

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 03.10.2023 11:12:27  
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  
« 20 » сентября 2021 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ**  
**МАТЕРИАЛОВ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ И**  
**СУПЕРКОНДЕНСАТОРОВ**

Направление подготовки  
**18.04.01 Химическая технология**  
Программа магистратуры  
**«Современные электрохимические производства»**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **Химии веществ и материалов**

Кафедра **Технологии электрохимических производств**

Санкт-Петербург

2021

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Заведующий кафедрой		Доцент Д. В. Агафонов

Рабочая программа дисциплины «Синтез и свойства электрохимически активных материалов литий-ионных аккумуляторов и суперконденсаторов» обсуждена на заседании кафедры Технологии электрохимических производств

протокол от 18.06.2021 № 3

Заведующий кафедрой

Доцент Д. В. Агафонов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химии веществ и материалов

протокол от 16.09. 2021 № 1

Председатель

доцент С.Г. Изотова

### СОГЛАСОВАНО

Руководитель ООП «Химическая технология»		доцент М.В. Рутто
Директор библиотеки		Т.Н. Старостенко
Начальник методического отдела учебно-методического управления		Т.И. Богданова
Начальник УМУ		С.Н. Денисенко

## 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 .....	08
4.5. Самостоятельная работа.....	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.....	09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации .....	09
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины .....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	12
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины .....	12
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	13
10.1. Информационные технологии .....	13
10.2. Программное обеспечение.....	13
10.3. Базы данных и информационные справочные системы .....	13
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	13
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	13
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	14

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

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

<p><b>ПК-1</b> Способен планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать, применять методы математического анализа и моделирование, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p><b>ПК-1.5</b> Способность ставить лабораторные эксперименты по синтезу катодных и анодных материалов, изготавливать электроды, изготавливать и испытывать макеты ЛИА и СК</p>	<p><b>Знать:</b> проблему вторичного ХИТ с литиевым анодом и возможность решения этой проблемы с помощью межслоевых соединений графита (ЗН-1) проблему твёрдого электролита на поверхности углеродного анода ЛИА (ЗН-2) <b>Уметь:</b> синтезировать катодные материалы для ЛИА различными методами (У-1) определять энергетические параметры ЛИА. (У-2) <b>Владеть:</b> методикой поиска нормативной документацией, стандартов и технических условий новых материалов и изделий (Н-1)</p>
<p><b>ПК-2</b> Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции</p>	<p><b>ПК-2.6</b> Способность использовать современные приборы, оборудование и методики для синтеза и анализа материалов для ЛИА и СК</p>	<p><b>Знать:</b> методические особенности и оборудование для реализации широкого спектра синтезов, включая суперфлюидные (ЗН-3) методы синтеза углеродных материалов, применяемых в технологии ЛИА и СК, перспективы развития литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) (ЗН-4) <b>Уметь:</b> Умеет оценивать влияние наноразмерности различных структур катодных и анодных материалов на потребительские свойства ЛИА (У-3) <b>Владеть:</b> представлениями о альтернативных углероду анодных материалах для ЛИА нового поколения (Н-2) математическим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных (Н-3)</p>

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений (Б1.В.05) и изучается на 2 курсе в 3 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Теоретические и экспериментальные методы исследования в химической технологии», «Теоретические основы электрохимической технологии», «Технико-экономический анализ», «Методы проектирования производств химической технологии».

