

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Фотоэлектрохимия

**Код модуля**  
1153997

**Модуль**  
Химические преобразователи энергии

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Останина Татьяна Николаевна	доктор химических наук, профессор	Профессор	технологии электрохимических производств

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

С.А. Иванченко

**Авторы:**

- **Останина Татьяна Николаевна, Профессор, технологии электрохимических производств**

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Фотоэлектрохимия**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет	
4.	Текущая аттестация	Коллоквиум	2
		Домашняя работа	1

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Фотоэлектрохимия**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-4 -Способен разрабатывать технические объекты, системы и технологические процессы в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений	Д-1 - Демонстрировать креативное мышление, творческие способности З-1 - Объяснить основные принципы функционирования разрабатываемых технических объектов, систем, технологических процессов З-2 - Изложить принципы расчета экономической эффективности предложенных технических решений З-3 - Привести примеры сравнения предложенных решений с мировыми аналогами З-4 - Описать основные подходы к оценке экологических и социальных	Домашняя работа Зачет Коллоквиум № 1 Коллоквиум № 2 Лабораторные занятия Лекции

	<p>последствий внедрения инженерных решений</p> <p>П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов в своей профессиональной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных ограничений</p> <p>У-1 - Предложить нестандартные варианты разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p> <p>У-2 - Доказать научно-техническую и экономическую состоятельность и конкурентоспособность предложенных инженерных решений</p> <p>У-3 - Оценить экологические и социальные риски внедрения предложенных инженерных решений</p> <p>У-4 - Провести всесторонний анализ принятых инженерных решений для выполнения разработки технических объектов, систем, в том числе информационных, и технологических процессов</p>	
<p>ПК-4 -Способность осуществлять выбор электродных материалов для химических источников тока на основе экспериментальных данных, проводить испытания электродных материалов, делать оценку их свойств</p>	<p>З-1 - Описывать современные электродные материалы для ХИТ, их свойства и методы получения</p> <p>П-1 - Иметь практический опыт планирования, организации и проведения испытаний электродных материалов ХИТ для оценки их свойств</p> <p>У-1 - Анализировать результаты исследований и обосновывать выбор новых электродных материалов для химических источников тока</p>	<p>Домашняя работа</p> <p>Зачет</p> <p>Коллоквиум № 1</p> <p>Коллоквиум № 2</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p>

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.50</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	3,18	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – <b>0.40</b>		
Промежуточная аттестация по лекциям – <b>зачет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – <b>0.60</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – <b>не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – <b>не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – 0.50</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>коллоквиум</i>	3,18	10
<i>коллоквиум</i>	3,18	10
<i>ЛР4. Сенсibilизированные красителем солнечные элементы на основе диоксида титана</i>	3,18	15
<i>ЛР3. Синтез оксидных полупроводниковых фотокатализаторов и исследование их свойств</i>	3,18	15
<i>ЛР2. Фотозлектрохимическое расщепление воды</i>	3,18	25
<i>ЛР1. Фотозлектрохимия допированного кремния в различных средах</i>	3,18	25
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – <b>1.00</b>		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – <b>нет</b>		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – <b>не предусмотрено</b>		

<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

**Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

**5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

**5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

**5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

**5.1.2. Лабораторные занятия**

Примерный перечень тем

1. Фотоэлектрохимия допированного кремния в различных средах
2. Фотоэлектрохимическое расщепление воды

3. Синтез оксидных полупроводниковых фотокатализаторов и исследование их свойств
  4. Сенсibilизированные красителем солнечные элементы на основе диоксида титана
- LMS-платформа – не предусмотрена

## **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### **Базовый**

#### **5.2.1. Коллоквиум № 1**

Примерный перечень тем

1. Синтез фотокатализаторов

Примерные задания

Сделать анализ литературных данных по вопросам, касающимся электрических и фоточувствительных свойств полупроводников.

Список вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Характеристика свойств полупроводников. Механизм проводимости полупроводников

2. Понятие фотопотенциала и фототока.

3. Фоточувствительность полупроводников

4. Химические методы синтеза полупроводников

5. Методы синтеза кремния.

6. Способы допирования кремния.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.2. Коллоквиум № 2**

Примерный перечень тем

1. Фотоэлектрохимические элементы

Примерные задания

Обобщить современные представления о фотоэлектрохимических элементах и способах их функционирования.

Список вопросов для подготовки к коллоквиуму

1. Особенности полупроводника, как электродного материала: область пространственного заряда, наличие двух типов свободных носителей.

2. Особенности кинетики электрохимических реакций на полупроводниковых электродах. Две части общего перенапряжения процесса.

3. Основы описания фотоэлектрохимических реакций на полупроводниках

4. Фотоэлектрохимический элемент, в котором на катоде и аноде протекают обратимые реакции.

