

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Закономерности электрохимических превращений

**Код модуля**  
1158110

**Модуль**  
Специальные разделы термодинамики и кинетики  
физико-химических систем

**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	Никитин Вячеслав Сергеевич	кандидат химических наук, без ученого звания	Старший преподаватель	технологии электрохимических производств
2	Рудой Валентин Михайлович	доктор химических наук, профессор	Профессор	технологии электрохимических производств

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

С.А. Иванченко

**Авторы:**

- Никитин Вячеслав Сергеевич, Старший преподаватель, технологии электрохимических производств
- Рудой Валентин Михайлович, Профессор, технологии электрохимических производств

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Закономерности электрохимических превращений**

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

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Закономерности электрохимических превращений**

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-1 -Способен формулировать и решать научно-исследовательские, технические, организационно-экономические и комплексные задачи, применяя фундаментальные знания	З-1 - Соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и общеинженерных наук З-2 - Привести примеры терминологии, принципов, методологических подходов и законов фундаментальных и общеинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания П-1 - Работая в команде, разрабатывать варианты формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Домашняя работа № 3 Домашняя работа № 4 Лабораторные занятия Лекции Экзамен

	<p>экономических и комплексных задач, применяя знания фундаментальных и общетехнических наук</p> <p>У-1 - Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и общетехнических наук</p> <p>У-2 - Критически оценить возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и общетехнических наук</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>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>домашняя работа 1. Расчеты стандартных потенциалов электрохимических реакций по термодинамическим данным</i>	1,18	25
<i>домашняя работа 2. Определение энергии активации электрохимического процесса</i>	1,18	25
<i>домашняя работа 3. Определение кинетических параметров электродного процесса при стадийной передаче электронов</i>	1,18	25
<i>домашняя работа 4. Расчет характеристик электрохимического процесса по параметрам эквивалентной схемы</i>	1,18	25
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.40</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.60</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях</b>	<b>Сроки – семестр,</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>

	учебная неделя	
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.50</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>ЛР1. Измерение ЭДС электрохимической системы</i>	1,18	25
<i>ЛР2. Смешанная кинетика</i>	1,18	25
<i>ЛР3. Перенапряжение выделения водорода</i>	1,18	25
<i>ЛР4. Измерение и интерпретация импеданса медного электрода в растворе сульфата меди</i>	1,18	25
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

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

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

## 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**

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
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. Измерение ЭДС электрохимической системы
  2. Смешанная кинетика
  3. Перенапряжение выделения водорода
  4. Измерение и интерпретация импеданса медного электрода в растворе сульфата меди
- 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. Домашняя работа № 1**

Примерный перечень тем

1. Расчеты стандартных потенциалов электрохимических реакций по термодинамическим данным

Примерные задания

### Пример задания на ДР №1

По термодинамическим данным вычислить стандартный потенциал для электродов первого и второго рода. Произведение растворимости труднорастворимого соединения, указанного в задании необходимо найти в справочнике.

#### Задания для домашней работы

№	Электрод первого рода	Электрод второго рода	
1	<u>Li</u> <sup>+</sup> / <u>Li</u>	<u>Cr</u> <sup>3+</sup> / <u>Cr</u>	<u>Cr(OH)</u> <sub>3</sub>
2	<u>K</u> <sup>+</sup> / <u>K</u>	<u>Fe</u> <sup>3+</sup> / <u>Fe</u>	<u>Fe(OH)</u> <sub>3</sub>
3	<u>Mg</u> <sup>2+</sup> / <u>Mg</u>	<u>Mn</u> <sup>2+</sup> / <u>Mn</u>	<u>Mn(OH)</u> <sub>2</sub>
4	<u>Ag</u> <sup>+</sup> / <u>Ag</u>	<u>Co</u> <sup>3+</sup> / <u>Co</u>	<u>Co(OH)</u> <sub>3</sub>
5	<u>Zn</u> <sup>2+</sup> / <u>Zn</u>	<u>Co</u> <sup>2+</sup> / <u>Co</u>	<u>Co(OH)</u> <sub>2</sub>
6	<u>Ca</u> <sup>2+</sup> / <u>Ca</u>	<u>Cu</u> <sup>+</sup> / <u>Cu</u>	<u>Cu</u> <sub>2</sub> <u>Cl</u> <sub>2</sub>
7	<u>Cd</u> <sup>2+</sup> / <u>Cd</u>	<u>Cu</u> <sup>2+</sup> / <u>Cu</u>	<u>Cu(OH)</u> <sub>2</sub>
8	<u>Na</u> <sup>+</sup> / <u>Na</u>	<u>Fe</u> <sup>2+</sup> / <u>Fe</u>	<u>FeC</u> <sub>2</sub> <u>O</u> <sub>4</sub>
9	<u>Rb</u> <sup>+</sup> / <u>Rb</u>	<u>Tl</u> <sup>3+</sup> / <u>Tl</u>	<u>Tl(OH)</u> <sub>3</sub>
10	<u>Pb</u> <sup>2+</sup> / <u>Pb</u>	<u>Sn</u> <sup>2+</sup> / <u>Sn</u>	<u>Sn(OH)</u> <sub>2</sub>
11	<u>Cs</u> <sup>+</sup> / <u>Cs</u>	<u>Cr</u> <sup>2+</sup> / <u>Cr</u>	<u>Cr(OH)</u> <sub>2</sub>

