциональными свойствами	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)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
<p><b>ПК-2.9</b> Применение специализированных знаний в области физики магнитных явлений при анализе закономерностей «состав-структура-свойства»</p>	<p>Дает <b>определения</b> базовым понятиям по разделам дисциплины, <b>рассказывает</b> о сути процессов, происходящих в различных средах при воздействии на них магнитных полей, <b>выводит</b> основные формулы, законы и теоремы, <b>перечисляет</b> основные современные методы расчета магнитных характеристик вещества, <b>правильно выбирает</b> математический аппарат для решения конкретной физической задачи (ЗН-1)</p>	<p>Правильные ответы на вопросы №1-36 к зачету</p>	<p>Дает определения базовым понятиям по разделам дисциплины, рассказывает о сути процессов, происходящих в различных средах при воздействии на них магнитных полей, выводит основные формулы, законы и теоремы, перечисляет основные современные методы расчета магнитных характеристик вещества, правильно выбирает математический аппарат для решения конкретной физической задачи с ошибками.</p>	<p>Дает определения базовым понятиям по разделам дисциплины, рассказывает о сути процессов, происходящих в различных средах при воздействии на них магнитных полей, выводит основные формулы, законы и теоремы, перечисляет основные современные методы расчета магнитных характеристик вещества, правильно выбирает математический аппарат для решения конкретной физической задачи с помощью наводящих вопросов.</p>	<p>Дает определения базовым понятиям по разделам дисциплины, рассказывает о сути процессов, происходящих в различных средах при воздействии на них магнитных полей, выводит основные формулы, законы и теоремы, перечисляет основные современные методы расчета магнитных характеристик вещества, правильно выбирает математический аппарат для решения конкретной физической задачи. Может применить эти знания для решения своих научно-исследовательских задач.</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	<b>Поясняет</b> связь между структурными и магнитными свойствами вещества и <b>объясняет</b> причинно-следственные связи, <b>устно и письменно анализирует</b> результат, полученный в ходе проведения эксперимента, <b>сопоставляет и делает выводы</b> на основе анализа, верно <b>определяет закономерности</b> установления того или иного явления (У-1)	Правильные ответы на вопросы №1-36 к зачету, защита лабораторных отчетов	С ошибками поясняет связь между структурными и магнитными свойствами вещества и объясняет причинно-следственные связи, устно и письменно анализирует результат, полученный в ходе проведения эксперимента, сопоставляет и делает выводы на основе анализа, верно определяет закономерности установления того или иного явления.	Поясняет связь между структурными и магнитными свойствами вещества и объясняет причинно-следственные связи, устно и письменно анализирует результат, полученный в ходе проведения эксперимента, сопоставляет и делает выводы на основе анализа, верно определяет закономерности установления того или иного явления с небольшими подсказками преподавателя.	Уверенно и без ошибок поясняет связь между структурными и магнитными свойствами вещества и объясняет причинно-следственные связи, устно и письменно анализирует результат, полученный в ходе проведения эксперимента, сопоставляет и делает выводы на основе анализа, верно определяет закономерности установления того или иного явления.
	<b>Демонстрирует</b> навыки самостоятельной работы со специализированной литературой, <b>показывает</b> навыки работы с экспериментальными данными, а также,	Правильные ответы на вопросы №1-36 к зачету, защита лабораторных отчетов	Слабо ориентируется в специализированной литературе и в экспериментальных данных, задачи по основным направлениям и	Демонстрирует навыки самостоятельной работы со специализированной литературой, показывает навыки	Без ошибок демонстрирует навыки самостоятельной работы со специализированной литературой, показывает навыки работы с экспериментальными

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	экспериментальные навыки для проведения научного исследования в области физики магнитных явлений <b>решает задачи</b> по основным направлениям и разделам физики магнитных явлений (Н-1)		разделам физики магнитных явлений	работы с экспериментальными данными, а также, экспериментальные навыки для проведения научного исследования в области физики магнитных явлений решает задачи по основным направлениям и разделам физики магнитных явлений с небольшими ошибками.	данными, а также, экспериментальные навыки для проведения научного исследования в области физики магнитных явлений решает задачи по основным направлениям и разделам физики магнитных явлений

### **3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-2:**

1. Магнитные моменты свободных атомов. Эффект Зеймана.
2. Орбитальное движение и спин. Векторная модель атома.
3. Заполнение электронных оболочек. Принципы формирования электронной структуры ионов переходных металлов.
4. Правила Хунда. Понятие о термах.
5. Кристаллическое поле. Магнитные свойства ионов в кристалле.
6. Магнитная восприимчивость пара- и диамагнетиков. Зависимость намагниченности парамагнетика от магнитного поля и температуры.
7. Природа магнетизма на атомарном масштабе. Фактор Ланде.
8. Теория ферромагнетизма Вейсса. Закон Кюри-Вейсса.
9. Смещение температуры фазового перехода под давлением.
10. Обменное взаимодействие и его энергия. Косвенное обменное взаимодействие. Спин-орбитальное взаимодействие.
11. Расщепление атомных уровней кристаллическим полем. «Замораживание» орбитальных моментов.
12. Фазовый переход. Переходы первого и второго рода. Критическая температура. Температура Кюри. Температура Нееля.
13. Поляризационный парамагнетизм Ван-Флека.
14. Энергия магнитной анизотропии. Константы магнитной анизотропии. Эффективное магнитное поле анизотропии. Плоскости легкого и трудного намагничивания. Магнитная анизотропия типа «легкая ось» и «легкая плоскость»
15. Индуцированные магнитным полем магнитные фазовые переходы в антиферромагнетиках.
16. Вычисление диамагнитной и ван-флековской составляющих магнитной восприимчивости.
17. Магнитострикция.
18. Доменная структура. Процессы смещения доменных границ. Гистерезис.
19. 180 и 90 доменные границы. Доменные границы (Блоха, Нееля). Полосовая и лабиринтная доменные структуры.
20. Основные характеристики ферромагнетика. Процессы намагничивания магнито-мягких и магнито-жестких материалов. Причины гистерезиса.
21. Суперпарамагнетизм. Температура блокировки.
22. Упорядоченные магнитные структуры. Магнитная структура.
23. Магнитная подрешетка. Многоподрешеточные магнетики. Ферромагнитная структура. Антиферромагнитная структура.
24. Ферримагнетики. Слабые ферромагнетики. Поле Дзялошинского. Магнетизм 3d-металлов.
25. Намагниченность и восприимчивость антиферромагнетика и ферримагнетика от температуры. Случай большого внешнего магнитного поля.
26. Зависимость спонтанной намагниченности и восприимчивости ферромагнетика, антиферромагнетика и ферримагнетика.
27. Магнитные моменты редкоземельных и переходных элементов.
28. Статические методы исследования магнитной восприимчивости
29. Методы исследования и обработки магнитных характеристик. Метод Фарадея. Метод вискозиметра.
30. Примеры применения магнетохимических методов для исследования систем и процессов. Таблицы Паскаля.
31. Влияние магнитных полей на химические реакции.
32. Природа магнитного резонанса.
33. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР) в жидкости.

- 34. Электронный парамагнитный резонанс. Спектр атома водорода.
- 35. Ядерный магнитный резонанс.
- 36. Ферромагнитный резонанс.

При сдаче зачета студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше.  
Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

**5. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СТП СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме зачета, шкала оценивания – «зачтено» (если достигнут «пороговый» уровень освоения всех элементов компетенции), «не зачтено».