5. Фотоэлектрохимический элемент, в котором происходит разложение воды

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.3. Домашняя работа**



## Примерный перечень тем

### 1. Свойства полупроводников

#### Примерные задания

1. Вычислить удельную проводимость полупроводника  $\sigma$  при  $T=300\text{K}$ , используя данные таблицы.

Тип Полупро- водник	n-тип						Тип Полупро- водник	p-тип					
	Ge	Ge	Si	Si	GaAs	GaAs		Ge	Ge	Si	Si	GaAs	GaAs
Вариант	а	б	в	г	д	е	Вариант	ж	з	и	к	л	м
$-(E_F - E_C)$ , эВ	0.239	0.162	0.265	0.188	0.157	0.080	$-(E_V - E_F)$ , эВ	0.228	0.151	0.239	0.162	0.235	0.158
$\mu_n$ , $\text{cm}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$	4200	3600	1400	1100	7200	6000	$\mu_p$ , $\text{cm}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$	190	140	460	400	360	300
$m_n$	0.56		1.08		0.067		$m_p$	0.42		0.56		0.5	

2. Для Ge полупроводника определить частоту излучения и длину волны, необходимые для фотовозбуждения и генерации пар электрон-пазон.

При решении учитывать, что энергия кванта должна быть равна или превышать ширину запрещенной зоны полупроводника:  $h\nu \geq \Delta E_g$ .

Длина волны – величина обратно пропорциональная частоте:  $\lambda = c/\nu$ .

Сделать вывод, в каком диапазоне длин волн возможна генерация дополнительных носителей в заданном полупроводнике, возможно ли фотовозбуждение под действием солнечного света.

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

#### 5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. Предмет и объекты изучения фотоэлектрохимии. Процессы, обусловленные фотовозбуждением электрода и процессы, обусловленные фотовозбуждением раствора
2. Фотопотенциал и фототок. Фотоэлектрохимические элементы. Преимущества фотоэлектрохимических полупроводниковых преобразователей солнечной энергии. Особенности полупроводника, как электродного материала
3. Классификация веществ по электрофизическим свойствам: металлы, полупроводники и диэлектрики. Основные признаки полупроводников
4. Виды полупроводников: элементные полупроводники и химические соединения. Бинарные и тройные полупроводники
5. Зонная теория твердого тела. Энергетические зоны полупроводника. Валентная зона, зона проводимости уровень Ферми. Ширина запрещенной зоны
6. Проводимость полупроводников. Собственная проводимость. Примесная проводимость (полупроводники n-типа и p-типа)
7. Механизм проводимости полупроводников. Генерация носителей заряда. Рекомбинация. Равновесные носители заряда. Вырождение полупроводников

8. Граница раздела фаз полупроводник/раствор. Изгиб энергетических зон на границе полупроводник/вакуум при зарядении полупроводника. Потенциал поверхности полупроводника по отношению к его объему. Выравнивание уровней Ферми при контакте двух фаз

9. Уровни энергии и электрохимический потенциал в растворе. Особенности полупроводника, как электродного материала: область пространственного заряда, наличие двух типов свободных носителей. Формирование обедненного слоя

10. Двойной электрический слой на границе раздела полупроводник/электролит: падение потенциала в ОПЗ полупроводника; падение потенциала в плотном слое Гельмгольца; падение потенциала в слое Гуи-Чапмена (диффузный слой)

11. Особенности кинетики электрохимических реакций на полупроводниковых электродах. Две части общего перенапряжения процесса. Условия протекания катодной и анодной реакций

12. Фоточувствительность полупроводников. Два пути генерации носителей: собственное и примесное фотовозбуждение

13. Условие генерации носителей при фотовозбуждении. «Красная граница фотоэффекта»

14. Основы описания фотоэлектрохимических реакций на полупроводниках. Разделение зарядов и образование обедненного слоя – важные функции полупроводников в элементах по преобразованию солнечной энергии

15. Фотоэлектрохимический элемент, в котором на катоде и аноде протекают обратимые реакции

16. Фотоэлектрохимический элемент, в котором происходит разложение воды. Общие черты фотоэлектрохимических процессов, лежащих в основе элементов для преобразования световой энергии в электрическую и химическую

17. Типы фотоэлектрохимических реакций и классификация элементов для преобразования энергии света: фотоэлектрохимические элементы регенеративного типа, элементы для фотоэлектросинтеза (фотоэлектролиз и фотокатализ)

18. Элементы для фотоэлектролиза воды. Условия самопроизвольного фотоэлектролиза воды. Энергетические потери. Оптимальная ширина запрещенной зоны. Пути повышения эффективности фотоэлектролиза воды

19. Коэффициент полезного действия устройства для преобразования солнечной энергии в электрическую или химическую. Коэффициенты, учитывающие различные виды потерь

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности**

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.