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Определение энергии активации электрохимического процесса

Примерные задания



Пример задания на ДР № 2

Определить энергию активации  $A_0$  и коэффициент переноса  $\alpha$  катодного процесса.

Катодный ток считать положительным.



$\eta$ , В	Значения плотности тока $i$ (А / м <sup>2</sup> ) при разных температурах, К		
	300	310	320
-0,05	$2,767 \cdot 10^{-3}$	$4,817 \cdot 10^{-3}$	$8,098 \cdot 10^{-3}$
-0,07	$3,921 \cdot 10^{-3}$	$6,748 \cdot 10^{-3}$	$1,123 \cdot 10^{-2}$
-0,09	$5,555 \cdot 10^{-3}$	$9,454 \cdot 10^{-3}$	$1,556 \cdot 10^{-2}$
-0,11	$7,870 \cdot 10^{-3}$	$1,324 \cdot 10^{-2}$	$2,157 \cdot 10^{-2}$
-0,13	$1,115 \cdot 10^{-2}$	$1,855 \cdot 10^{-2}$	$2,991 \cdot 10^{-2}$
-0,15	$1,580 \cdot 10^{-2}$	$2,599 \cdot 10^{-2}$	$4,146 \cdot 10^{-2}$
-0,17	$2,238 \cdot 10^{-2}$	$3,641 \cdot 10^{-2}$	$5,747 \cdot 10^{-2}$
-0,19	$3,171 \cdot 10^{-2}$	$5,101 \cdot 10^{-2}$	$7,967 \cdot 10^{-2}$
-0,21	$4,492 \cdot 10^{-2}$	$7,147 \cdot 10^{-2}$	$1,104 \cdot 10^{-1}$
-0,23	0,064	0,100	0,153
-0,25	0,090	0,140	0,212
-0,27	0,128	0,1965	0,294
-0,29	0,181	0,275	0,408
-0,31	0,256	0,386	0,565
-0,33	0,363	0,540	0,784
-0,35	0,515	0,757	1,086

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.3. Домашняя работа № 3

Примерный перечень тем

1. Определение кинетических параметров электродного процесса при стадийной передаче электронов

Примерные задания

### Пример задания на ДР №3

По данным поляризационных измерений, приведенных в таблицах, выявить наличие стадийного переноса электронов. Рассчитать токи обмена и коэффициенты переноса. Указать какие результаты являются более точными.

Результаты поляризационных измерений:

Анодная кривая		Катодная кривая	
$\eta$ , В	$i$ , А / см <sup>2</sup>	$\eta$ , В	$i$ , А / см <sup>2</sup>
0	0	0	0
0,01	$8,98 \cdot 10^{-7}$	-0,03	$1,28 \cdot 10^{-6}$
0,03	$5,20 \cdot 10^{-6}$	-0,05	$1,90 \cdot 10^{-6}$
0,05	$1,94 \cdot 10^{-5}$	-0,1	$4,23 \cdot 10^{-6}$
0,1	$3,78 \cdot 10^{-4}$	-0,2	$2,01 \cdot 10^{-5}$
0,15	$2,90 \cdot 10^{-3}$	-0,3	$9,57 \cdot 10^{-5}$
0,2	$7,03 \cdot 10^{-3}$	-0,4	$4,55 \cdot 10^{-4}$
0,25	$1,30 \cdot 10^{-2}$	-0,5	$2,16 \cdot 10^{-3}$
0,3	$2,33 \cdot 10^{-2}$	-0,6	$1,03 \cdot 10^{-2}$
		-0,7	$4,88 \cdot 10^{-2}$
		-0,8	$2,32 \cdot 10^{-1}$

LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.2.4. Домашняя работа № 4

Примерный перечень тем

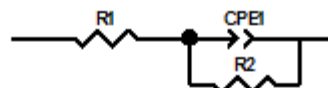
1. Расчет характеристик электрохимического процесса по параметрам эквивалентной схемы

Примерные задания

### Пример задания на ДР №4

Задание №1. По приведенным данным построить диаграмму  $Z'-Z''$  (Найквиста). Найти параметры эквивалентной схемы.