Полученные в процессе изучения дисциплины «Синтез и свойства электрохимически активных материалов литий-ионных аккумуляторов и суперконденсаторов» знания, умения и навыки могут быть использованы в научно-исследовательской работе магистранта и при выполнении выпускной квалификационной работы.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц / академических часов)	<b>7/ 252</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>94</b>
занятия лекционного типа	<b>36</b>
занятия семинарского типа, в т.ч.	<b>54</b>
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)	54 (13)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	4
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>131</b>
<b>Формы текущего контроля</b>	-
<b>Форма промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен (27)</b>

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, акад. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, акад. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1	Межслоевые соединения графита (МСС). История создания ЛИА. Значение МСС в технологии ЛИА. Структура углерода, применяемого в технологии ЛИА. Методы синтеза углерода, применяемого в технологии ЛИА и СК. $\text{LiCoO}_2$ , методы синтеза, электрохимическое поведение, достоинства и недостатки.	6	8	-	20	ПК-1
2	Апротонные диполярные электролиты (АДР) для ЛИА и СК. Окно термодинамической устойчивости (АДР) для ЛИА и СК. Проблема расширения окна термодинамической устойчивости электролитов.	6	10	-	26	ПК-1
3	Методы синтеза $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ . Наноструктурированные материалы в технологии ЛИА и СК, как новый этап в технологии развития ХИТ. ЛИА нового поколения.	8	12	-	26	ПК-1 ПК-2
4	Оливинообразные и шпинельные структуры катодных материалов, особенности структуры и свойств. Циклируемость различных структур, влияние структуры на циклический ресурс ЛИА.	8	12	-	26	ПК-1 ПК-2
5	Особенности производства наноразмерных и микронных катодных и анодных материалов. Система $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ - $\text{LiFePO}_4$ , возможность использования в этой системе простых электролитов.	8	12	-	26	ПК-1
	Подготовка к экзамену				7	

#### 4.2. Занятия лекционного типа

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1.	Межслоевые соединения графита (МСС). История создания ЛИА. Значение МСС в технологии ЛИА. Структура углерода, применяемого в технологии ЛИА. Методы синтеза углерода, применяемого в технологии ЛИА и СК. $\text{LiCoO}_2$ , методы синтеза, электрохимическое поведение, достоинства и недостатки. Циклирование и управление ЛИА. Анодные материалы для ЛИА: углерод, кремний, кремний-углеродные композиции, металлические материалы. Альтернативные $\text{LiCoO}_2$ катодные материалы (обзор).	6	Лекция- беседа
2.	Апротонные диполярные электролиты (АДР) для ЛИА и СК. Окно термодинамической устойчивости (АДР) для ЛИА и СК. Проблема расширения окна термодинамической устойчивости электролитов.	6	Лекция- беседа
3.	Методы синтеза $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ . Наноструктурированные материалы в технологии ЛИА и СК, как новый этап в технологии развития ХИТ. ЛИА нового поколения. Методы синтеза катодных материалов, применяемые в технологии ЛИА: твердофазный метод, золь-гель метод, гидротермальный метод в сверхкритических условиях. Синтез через расплав	8	Лекция- беседа
4.	Оливинообразные и шпинельные структуры катодных материалов, особенности структуры и свойств. Циклируемость различных структур, влияние структуры на циклический ресурс ЛИА	8	Лекция- беседа
5.	Особенности производства наноразмерных и микронных катодных и анодных материалов. Система $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ - $\text{LiFePO}_4$ , возможность использования в этой системе простых электролитов	8	Лекция- беседа

#### 4.3. Занятия семинарского типа

##### 4.3.1. Семинары, практические занятия

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы		Инновационная форма
		всего	в т.ч. на практическую подготовку	

1	Межслоевые соединения графита (МСС). Значение МСС в технологии ЛИА. Методы синтеза углерода, применяемого в технологии ЛИА и СК. $\text{LiCoO}_2$ , методы синтеза, электрохимическое поведение, достоинства и недостатки.	8	2	Групповая научная дискуссия
2	Циклирование и управление ЛИА. Безопасность ЛИА и СК, пути решения проблемы. Методы повышения пожаро взрыво безопасности ЛИА	10	2	Групповая научная дискуссия
3	Методы синтеза $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ . Синтез наноструктурированных материалы в технологии ЛИА, как новый этап в технологии развития ХИТ. Синтез нанопористого углерода из карбидов. Структура, свойства, нанопористого углерода, перспективы использования в технологии СК. Твердофазный синтез электрохимически активных материалов для ЛИА.	12	3	Групповая научная дискуссия
4	Золь-гель синтез электрохимически активных материалов для ЛИА. Гидротермальный синтез катодных материалов. Методы тестирования электрохимической активности катодных и анодных материалов для ЛИА.	12	3	Групповая научная дискуссия
5	Изучение методов кондиционирования воздушной среды в рабочей зоне производства ЛИА. Изучение методов приготовления активных масс ЛИА. Изучение технологии намазки и прокатки электродов.	12	3	Групповая научная дискуссия

