

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой  
физической химии



д.х.н., доц. О.А. Козадеров

03.06.2025 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДВ.01.02 Химические источники тока**

1. Код и наименование направления подготовки: 04.03.01. Химия
2. Профиль подготовки: Химия
3. Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр
4. Форма обучения: очная
5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: 1004 физической химии
6. Составители программы: Крысанов Вячеслав Александрович, к.х.н., доц.
7. Рекомендована: НМС химического факультета от 27.03.25, протокол № 10-03
8. Учебный год: 2027-2028

**Семестр(ы): 5**

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Цель изучения дисциплины ознакомиться с физико-химическими основами процессов преобразования энергии.

Основные задачи курса:

- дать основы работы современных источников энергии, преобразования и аккумулирования различных видов энергии.

## 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Часть, формируемая участниками образовательных отношений блока 1. Дисциплины (модули).

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам: владеть основами теории фундаментальных разделов химии; способностью применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, иметь навыки самостоятельной обработки результатов измерений, необходимые для установления природы явления и определения его количественных характеристик.

## 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

Компетенция	Индикаторы		Планируемые результаты обучения
	Код	Название	
<b>ПК-1.</b> Способен проводить сбор, анализ и обработку научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации	<b>ПК-1.1</b>	Обеспечивает сбор научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач исследования, поставленных специалистом более высокой квалификации	<b>Знать:</b> теоретические основы экспериментальных методов изучения процессов электрохимической энергоконверсии <b>Уметь:</b> использовать теоретические основы электрохимической энергоконверсии при решении практических задач <b>Владеть:</b> основными методами электрохимической энергоконверсии и аккумулирования энергии
	<b>ПК-1.2</b>	Составляет аналитический обзор литературных источников по заданной тематике, оформляет отчеты о выполненных научно-исследовательских работах по заданной форме	<b>Знать:</b> основные источники научной информации о принципах и методах электрохимической энергоконверсии <b>Уметь:</b> анализировать результаты решения практических задач <b>Владеть:</b> навыками формулирования выводов по использованию электрохимических энергоконверсионных установок
<b>ПК-2.</b> Способен использовать современные экспериментальные и расчетно-теоретические методы для установления структуры и исследования реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой квалификации	<b>ПК-2.1</b>	Знает и может применять на практике современные экспериментальные методы для установления структуры химических соединений	<b>Знать:</b> методы установления структуры и синтеза материалов, используемых в процессе электрохимической энергоконверсии (в том числе наноматериалов) <b>Уметь:</b> использовать методы установления структуры и синтеза материалов для решения практических задач <b>Владеть:</b> основными методами электрохимической энергоконверсии для синтеза новых материалов
	<b>ПК-2.2</b>	Способен изучать реакционную способность химических соединений с применением типовых экспериментальных и расчетно-теоретических методов	<b>Знать:</b> источники получения научной информации о принципах и методах изучения реакционную способность химических соединений в ходе электрохимической энергоконверсии <b>Уметь:</b> анализировать знания для выбора экспериментальных и расчетно-теоретических методов при решении практических задач <b>Владеть:</b> навыками формулирования подходов по использованию научной информации для решения конкретных профессиональных задач

## 12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. 4 / 144

**Форма промежуточной аттестации:** зачет

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		1 семестр	
Аудиторные занятия	144	144	
в том числе:	лекции	36	36
	практические	36	36
	лабораторные	36	36
Самостоятельная работа	36	36	
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (зачет)			
Итого:	144	144	

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Теоретические основы электрохимического преобразования энергии	Электрохимические технологии для экологически чистого преобразования энергии. Принципы прямого преобразования энергии химических реакций в электрическую энергию в химических источниках тока. Основные типы химических источников тока (ХИТ): первичные (гальванические) элементы, аккумуляторы, топливные элементы. Термодинамика ХИТ. Электродный потенциал. Максимальное напряжение. Напряжение разомкнутой цепи. Рабочее напряжение. Поляризация в ХИТ (омическая, электрохимическая, концентрационная). Вольтамперная характеристика ХИТ.	МОOK «Современные химические источники тока» <a href="https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2">https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2</a>
1.2	Гальванические элементы	Первичные солевые и щелочные источники тока. Электрохимические и другие физико-химические процессы. Марганцево-цинковый солевой элемент. Марганцево-цинковый элемент с щелочным электролитом. Гальванические элементы с цинковым анодом. Литиевые гальванические элементы с твердым и жидким катодом. Резервные ХИТ. Металл-воздушные электрохимические технологии. Электрохимические процессы. Цинк-воздушные элементы с щелочным электролитом. Алюминий-воздушные элементы с солевым и щелочным электролитом. Магний-воздушный элементы с солевым электролитом. Литий-воздушная технология.	ЭУМК «Химические источники тока» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903</a>
1.3	Аккумуляторы	Свинцово-кислотный аккумулятор. Термодинамика электрохимических процессов. Побочные процессы. Поляризация. Компоненты аккумулятора. Особенности обслуживания. Переработка аккумуляторного лома. Никель-металлгидридные аккумуляторы. Электрохимические процессы. Перезаряд и глубокий разряд. Термодинамика гидрида металла на аноде. Кривые заряда/разряда. Особенности твердофазных процессов на катоде. Электролит. Литий-ионные аккумуляторы. Электрохимические процессы. Интеркаляция. Активные материалы	МОOK «Современные химические источники

		<p>анода и катода. Вольтамперные характеристики. Особенности заряда и разряда. Аккумуляторы для крупномасштабного хранения энергии. Жидкометаллические аккумуляторы. Система натрий-серы. Электрохимические процессы. Проточные аккумуляторы. Ванадиевые редокс-батареи. Электрохимические процессы. Электроды. Ионообменные мембранны. Электролит.</p>	<p>toka»  <a href="https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2">https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2</a></p>
1.4	Электрохимические суперконденсаторы	<p>Принцип действия электрического конденсатора. Емкость. Электрохимические конденсаторы (ионисторы). Идеальные ионисторы. Гибридные ионисторы. Псевдоконденсаторы. Двойнослойные суперконденсаторы и аккумуляторы: сравнение.</p>	<p>ЭУМК «Химические источники тока»  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903</a></p>
1.5	Водородная энергетика. Топливные элементы	<p>Производство водорода. Риформинг. Паровая конверсия. Частичное окисление. Автотермический риформинг. Газификация. Анаэробное разложение. Электролиз воды. Термодинамика и кинетика. Щелочной электролиз мембранный электролиз. Сжатие, очистка и хранение водорода. Электролиз воды под давлением. Электрохимическое сжатие водорода. Электрохимическая экстракция водорода. Очистка водорода от окиси углерода. Хранение водорода в форме гидридов. Фотоэлектрохимический способ получения водорода. Преобразование солнечной энергии в электроэнергию. Фотохимическое и фотоэлектрохимическое преобразование солнечной энергии. Процессы в полупроводниковых фотоэлектрохимических элементах. Фотоэлектролиз. Энергоконверсия в биокаталитических системах. Термодинамика и кинетика топливных элементов (ТЭ). Принципы работы ТЭ. Преимущества и недостатки. напряжение топливного элемента. Активационное перенапряжение. Омические потери. Концентрационная поляризация. Вольтамперная характеристика. Твердополимерные топливные элементы. Электрохимические процессы. Электрокатализ. Электроды. Мембрана. Производительность. Топливные элементы прямого окисления жидкого топлива. Метанольный топливный элемент. Особенности электроокисления метанола. Мембранный электродный узел. Поляризационная кривая. Твердооксидные топливные элементы. Электрохимические реакции. Твердые электролиты. Механизмы электропроводности. Электроды. Производительность. Расплавные карбонатные топливные элементы. Электрохимические процессы. Материалы анода и катода. Электролит. Металлокерамическая матрица. Расплавы. Вольтамперная характеристика. Преимущества и недостатки. Классические и нестандартные топливные элементы. Фосфорно-кислотные топливные элементы. Щелочные топливные элементы. Биологические топливные элементы. Безмембранные топливные элементы. Однокамерные твердооксидные топливные элементы. Бескамерные твердооксидные топливные элементы. Твердооксидные топливные элементы с жидким оловянным анодом. Экологичность топливных элементов. Водород и глобальное потепление. Роль топливных элементов</p>	<p>ЭУМК «Химические источники тока»  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903</a></p>