<i>Freq</i>	$Z'(a)$	$Z''(b)$	<i>Freq</i>	$Z'(a)$	$Z''(b)$
1000000	30,001	-0,00346	25,704	37,242	-14,343
812831	30,001	-0,00409	20,893	38,858	-16,485
660693	30,002	-0,00483	16,982	40,842	-18,834
537032	30,002	-0,0057	13,804	43,263	-21,362
436516	30,002	-0,00672	11,220	46,193	-24,016
354813	30,003	-0,00794	9,120	49,695	-26,714
288403	30,003	-0,00937	7,413	53,814	-29,341
234423	30,004	-0,01106	6,026	58,562	-31,757
190546	30,004	-0,01305	4,898	63,901	-33,802
154882	30,005	-0,0154	3,981	69,738	-35,316
125893	30,006	-0,01818	3,236	75,917	-36,168
102329	30,007	-0,02146	2,630	82,237	-36,28
83176,38	30,008	-0,02533	2,138	88,48	-35,639
67608,30	30,01	-0,02989	1,738	94,435	-34,307
54954,09	30,011	-0,03528	1,413	99,933	-32,402
44668,36	30,014	-0,04164	1,148	104,86	-30,078
36307,81	30,016	-0,04915	0,9333	109,16	-27,496
29512,09	30,019	-0,05801	0,7586	112,84	-24,806
23988,33	30,022	-0,06847	0,6166	115,93	-22,129
19498,45	30,026	-0,0808	0,5012	118,5	-19,558
15848,93	30,031	-0,09537	0,4074	120,6	-17,152
12882,50	30,037	-0,11255	0,3311	122,32	-14,948
10471,29	30,043	-0,13283	0,2692	123,71	-12,96
8511,38	30,051	-0,15675	0,2188	124,85	-11,189
6918,31	30,06	-0,18499	0,1778	125,77	-9,628
5623,41	30,071	-0,21829	0,1445	126,51	-8,2618
4570,88	30,084	-0,25759	0,1175	127,12	-7,0737
3715,35	30,1	-0,30395	0,0955	127,61	-6,0455
3019,95	30,118	-0,35863	0,0776	128,02	-5,159
2454,71	30,139	-0,42311	0,0631	128,35	-4,3972
1995,26	30,165	-0,49916	0,0513	128,62	-3,7441
1621,81	30,195	-0,58882	0,0417	128,85	-3,1854
1318,26	30,231	-0,6945	0,0339	129,04	-2,7082
1071,52	30,274	-0,81905	0,0275	129,19	-2,3011
870,96	30,324	-0,96579	0,0224	129,32	-1,9544
707,95	30,384	-1,1386	0,0182	129,43	-1,6592
575,44	30,456	-1,3421	0,0148	129,52	-1,4082
467,74	30,542	-1,5814	0,0120	129,6	-1,1948
380,19	30,644	-1,863	0,0098	129,66	-1,0135
309,03	30,767	-2,1938	0,0079	129,71	-0,85957
251,19	30,914	-2,5822	0,0065	129,76	-0,72889
204,17	31,091	-3,0377	0,0052	129,79	-0,61799
165,96	31,305	-3,5713	0,0043	129,83	-0,52391
134,90	31,564	-4,1953	0,0035	129,85	-0,4441
109,65	31,877	-4,9237	0,0028	129,88	-0,37643
89,125	32,26	-5,7719	0,0023	129,9	-0,31904
72,444	32,726	-6,7568	0,0019	129,91	-0,27039
58,884	33,298	-7,8962	0,0015	129,92	-0,22914
47,863	34	-9,2084	0,0012	129,94	-0,19418
38,905	34,864	-10,711	0,0010	129,95	-0,16454
31,623	35,929	-12,419			



LMS-платформа – не предусмотрена

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

#### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Методы классической термодинамики. Определение изменения свободной энергии и разности электродных потенциалов электрохимических систем
2. Производство энтропии как мера неравновесного состояния системы.

3. Прямые и перекрестные потоки. Соблюдение принципа Кюри при возникновении перекрестных эффектов
  4. Сопряженные и несопряженные термодинамические силы. Линейные феноменологические законы. Соотношения взаимности Онзагера
  5. Явления переноса, обусловленные электропроводностью растворов электролитов. Вывод закона Ома на основе принципов неравновесной термодинамики
  6. Диффузионная кинетика. Уравнение обратимой волны
  7. Стационарная диффузия к дисковому вращающемуся электроду
  8. Замедленный перенос заряда. Уравнение Тафеля и его интерпретация
  9. Смешанная кинетика. Энергия активации. Определение энергии активации
  10. Нестационарная диффузия. Хронопотенциометрия для обратимых и необратимых электродов
  11. Нестационарная диффузия. Хровольтамперометрия для обратимых и необратимых электродов
  12. Циклическая вольтамперометрия
  13. Метод Фарадеевского импеданса
  14. Диффузионные импедансы различного типа. Элемент постоянной фазы
  15. Сложные эквивалентные схемы
- 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.