#### 4.3.2. Лабораторные занятия

Учебным планом не предусмотрены

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Оценка современного состояния проблемы синтеза оливинообразных или шпинельных структур (по согласованию с преподавателем) для ЛИА по базам eLIBRARY.RU, Scopus.	21	Устный опрос
2	Современные методы синтеза $\text{LiFePO}_4$ покрытий, полученных в присутствии дисперсной фазы с их физико-химическими свойствам.	27	Устный опрос
3	Апротонные диполярные растворители в литиевых ХИТ и ЛИА	28	Устный опрос
4	Кремний-углеродные композиции, как аноды для ЛИА	28	Устный опрос
5	Перспективы использования кремния в ЛИА нового поколения	27	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: <http://media.technolog.edu.ru>

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

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («зачтено») освоения предусмотренных элементов компетенций. Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в виде экзамена в устной форме. К сдаче экзамена допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и включает 3 вопроса из различных тем пройденного материала. Время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1.

### **Вариант № 1**

1. Почему для ЛИА возможно циклирование со скоростью 40С?
2.  $\text{LiCoO}_2$ , электрохимическое поведение, достоинства и недостатки.
3. Золь-гель синтез катодных материалов.

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

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

### **а) печатные издания**

1. Теоретическая электрохимия : учебник для вузов по направлению подготовки «Химическая технология» / А. Л. Ротинян, К.И. Тихонов, И.А. Шошина, А.И. Тимонов. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Студент, 2013. - 496 с. – ISBN 978-5-4363-0047-4

2. Салем, Р.Р. Теоретическая электрохимия: Начала теории / Р. Р. Салем. - 2-е изд. - Москва : Вузовская книга, 2006. - 326 с. – ISBN 5-9502-0229-5

3. Дамаскин, Б. Б. Электрохимия : учебник по направ. 510500 «Химия» и спец. 011000 «Химия» / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. - 2-е изд., испр. и перераб. - Москва : Химия, 2008. - 670 с. : – ISBN 978-598109-064-6 («Химия»)

4. Агафонов, Д.В. Никель-кадмиевые аккумуляторы : Практикум / Д. В. Агафонов, М. А. Микрюкова, Н. В. Евреинова ; СПбГТИ(ТУ). Кафедра технологии электрохимических производств. - СПб. : [б. и.], 2016. - 16 с.

5. Микрюкова, М. А. Литий-ионные аккумуляторы и суперконденсаторы : Практикум / М. А. Микрюкова, Д. В. Агафонов, Н. В. Евреинова ; СПбГТИ(ТУ). Кафедра технологии электрохимических производств. - СПб. : [б. и.], 2016. - 37 с.

### **б) электронные издания**

1. Козадеров, О. А. Современные химические источники тока : учебное пособие по основным образовательным программам высшего образования уровня магистратура и специалитет / О. А. Козадеров, А. В. Введенский. - 3-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань,

2021. - 132 с. – ISBN 978-5-8114-2121-3 : // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.04.2021). - Режим доступа: по подписке.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.**