		в изменении климата. Электрохимические технологии и загрязнение окружающей среды.	
<b>2. Практические занятия</b>			
1.1	Теоретические основы электрохимического преобразования энергии	Электрохимические технологии для экологически чистого преобразования энергии. Принципы прямого преобразования энергии химических реакций в электрическую энергию в химических источниках Термодинамика ХИТ. Электродный потенциал. Максимальное напряжение. Напряжение разомкнутой цепи. Рабочее напряжение. Поляризация в ХИТ (омическая, электрохимическая, концентрационная). Вольтамперная характеристика ХИТ.	МООК «Современные химические источники тока» <a href="https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2">https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2</a>
1.2	Гальванические элементы	Первичные солевые и щелочные источники тока. Электрохимические и другие физико-химические процессы. Марганцево-цинковый солевой элемент. Марганцево-цинковый элемент с щелочным электролитом. Гальванические элементы с цинковым анодом. Литиевые гальванические элементы с твердым и жидким катодом. Резервные ХИТ. Металл-воздушные электрохимические технологии. Электрохимические процессы. Цинк-воздушные элементы с щелочным электролитом. Алюминий-воздушные элементы с солевым и щелочным электролитом. Магний-воздушный элементы с солевым электролитом. Литий-воздушная технология.	ЭУМК «Химические источники тока» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903</a>
1.3	Аккумуляторы	Свинцово-кислотный аккумулятор. Термодинамика электрохимических процессов. Побочные процессы. Поляризация. Компоненты аккумулятора. Особенности обслуживания. Переработка аккумуляторного лома. Никель-металлгидридные аккумуляторы. Электрохимические процессы. Перезаряд и глубокий разряд. Термодинамика гидрида металла на аноде. Кривые заряда/разряда. Особенности твердофазных процессов на катоде. Электролит. Литий-ионные аккумуляторы. Электрохимические процессы. Интеркаляция. Активные материалы анода и катода. Вольтамперные характеристики. Особенности заряда и разряда. Аккумуляторы для крупномасштабного хранения энергии. Жидкометаллические аккумуляторы. Система натрий-серебро. Электрохимические процессы. Проточные аккумуляторы. Ванадиевые редокс-батареи. Электрохимические процессы. Электроды. Ионообменные мембранны. Электролит.	
1.4	Электрохимические суперконденсаторы	Принцип действия электрического конденсатора. Емкость. Электрохимические конденсаторы (ионисторы). Идеальные ионисторы. Гибридные ионисторы. Псевдоконденсаторы. Двойнослойные суперконденсаторы и аккумуляторы: сравнение.	
1.5	Водородная энергетика. Топливные элементы	Производство водорода. Риформинг. Паровая конверсия. Частичное окисление. Автотермический риформинг. Газификация. Анаэробное разложение. Электролиз воды. Термодинамика и кинетика. Щелочной электролиз мембранный электролиз. Сжатие, очистка и хранение водорода. Электролиз воды под давлением. Электрохимическое сжатие водорода. Электрохимическая экстракция водорода. Очистка водорода от окиси углерода. Хранение водорода в форме гидридов. Термодинамика и кинетика топливных элементов (ТЭ). Принципы работы ТЭ. Преимущества и	

		<p>недостатки. напряжение топливного элемента. Активационное перенапряжение. Омические потери. Концентрационная поляризация. Вольтамперная характеристика.</p> <p>Твердополимерные топливные элементы. Электрохимические процессы. Электрокатализ. Электроды. Мембрана. Производительность.</p> <p>Топливные элементы прямого окисления жидкого топлива. Метанольный топливный элемент. Особенности электроокисления метанола. Мембранный электродный узел. Поляризационная кривая.</p> <p>Твердооксидные топливные элементы. Электрохимические реакции. Твердые электролиты. Механизмы электропроводности. Электроды. Производительность.</p> <p>Экологичность топливных элементов. Водород и глобальное потепление. Роль топливных элементов в изменении климата. Электрохимические технологии и загрязнение окружающей среды.</p>	
--	--	--	--

### 3. Лабораторные занятия

3.1	Теоретические основы электрохимического преобразования энергии	Определение термодинамических констант равновесия окислительно-восстановительных реакций в твердых электролитах Определение предельной молярной электропроводности сильного электролита Определение чисел переноса ионов методом движущейся границы Определение чисел переноса ионов методом Гитторфа	<p>МООК «Современные химические источники тока»  <a href="https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2">https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2</a></p> <p>ЭУМК «Химические источники тока»  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=903">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=903</a></p>
3.2	Гальванические элементы	Реализация электрода I рода и определение стандартного потенциала Реализация электрода II рода и определение его стандартного потенциала Реализация окислительно-восстановительного электрода и определение его стандартного потенциала Напряжение химических цепей Измерение напряжения концентрационной цепи и определение диффузионного потенциала	
3.3	Аккумуляторы	Испытание щелочного аккумулятора Исследование электрических характеристик свинцовых аккумуляторов	
3.4	Электрохимические суперконденсаторы	Измерение емкости двойного электрического слоя на твердом электроде при помощи моста переменного тока Получение гальваниостатической кривой заряжения Pt(Pt)-электрода в серной кислоте Изучение влияния состава раствора на кривые заряжения платинированного платинового электрода	
3.5	Водородная энергетика. Топливные элементы	Газовый водородный электрод Электролиз водных растворов электролитов	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Теоретические основы электрохимического преобразования энергии	8	8	4	8	28
2	Гальванические элементы	8	8	12	10	38
3	Аккумуляторы	8	8	8	8	32

4	Электрохимические суперконденсаторы	4	2	4	4	14
5	Водородная энергетика. Топливные элементы	8	10	8	6	32
	Итого:	36	36	36	36	144

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

Работа с конспектами лекций, презентационным материалом, выполнение лабораторных заданий, заданий текущей аттестации.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

##### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Козадеров О.А. Современные химические источники тока : учебное пособие / О. А. Козадеров, А. В. Введенский.— Санкт-Петербург ; Москва : Лань, 2016.— 132 с.

##### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
2	Дамаскин Б.Б. Электрохимия : [учебное пособие для студ., обуч. по направлению подгот. "Химия"] / Б.Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина .— Изд. 3-е, испр. — Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2015 .— 670 с
3	Дамаскин Б.Б. Основы теоретической электрохимии : учеб. пособие для студ. химич. спец. вузов / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий .— М. : Высшая школа, 1978 .— 238 с.
4	Дамаскин Б.Б. Введение в электрохимическую кинетику : учеб. пособие для студ. хим. спец. ун-тов / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий .— М. : Высшая школа, 1983 .— 399 с.
5	Багоцкий В.С. Основы электрохимии / В.С Багоцкий. — М. : Химия, 1988 .— 399 с.
6	Ротинян А.Л. Теоретическая электрохимия / А. Л. Ротинян, К. И. Тихонов, И. А. Шошина. — Л. : Химия, 1981 .— 422 с.
7	Измайлов Н.А. Электрохимия растворов / Н.А. Измайлов .— 3-е изд., исправ .— М. : Химия, 1976 .— 488с.
8	Никольский Б.П. Ионоселективные электроды / Б.П. Никольский, Е.А. Матерова .— Л. : Химия. Ленингр. отд-ние, 1980 .— 239 с.
9	Шаталов А.Я. Практикум по физической химии : учеб. пособие для студ. химич. и химико-технол. спец. вузов / А.Я. Шаталов, И.К. Маршаков .— М. : Высшая школа, 1975 .— 284 с.
10	Практикум по электрохимии : учеб. пособие для химич. спец. вузов / Б.Б. Дамаскин [и др.]. — М. : Высш.шк., 1991 .— 287 с.
11	Потенциометрия. Ч.4: Практикум по специальности 011000- Химия / сост.: А.В. Введенский [и др.]. — 2003 .— 79 с. (№ 720).
12	Сборник задач по теоретической электрохимии : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Технология электрохимических производств" / под ред. Ф.И. Кукоза .— М. : Высшая школа, 1982 .— 159 с.
13	Сборник примеров и задач по электрохимии : учебное пособие / сост.: А.В. Введенский [и др.] .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010. - Ч. 3: Равновесные электродные системы .— 66 с.
14	Краткий справочник физико-химических величин / под ред. А.А. Равделя, А.И. Пономаревой . — М. : Вербум-М, 2008 .— 230 с.
15	Добош Д. Электрохимические константы : справ. для электрохимиков / Д. Добош. — М. : Мир, 1980 .— 364 с.
16	Справочник по электрохимии / под ред. А.М. Сухотина .— Л. : Химия . Ленингр. отд-ние, 1981 .— 486 с.
17	Химические источники тока : справочник / под ред. Н.В. Коровина, А.М. Скундина .— М. : Изд-во МЭИ, 2003 .— 739 с.
18	Коровин Н.В. Электрохимическая энергетика / Н.В. Коровин .— М. : Энергоатомиздат, 1991.— 263 с.
19	Плесков Ю.В. Фотоэлектрохимическое преобразование солнечной энергии / Ю.В. Плесков. – М. : Химия, 1990. – 174 с.

20	Давтян О.К. Проблема непосредственного превращения химической энергии топлива в электрическую / О.К. Давтян ; АН СССР. Энергетический ин-т им. Г.М. Кржижановского .— М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1947 .— 142 с.
21	Методические указания к курсу "Экологически чистые источники энергии" по разделу "Топливные элементы" / сост. О.А. Козадеров. — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2009. <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-76.pdf">URL: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-76.pdf</a>

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет):

22	<a href="http://www.lib.vsu.ru">www.lib.vsu.ru</a> – ЗНБ ВГУ
23	МООК «Современные химические источники тока» <a href="https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2">https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2</a>
24	ЭУМК «Химические источники тока» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Кинетика химических и электрохимических процессов. Электропроводность : практикум по спец. 011000- Химия / Сост.: А.В. Введенский [и др.] — Воронеж : ЛОП ВГУ, 2003. - Ч. 2 . — 82 с.(№ 648). — URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jan04053.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jan04053.pdf</a> .
2	Равновесные электродные системы. Граница раздела заряженных фаз : практикум по спец. 011000- Химия / сост.: А.В. Введенский [и др.]. — Воронеж, 2003-. Ч. 3 / Сост.: А.В. Введенский, Е.В. Бобринская, И.В. Протасова, Н.В. Соцкая. — 79 с. : (№ 719) — <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jan04059.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jan04059.pdf</a> >.
3	Сборник примеров и задач по электрохимии : учеб. пособие / сост.: А.В. Введенский [и др.] .— Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010. - Ч. 1: Равновесные процессы в растворах электролитов .— 39 с. <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-03.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-03.pdf</a> >.
4	Сборник примеров и задач по электрохимии : учеб. пособие / сост.: А.В. Введенский, С.А. Калужина, Т.А. Кравченко [и др.] . — Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2010. - Ч. 2: Ионный транспорт. Кулонометрия .— 60 с. <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-04.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-04.pdf</a> >.
5	Еремин В.В. Задачник по физической химии / В.В. Еремин [и др.] – М. : Экзамен, 2003. – 318 с.
6	Лабовиц, Л. Задачи по физической химии с решениями / под ред. Ю. В. Филиппова .— М. : Мир, 1972 .— 442 с.
7	Физическая химия в вопросах и ответах: Кинетика. Электрохимия : учеб. пособие для студ. хим. спец. ун-тов / Е.М. Кузнецова [и др.]. — М. : Изд-во МГУ, 1981 .— 264 с.

## 17. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы (при необходимости)

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или “МООК ВГУ” (<https://mooc.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Учебная (лекционная) аудитория 439 (им. профессора Я.А. Угая): Специализированная мебель, ноутбук, проектор, экран для проектора, WinPro 8 RUS Upgrd OLP NL Acdmc, Office Standard 2019 Single OLV NL Each AcademicEdition Additional Product, Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Расширенный Russian Edition, Веб-браузер Google Chrome, Веб-браузер Mozilla Firefox  
Лабораторные работы - лаборатория общего практикума по физической химии (электрохимия) 177: Установки для определения электропроводности; учебный комплекс «Химия»; иономеры, термостаты, потенциостаты, электроды, электрохимические ячейки.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Теоретические основы электрохимического преобразования энергии	ПК-1	ПК-1.1 ПК-1.2	Контрольная работа
2.	Гальванические элементы	ПК-1 ПК-2	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-2.2	Контрольная работа, Лабораторная работа
3.	Аккумуляторы	ПК-1 ПК-2	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-2.1 ПК-2.2	Контрольная работа, Лабораторная работа
4.	Электрохимические суперконденсаторы	ПК-1 ПК-2	ПК-1.1 ПК-2.1	Контрольная работа, Лабораторная работа
5.	Водородная энергетика. Топливные элементы	ПК-1 ПК-2	ПК-1.1 ПК-2.1	Контрольная работа, Лабораторная работа
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет				Перечень вопросов к зачету

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущих и промежуточных аттестаций.