1. Библиотека Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) университета - <http://bibl.lti-gti.ru>
2. Российская государственная библиотека - [www.rsl.ru](http://www.rsl.ru)
3. Российская национальная библиотека - [www.nlr.ru](http://www.nlr.ru)
4. Библиотека Академии наук - [www.rasl.ru](http://www.rasl.ru)
5. Библиотека по естественным наукам РАН - [www.benran.ru](http://www.benran.ru)
6. Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ) - [www.viniti.ru](http://www.viniti.ru)
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека - [www.gpntb.ru](http://www.gpntb.ru)
8. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - [elibrary.ru](http://elibrary.ru)
9. Реферативная база данных научных публикаций Web of Science - [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com)
10. Электронно-библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>
11. Интернет-портал мир гальваники <http://galvanicworld.com>
12. Гальванические покрытия <http://www.galvan.ru/?q=node/63>
13. Практические пособия по гальванике <http://www.galvanicworld.com/practicals/>
14. Химические источники тока <http://www.powerinfo.ru>

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

Все виды занятий по дисциплине «Инновационные процессы функциональной гальванотехники» 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.

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 приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

В ходе лекционных занятий магистранту необходимо готовить конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Провести проверку терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.

Аудиторная часть курса должна сопровождаться интенсивной самостоятельной работой магистрантов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет по всем разделам дисциплины. Планирование времени для изучения дисциплины необходимо осуществлять на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал,

законспектированный на лекциях, необходимо в рамках внеаудиторной самостоятельной работы регулярно дополнять сведениями из литературных источников, приведенных в разделе 7 настоящей программы. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, требующих запоминания и необходимых для освоения следующих разделов учебной дисциплины. Для расширения и углубления знаний по учебной дисциплине необходимо активно использовать информационные ресурсы сети Интернет.

Для работы на практических занятиях необходимы: проработка рабочей программы, уделив особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины, и конспектирование источников, а также изучение конспекта лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и просмотр рекомендуемой литературы.

Промежуточная аттестация по дисциплине – в виде экзамена в устной форме (включает 3 вопроса из различных тем пройденного материала). Результаты экзамена включаются в приложение к диплому.

## **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, видеоматериалов;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

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

Представление лекционного материала и проведение практических занятий:

ОС – не ниже MS Windows XP SP3  
MS PowerPoint 97 и выше

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

1. ЭБ "Библиотех" СПбГТИ(ТУ) (доступ к сайту библиотеки);
2. Информационно-справочные поисковые системы и БД в сети Интернет; ЭБС «Лань»
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <http://elibrary.ru>

## **11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Реализация программы учебной дисциплины не предполагает наличия специализированного учебного кабинета при условии соответствия учебных кабинетов санитарным нормам, а его оборудования – изложенным ниже требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.
5. Комплект презентаций и видеофильмов по дисциплине.

Практические занятия проводятся в учебном кабинете, отвечающем санитарным нормам, а его оборудование – следующим требованиям:

1. Учебная аудитория на 10 и более мест
2. Персональный компьютер.
3. Мультимедиа-проектор (разрешение не хуже 1024×758).
4. Стационарный или переносной проекционный экран.

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

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допущенные по медицинским показаниям к обучению по направлениям подготовки 18.04.01 Химическая технология, изучают дисциплину в полном объеме. Учебный процесс осуществляется в соответствии с "Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья ФГБОУ ВПО СПбГТИ(ТУ)", утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по дисциплине  
«Синтез и свойства электрохимически активных материалов литий-ионных  
аккумуляторов и суперконденсаторов»**