Текущие аттестации проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущие аттестации проводятся в форме контрольной работы и тестового опроса в системе "Электронный университет ВГУ". Критерии оценивания приведены ниже.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

#### Перечень заданий для контрольных работ

##### Контрольная работа № 1

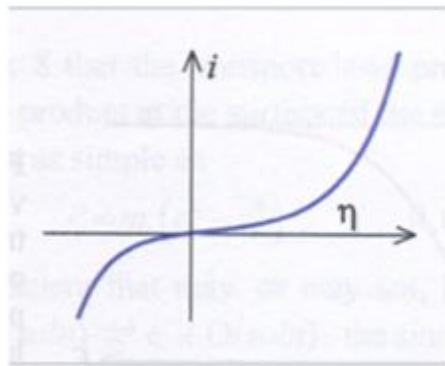
###### Вариант 1

Задание 1. Вставьте пропущенные слова: «Аккумулятор – химический источник тока (одноразового, многоразового) действия, содержит (неограниченное, ограниченное) количество реагентов, которые (обратимо, необратимо) потребляются в ходе (заряда, перезаряда, разряда), поэтому устройство (не может быть, может быть) использовано повторно».

Задание 2. Вставьте пропущенные слова: «Равновесное напряжение электрохимического элемента равно (сумме, произведению, разности) катодного и анодного равновесных потенциалов».

Задание 3. Вставьте пропущенные слова: «Электрод называется (идеально деполяризованным, идеально поляризируемым), если его потенциал остается равным бестоковому потенциалу, даже если через него протекает электрический ток».

Задание 4. Какому типу электродной поляризации отвечает форма поляризационной кривой, приведенной на рисунке?



Задание 5. Пусть электродный потенциал медного электрода равен 500 мВ. Чему равно равновесное напряжение элемента, составленного из медного и стандартного водородного электрода?

Задание 6. Составьте схему электрохимической цепи марганцево-литиевого гальванического элемента.

Задание 7. Вставьте пропущенные слова: «В щелочных марганцево-цинковых элементах катодная полуреакция протекает преимущественно с участием (протонов, молекул воды, ионов гидроксила), при этом образуется (MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>, MnO<sub>2</sub>), а pH электролита в порах катода (уменьшается, не изменяется, увеличивается)».

Задание 8. Вставьте пропущенные слова: «Иодид лития в литий-иодном элементе является (компонентом водного раствора электролита; компонентом неводного раствора электролита; твердым электролитом)».

Задание 9. Что служит активным материалом анода в щелочном марганцево-цинковом гальваническом элементе?

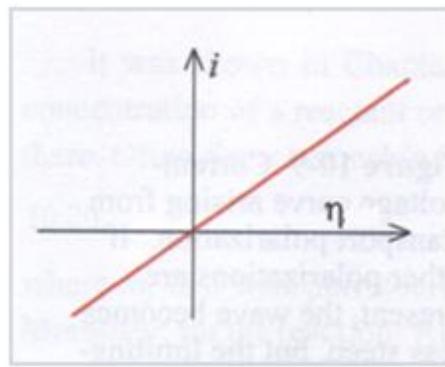
## Вариант 2

Задание 1. Вставьте пропущенные слова: «Анод в химическом источнике тока заряжен (положительно, отрицательно), и на нем протекает процесс (восстановления, окисления)».

Задание 2. Вставьте пропущенные слова: «Гальванический элемент – химический источник тока (многоразового, одноразового) действия, содержит (неограниченное, ограниченное) количество реагентов, которые (обратимо, необратимо) потребляются в ходе (заряда, перезаряда, разряда), поэтому первичный элемент (не может быть, может быть) использован повторно».

Задание 3. Вставьте пропущенные слова: «Из-за поляризации электрода реальное напряжение химического источника тока практически всегда (больше, чем; такое же, как; меньше, чем) предсказанное термодинамически».

Задание 4. Какому типу электродной поляризации отвечает форма поляризационной кривой, приведенной на рисунке?



Задание 5. Пусть электродный потенциал цинкового электрода равен -600 мВ. Чему равно равновесное напряжение элемента, составленного из цинкового и стандартного водородного электрода?

Задание 6. Составьте схему электрохимической цепи солевого марганцево-цинкового гальванического элемента.

Задание 7. Вставьте пропущенные слова: «В катодной полуреакции в марганцево-литиевом элементе образуется Li<sub>2</sub>Mn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – продукт процесса (интеркаляции, деинтеркаляции) ионов (лития, марганца) в кристаллическую решетку (диоксида марганца, оксида лития), в ходе

которого происходит постепенное (уменьшение, увеличение) степени окисления (лития, марганца)».

Задание 8. Что входит в состав электролита в солевом марганцево-цинковом гальваническом элементе?

Задание 9. Что служит активным веществом катода в солевом марганцево-цинковом гальваническом элементе?

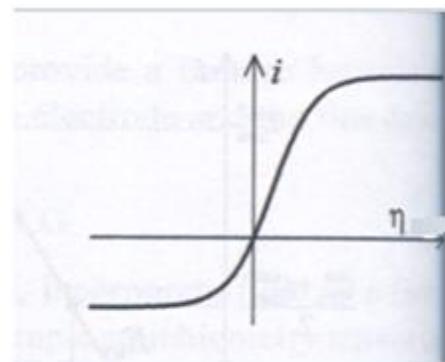
### Вариант 3

Задание 1. Вставьте пропущенные слова: «Катод в химическом источнике тока заряжен (отрицательно, положительно), и на нем протекает процесс (восстановления, окисления)».

Задание 2. Вставьте пропущенные слова: «Химические источники тока (многоступенчато, прямую) преобразуют (химическую, электрическую, кинетическую, потенциальную) энергию в (электрическую, кинетическую, потенциальную, химическую) энергию».

Задание 3. Вставьте пропущенные слова: «Через (идеально поляризуемый, идеально деполяризованный) электрод электрический ток не протекает при любом потенциале».

Задание 4. Какому типу электродной поляризации отвечает форма поляризационной кривой, приведенной на рисунке?



Задание 5. Потенциал медного электрода равен 500 мВ, а потенциал цинкового электрода равен -0.6 В. Чему равно равновесное напряжение элемента, составленного из цинкового и медного электродов?

Задание 6. Составьте схему электрохимической цепи щелочного марганцево-цинкового гальванического элемента.

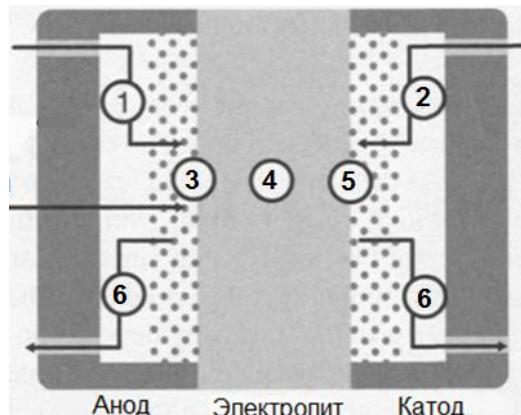
Задание 7. Вставьте пропущенные слова: «Наиболее вероятно, что катодная полуреакция в солевом марганцево-цинковом элементе протекает по (твердофазному, жидкофазному, газофазному) механизму путем диффузии электронов и (протонов, молекул воды, ионов гидроксила) с поверхности в глубь (зерна диоксида марганца, фазы металлического цинка, электролита)».

Задание 8. Что входит в состав электролита в щелочном марганцево-цинковом гальваническом элементе?

Задание 9. Что служит активным материалом катода в щелочном марганцево-цинковом гальваническом элементе?

### Вариант 4

Задание 1. Выберите правильный ответ: «Цифрами 1 и 4 на схеме топливного элемента обозначены стадии (электродная реакция окисления топлива; массоперенос восстановителя (топлива); электродная реакция восстановления окислителя; ионный перенос в электролите; массоперенос окислителя; массоперенос с участием продуктов реакции).



Задание 2. Какой тип поляризации отвечает стадиям 1, 2 и 6 (см. рис. в задании 1)?

Задание 3.

Укажите все способы снижения активационных потерь при работе топливного элемента:

1. принудительная конвекция
2. увеличение шероховатости поверхности электрода
3. увеличение концентрации реагентов
4. увеличение температуры
5. увеличение электропроводности электролита
6. использование электрокатализаторов
7. уменьшение толщины электродов и электролита

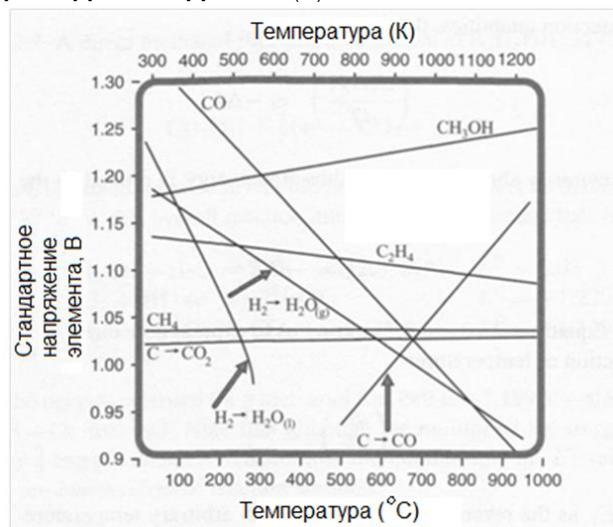
Задание 4.

Что означает параметр "n" в уравнении  $\Delta G_{P,T} = -nFE$  ?

1. энергия Гиббса реакции
2. число моль электронов, участвующих в реакции
3. равновесное напряжение элемента
4. число Фарадея

Задание 5.

Используя диаграмму зависимости стандартного равновесного напряжения топливных элементов от температуры, определите, **как изменяется энтропия** в устройстве, работающем на **окислении водорода  $H_2$  до жидкой воды  $H_2O(l)$**



Задание 6.

Укажите органические вещества, используемые в низкотемпературных твердополимерных топливных элементах

1. пальмитиновая кислота
2. метановая кислота
3. метиловый спирт
4. этиловый спирт
5. амиловый спирт

Задание 7.

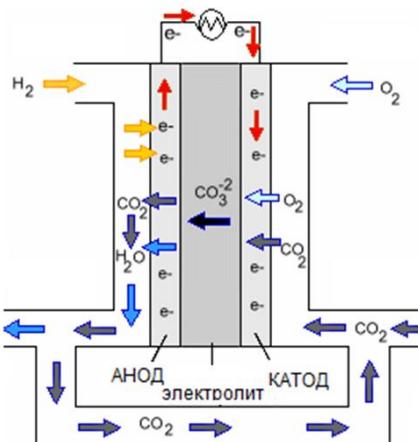
Запишите уравнение полуреакции, протекающей на катоде метанольного топливного элемента с мембраной Nafion.

Задание 8.

Выберите правильный ответ: «В твердооксидном топливном элементе с жидким оловянным анодом топливом обычно является (жидкое олово; углеродсодержащее вещество; кислород).

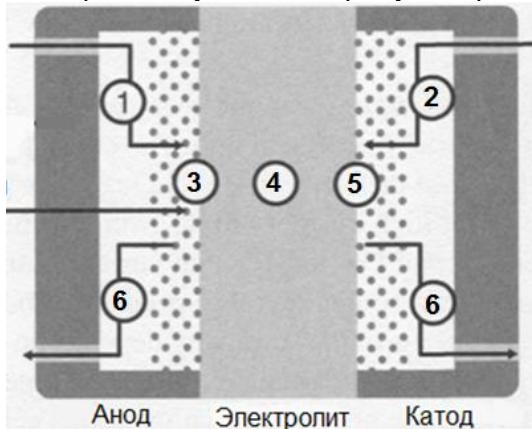
Задание 9.

Схема какого топливного элемента изображена на рисунке?



### Вариант 5

Задание 1. Выберите правильный ответ: «Цифрами 2 и 5 на схеме топливного элемента обозначены стадии (электродная реакция окисления топлива; массоперенос восстановителя (топлива); электродная реакция восстановления окислителя; ионный перенос в электролите; массоперенос окислителя; массоперенос с участием продуктов реакции).



Задание 2. Какой тип поляризации отвечает стадиям 3 и 5 (см. рис. в задании 1)?

Задание 3.

Укажите все способы снижения транспортных потерь при работе топливного элемента:

1. принудительная конвекция
2. увеличение шероховатости поверхности электрода
3. увеличение концентрации реагентов
4. увеличение температуры
5. увеличение электропроводности электролита
6. использование электрокатализаторов
7. уменьшение толщины электродов и электролита

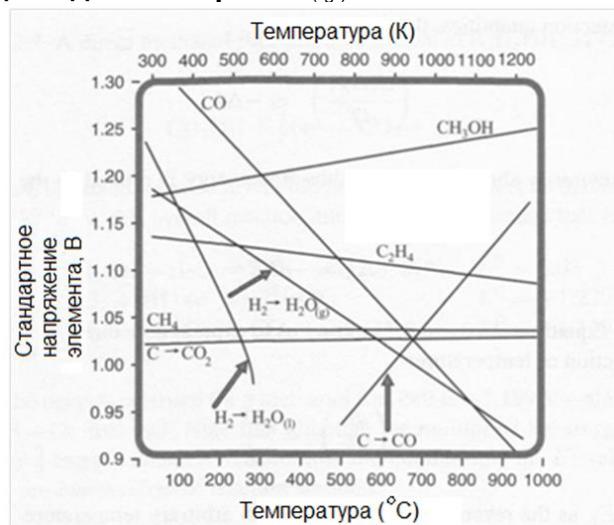
Задание 4.