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

<b>Индекс компетенции</b>	<b>Содержание</b>	<b>Этап формирования</b>
<b>ПК-1</b>	Способен планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать, применять методы математического анализа и моделирование, теоретического и экспериментального исследования	промежуточный
<b>ПК-2</b>	Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции	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)
ПК-1.5 Способность использовать широкий спектр методов синтеза и анализа свойств материалов для ЛИА и СК	Знает проблему вторичного ХИТ с литиевым анодом и возможность решения этой проблемы с помощью межслоевых соединений графита. (ЗН-1)	Ответы на вопросы № 1-6	Имеет представления о физических и химических принципах, лежащих в основе процесса интеркаляции-деинтеркаляции	Знает физические и химические принципы, образования межслоевых соединений графита лежащих в основе процесса интеркаляции-деинтеркаляции	Знает и применяет физические и химические принципы, лежащие в основе образования межслоевых соединений графита лежащих в основе процесса интеркаляции-деинтеркаляции
	Умеет синтезировать катодные материалы для ЛИА различными методами. (ЗН-2). методикой поиска нормативной документацией, стандартов и технических условий новых материалов и изделий (Н-1)	Ответы на вопросы №№ 16-19	Имеет представление об основных синтезах электрохимически активных материалов для ЛИА	Имеет представление об основных синтезах электрохимически активных материалов для ЛИА включая суперфлюидные синтезы	Знает об основных синтезах электрохимически активных материалов для ЛИА включая суперфлюидные синтезы, умеет планировать и проводить синтезы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Знает проблему твёрдого электролита на поверхности углеродного анода ЛИА (ЗН-2) Умеет определять энергетические параметры ЛИА. (У-2).	Ответы на вопросы № 8,9,18,36 к экзамену	Имеет представление о проблеме твёрдого электролита	Умеет оценивать токовые затраты на формирование твёрдого электролита	Умеет оценивать токовые затраты на формирование твёрдого электролита понимает физико-химическую основу процесса
<b>ПК-2.6</b> Способность на практике реализовывать синтезы материалов, применяемых в технологии ЛИА	Знает методические особенности и оборудование для реализации широкого спектра синтезов, включая суперфлюидные (ЗН-3).	Ответы на вопросы №№ 16-23 к экзамену	Имеет представление о методических особенностях и оборудовании для синтеза материалов применяемых в технологии ЛИА	Знает методические особенности и оборудование для реализации различных синтезов применяемых в технологии ЛИА	Знает методические особенности и оборудование для реализации различных синтезов применяемых в технологии ЛИА
	Знает методы синтеза углеродных материалов, применяемых в технологии ЛИА и СК, перспективы развития литий-ионных аккумуляторов (ЛИА).	Ответы на вопросы №№ 16-23 к экзамену	Имеет представление о том, как проводить экспериментальные синтезы катодных материалов для ЛИА	Умеет проводить экспериментальные синтезы катодных материалов для ЛИА	Умеет проводить экспериментальные синтезы катодных материалов для ЛИА. Знает методы синтеза углеродных материалов для ЛИА и СК
	Владеет представлениями о альтернативных углероду анодных материалах для ЛИА нового поколения	Ответы на вопросы №№ 16-23 к экзамену	Имеет представление о титанате лития	Имеет представление о титанате лития и кремниевых анодах	Имеет представление о титанате лития и кремниевых анодах и композитах кремний-углерод

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	Владеет методическими приемами перехода к наноразмерным частицам катодных и анодных материалов понимает их влияние на электрохимическое поведение ЛИА (Н-2) Умеет оценивать влияние наноразмерности различных структур катодных и анодных материалов на потребительские свойства ЛИА. (У-3)	Ответы на вопросы №№-7,11, 16 30-33 к экзамену	Имеет представление о влиянии наноразмерности на поведение ЛИА (Н-2).	Имеет представление о влиянии наноразмерности на поведение ЛИА, о изготовлении электродов ЛИА, как наноразмерных композитов (Н-2).	Имеет представление о влиянии наноразмерности на поведение ЛИА, о изготовлении электродов ЛИА, как наноразмерных композитов , о влиянии наноразмерности на потребительские свойства (Н-2).
	Владеет математическим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных (Н-3)	Ответы на вопросы №№ № 7-11, 16, 30-33, 41 - 43к экзамену	Имеет представление о путях управления математическим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных	Владеет методами управления математическим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных	Владеет и применяет на практике методы управления математическим аппаратом обработки и анализа экспериментальных данных

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ (ТУ): промежуточная аттестация проводится в форме **экзамена**. Критерии оценивания – «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично» приведены в таблице 2.