Что означает параметр "E" в уравнении  $\Delta G_{P,T} = -nFE$ ?

1. энергия Гиббса реакции
2. число моль электронов, участвующих в реакции
3. равновесное напряжение элемента
4. число Фарадея

Задание 5.

Используя диаграмму зависимости стандартного равновесного напряжения топливных элементов от температуры, определите, как изменяется энтропия в устройстве, работающем на окислении водорода  $H_2$  до водяного пара  $H_2O(g)$



Задание 6.

Как называется явление проникновения метанола в мембранный электролит и его перемещение из анодной в катодную камеру?

Задание 7.

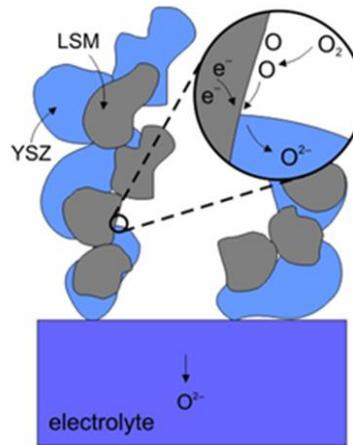
Запишите уравнение полуреакции, протекающей на аноде метанольного топливного элемента с мембраной Nafion.

Задание 8.

Можно ли в качестве электродного материала в однокамерном твердооксидном топливном элементе использовать платину как высокоактивный электрокатализический материал? Почему?

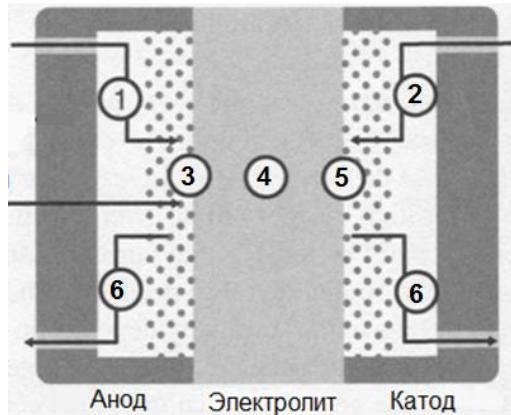
Задание 9.

Какой электрод твердооксидного топливного элемента указан на рисунке?



### Вариант 6

Задание 1. Выберите правильный ответ: «Цифрами 3 и 6 на схеме топливного элемента обозначены стадии (электродная реакция окисления топлива; массоперенос восстановителя (топлива); электродная реакция восстановления окислителя; ионный перенос в электролите; массоперенос окислителя; массоперенос с участием продуктов реакции).



Задание 2. Какой тип поляризации отвечает стадии 4 (см. рис. в задании 1)?

Задание 3.

Укажите все способы снижения омических потерь при работе топливного элемента:

1. принудительная конвекция
2. увеличение шероховатости поверхности электрода
3. увеличение концентрации реагентов
4. увеличение температуры
5. увеличение электропроводности электролита
6. использование электрокатализаторов
7. уменьшение толщины электродов и электролита

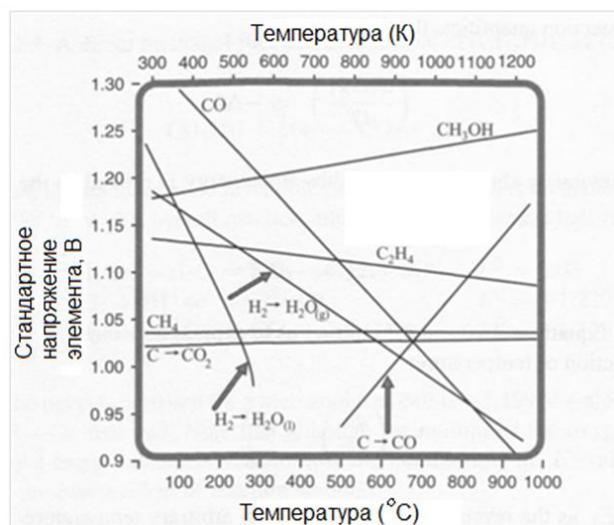
Задание 4.

Что означает параметр "  $\Delta G_{P,T}$  " в уравнении  $\Delta G_{P,T} = -nFE$  ?

1. энергия Гиббса реакции
2. число моль электронов, участвующих в реакции
3. равновесное напряжение элемента
4. число Фарадея

Задание 5.

Используя диаграмму зависимости стандартного равновесного напряжения топливных элементов от температуры, определите, **как изменяется энтропия** в устройстве, работающем на **окислении метанола**



Задание 6.

Верно ли утверждение: "Активационные потери катода водородно-кислородного твердополимерного топливного элемента намного меньше, чем анода"?

Задание 7.

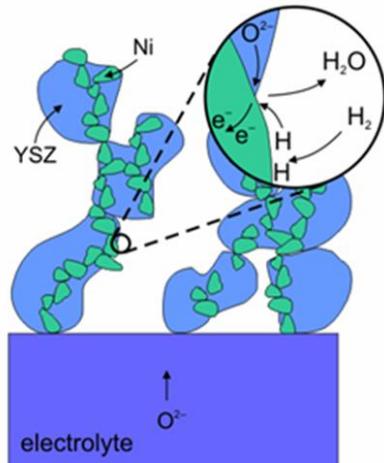
Что служит электролитом в твердополимерном топливном элементе?

Задание 8.

Выберите правильные ответы: «В твердооксидном топливном элементе используется (твердополимерный; расплавный; керамический) электролит, электропроводность которого обеспечивают (гидроксид-ионы; ионы гидроксония; ионы кислорода)».

Задание 9.

Какой электрод твердооксидного топливного элемента указан на рисунке?



**Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при текущей аттестации**

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме письменных работ (контрольная работа). Критерии оценивания приведены ниже.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся правильно выполнил более 50 % заданий контрольной работы.	Зачтено
Обучающийся правильно выполнил менее 50 % заданий контрольной работы.	Не зачтено

## 20.2. Промежуточная аттестация

### Перечень вопросов к зачету:

1. Основные типы химических источников тока
2. Термодинамика химических источников тока
3. Марганцево-цинковый солевой элемент
4. Марганцево-цинковый элемент с щелочным электролитом
5. Гальванические элементы с цинковым анодом
6. Литиевые гальванические элементы с твердым и жидким катодом
7. Цинк-воздушные элементы с щелочным электролитом
8. Алюминий-воздушные элементы с солевым и щелочным электролитом
9. Магний-воздушный элементы с солевым электролитом
10. Литий-воздушная технология.
11. Свинцово-кислотный аккумулятор
12. Никель-металлгидридные аккумуляторы
13. Литий-ионные аккумуляторы
14. Жидкометаллические аккумуляторы
15. Проточные аккумуляторы
16. Электрохимические конденсаторы (ионисторы)
17. Производство водорода
18. Сжатие, очистка и хранение водорода
19. Фотоэлектрохимический способ получения водорода
20. Преобразование солнечной энергии в электроэнергию
21. Термодинамика и кинетика топливных элементов
22. Твердополимерные топливные элементы.
23. Топливные элементы прямого окисления жидкого топлива

24. Твердооксидные топливные элементы
25. Расплавные карбонатные топливные элементы
26. Фосфорно-кислотные топливные элементы
27. Щелочные топливные элементы
28. Биологические топливные элементы
29. Безмембранные топливные элементы
30. Однокамерные твердооксидные топливные элементы
31. Бескамерные твердооксидные топливные элементы
32. Твердооксидные топливные элементы с жидким оловянным анодом
33. Электрохимические технологии и загрязнение окружающей среды

### **Описание критериев и шкалы оценивания компетенций (результатов обучения) при промежуточной аттестации**

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Требования по текущей аттестации и критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и степень сформированности умений и навыков в области экологически чистых источников энергии.

Билет формируется из двух указанных выше вопросов, не стоящих рядом.

Критерии оценивания компетенций	Шкала оценок
Обучающийся владеет теоретическими основами электрохимической энергоконверсии, способен иллюстрировать ответ примерами, фактами или данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области химических источников тока	Зачтено
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания теоретических основ физической, коллоидной химии и электрохимии, допускает грубые ошибки при применении теоретических знаний для решения практических задач в области химической термодинамики и химической кинетики	Не зачтено

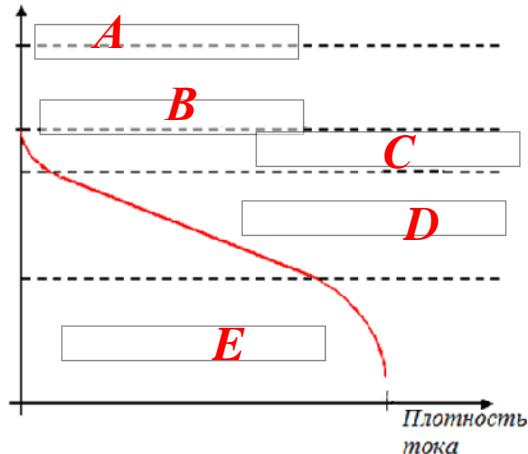
### **20.3 Задания, рекомендуемые к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки сформированности компетенций по результатам освоения данной дисциплины**

**ПК -1** Способен проводить сбор, анализ и обработку научно-технической (научной) информации, необходимой для решения задач химической направленности, поставленных специалистом более высокой квалификации

1. Обозначьте области A,B,C,D,E на кривой соответствующими маркерами:

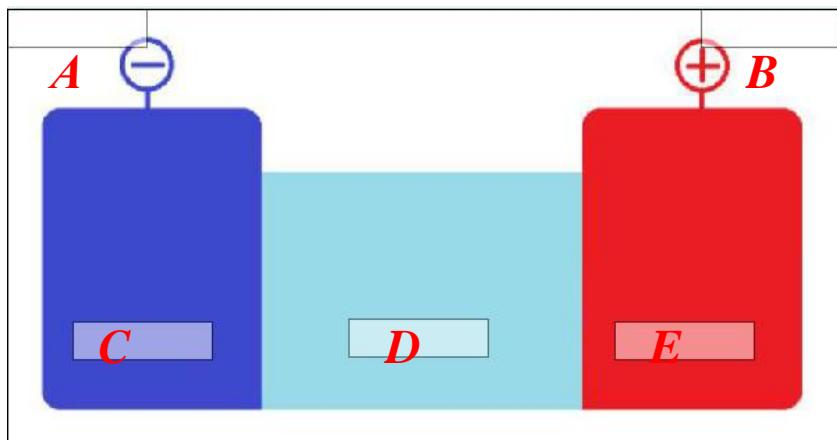
  - 1) Кинетическая поляризация
  - 2) Концентрационная поляризация
  - 3) Омическая поляризация
  - 4) Равновесное напряжение
  - 5) Напряжение разомкнутой цепи

Напряжение



1. Перетащите маркеры в соответствующие зоны A, B, C, D, E на схеме типичного гальванического элемента:

- 1) Анод      2) Катод      3) Металл  
4) Оксид металла      5) Электролит



3. Составьте схему свинцово-кислотного аккумулятора

A	B	C	D	E
---	---	---	---	---

,

используя элементы:

- 1) (-)      2) Pb      3)  $\text{H}_2\text{SO}_4$       4)  $\text{PbSO}_4$       5)  $\text{PbO}_2$       6) (+)

4. При разбавлении электролита водой напряжение свинцово-кислотного аккумулятора:

- 1) уменьшается  
2) увеличивается

5. С ростом активности серной кислоты напряжение свинцово-кислотного аккумулятора:

- 1) уменьшается  
2) увеличивается

6. Наиболее вероятно, что катодная полуреакция в солевом марганцево-цинковом элементе протекает по

- 1) твердофазному      2) жидкофазному      3) газофазному  
механизму путем диффузии электронов и  
4) протонов      5) молекул воды      6) ионов гидроксила  
с поверхности вглубь  
7) зерна диоксида марганца

8) фазы металлического цинка

9) электролита

7. В щелочных марганцево-цинковых элементах катодная полуреакция протекает с участием

1) молекул воды                    2) протонов    3) ионов гидроксила,

при этом образуется

4)  $\text{MnO}$                             5)  $\text{MnO}_\text{OH}$ ,

а pH электролита в порах катода

6) уменьшается                    7) увеличивается

8) не изменяется.

8. При перезаряде свинцово-кислотного аккумулятора на отрицательном электроде протекает процесс:

1) выделяется водород                    2) образуется сульфат свинца (IV)

3) разложение воды                    4) выделяется кислород

5) сульфатация электролов,

а на положительном электроде -

6) выделяется водород                    7) образуется сульфат свинца (IV)

8) разложение воды                    9) выделяется кислород

10) сульфатация электролов,

что приводит к протеканию процесса:

11) выделяется водород                    12) образуется сульфат свинца (IV)

13) разложение воды                    14) выделяется кислород

15) сульфатация электролов.

9. В катодной полуреакции в марганцево-литиевом элементе образуется  $\text{Li}_2\text{Mn}_2\text{O}_4$  – продукт процесса

1) интеркаляции                            2) деинтеркаляции

ионов

3) лития                                    4) марганца

в кристаллическую решетку

5) диоксида марганца                    6) оксида лития,

в ходе которого происходит постепенное

7) уменьшение                            8) увеличение

степени окисления

9) лития                                    10) марганца.