Оценка «не удовлетворительно» ставится, если ответ студента не передает содержание проблемы, не демонстрирует умение выделять главное, существенное, ответ носит краткий, неглубокий, поверхностный характер.

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

1. Проблема вторичного ХИТ с литиевым анодом.
2. Межслоевые соединения графита.
3. Литий-ионный аккумулятор первого поколения.
4.  $\text{LiCoO}_2$ , электрохимическое поведение, достоинства и недостатки.
5. Золь-гель синтез катодных материалов для ЛИА.
6. Альтернативные углероду анодные материалы для ЛИА.
7. Альтернативные  $\text{LiCoO}_2$  катодные материалы, сравнение, достоинства и недостатки.
8. Электролиты и добавки к электролитам для ЛИА и СК.
9. Твердофазный синтез катодных материалов для ЛИА.
10. Конструктивное исполнение ЛИА и СК.
11. Наноструктурированные материалы в технологии ЛИА и СК.
12. Оливинообразные структуры катодных материалов.
13. Шпинельные структуры катодных материалов.
14. Смешанные оксиды, как катодные материалы ЛИА.
15. Гидротермальный синтез катодных материалов для
16. Назначение патентного поиска
17. Порядок получения патента
18. Назначение патентного поиска
19. Порядок получения патента
20. Роль прокатки в технологии изготовления ЛИА и СК.
21. Основные требования к сепараторам ЛИА и СК.
22. Почему в технологии ЛИА используются катодные и анодные материалы с низкой электронной и ионной проводимостью?
23. Почему при заряде ЛИА на первом цикле затрачивается большее количество электричества, чем на последующих.
24. Назовите основные трудности при использовании кремния в качестве анода ЛИА.
25. Золь-гель синтез катодных материалов.
26. Назовите основные достоинства и недостатки  $\text{LiCoO}_2$ .
27. Почему  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$  имеет ограниченные области применения?
28. Какими преимуществами по сравнению с  $\text{LiCoO}_2$  обладает  $\text{LiFePO}_4$ ?
29. Почему для ЛИА возможно циклирование со скоростью 40С?
30. Какие углеродные материалы являются наиболее перспективными для СК?
31. Почему  $\text{LiNiPO}_4$  не используется в современных ЛИА?
32. Синтез смешанных оксидов.
33. Назовите основные методы снижения пожаро и взрывоопасности ЛИА с катодом  $\text{LiCoO}_2$ .
34. Какие полимеры могут использоваться при приготовлении активных масс ЛИА и СК, назовите основные требования к ним.
35. В чём заключается основная заслуга создателей классического ЛИА С -  $\text{LiCoO}_2$ ?
36. Почему циклический ресурс ЛИА с углеродным анодом ниже, чем циклический ресурс ЛИА с анодом из  $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ ?
37. Межслоевые соединения графита (МСС), их роль в создании ЛИА.
38. Основные реакции при заряде и разряде классической системы ЛИА.
39. Перспективные катодные материалы для ЛИА нового поколения.
40. Перспективные анодные материалы для ЛИА нового поколения.
41. Образование твёрдого электролита (SIE) при циклировании углеродного анода ЛИА.
42. Синтез нанопористого углерода из карбида титана.
43. Гибридные суперконденсаторы, какие катодные материалы в них используются.

К экзамену допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче экзамена, студент получает билет с 3 вопросами из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

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

1. Положение о формах, периодичности и порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в СПбГТИ(ТУ) (Утв. Приказом ректора СПбГТИ(ТУ) от 12.12.2014 № 463).

2. СТО СПбГТИ 039-2013. Магистратура. Общие требования./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.01.2013.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013.- 25 с.

3. СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. Порядок организации и проведения зачётов и экзаменов./ СПбГТИ(ТУ).- Введ. с 01.06.2015. - СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2015.- 45 с.