10. Равновесное напряжение электрохимического элемента равно

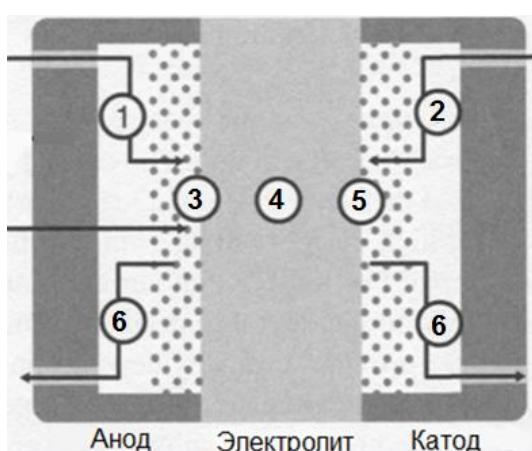
1) сумме                                    2) разности    3) произведению

катодного и анодного потенциалов.

11. Стадии 3 в схеме топливного элемента (см. рисунок) отвечает

1) омическая                            2) концентрационная                    3) активационная

поляризация.



12. Свинцово-кислотный аккумулятор следует хранить в  
1) заряженном 2) разряженном  
состоянии, чтобы избежать  
3) сульфатации электродов 4) эффекта памяти 5) взрыва аккумулятора

13. Установите соответствие между типом электродной поляризации и соответствующим ему определением.

Активационная поляризация:

- 1) возникает из-за замедленности миграции заряженных частиц в элементе
- 2) появляется из-за замедленности электродной реакции
- 3) возникает из-за замедленности в доставке реагентов к электроду и/или удалении продуктов от электрода.

Омическая поляризация:

- 4) возникает из-за замедленности миграции заряженных частиц в элементе
- 5) появляется из-за замедленности электродной реакции
- 6) возникает из-за замедленности в доставке реагентов к электроду и/или удалении продуктов от электрода.

Концентрационная поляризация:

- 7) возникает из-за замедленности миграции заряженных частиц в элементе
- 8) появляется из-за замедленности электродной реакции
- 9) возникает из-за замедленности в доставке реагентов к электроду и/или удалении продуктов от электрода

14. Укажите способы снижения активационных потерь при работе топливного элемента. Выберите один или несколько ответов:

- 1) использование электрокатализаторов
- 2) увеличение электропроводности электролита
- 3) увеличение концентрации реагентов
- 4) увеличение шероховатости поверхности электрода
- 5) уменьшение толщины электродов и электролита
- 6) принудительная конвекция
- 7) увеличение температуры.

15. Укажите способы снижения омических потерь при работе топливного элемента, выбрав один или несколько ответов:

- 1) увеличение шероховатости поверхности электрода
- 2) принудительная конвекция
- 3) увеличение концентрации реагентов
- 4) увеличение температуры
- 5) уменьшение толщины электродов и электролита
- 6) использование электрокатализаторов
- 7) увеличение электропроводности электролита

16. Напряжение свинцово-кислотного аккумулятора зависит от активности:

Выберите один или несколько ответов:

- 1)  $\text{PbO}_2$
- 2)  $\text{H}_2\text{O}$
- 3)  $\text{Pb}$
- 4)  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- 5)  $\text{PbSO}_4$

17. Укажите тип электродов в проточном ванадиевом аккумуляторе:

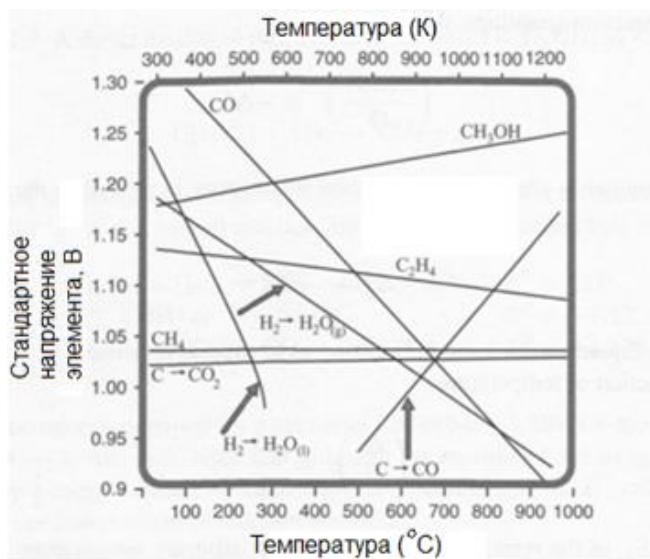
- 1) окислительно-восстановительные
- 2) электроды II рода
- 3) электроды I рода

18. Используя диаграмму зависимости стандартного равновесного напряжения топливных элементов от температуры (см. диаграмму), определите, как изменяется энтропия в устройстве, работающем на окислении водорода  $\text{H}_2$  до жидкой воды  $\text{H}_2\text{O}$ :

- 1) уменьшается
- 2) увеличивается

19. Используя диаграмму зависимости стандартного равновесного напряжения топливных элементов от температуры (см. диаграмму), определите, как изменяется энтропия в устройстве, работающем на окислении метанола  $\text{CH}_3\text{OH}$ :

- 1) уменьшается      2) увеличивается      3) не изменяется



Открытые

20. Запишите формулу вещества, образующегося в ходе катодной реакции как в солевом, так и в щелочном марганцево-цинковом элементе.

КЛЮЧИ для ПК-1

Вопросы	1	2	3	4	5	6
Ответы	A-4, B-5, C-1, D-3, E-2	A-1, B-2, C-3, D-5, E-4	A-1, B-2, C-3, D-5, E-6	1	2	1,4,7
Вопросы	7	8	9	10	11	12
Ответы	1,5,7	1,9,13	1,3,5,7,10	2	3	1,3
Вопросы	13	14	15	16	17	18 19
Ответы	2,4,9	1,3,4,7	5,7	4	1	1 2

Открытые:

20 - ответ:  $\text{MnOON}$

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности):

- 2 балла – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 1 балл - выполнение задания содержит незначительные ошибки, в целом дан правильный ответ, но неверно аргументирован и обоснован;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).

**ПК-2-** Способен использовать современные экспериментальные и расчетно-теоретические методы для установления структуры и исследования реакционной способности химических соединений под руководством специалиста более высокой квалификации

1. Составьте схему марганцево-литиевого элемента

(  A  B  C  D  E

используя элементы:

- 1) (-) 2) (+) 3) Li 4) MnOOH 5) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6) CuO  
7) HgO 8) KOH 9) LiClO<sub>4</sub> 10) Zn 11) MnO<sub>2</sub>

2. Составьте схему марганцево-цинкового элемента

(  A  B  C  D  E

используя элементы:

- 1) (+) 2) (-) 3) HgO 4) NH<sub>4</sub>Cl 5) MnO<sub>2</sub> 6) ZnCl<sub>2</sub>  
7) CuO 8) KOH 9) ZnO 10) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 11) MnOOH 12) Zn

3. YSZ-электролит представляет собой твердый оксид

- 1) иттрия (III) 2) циркония (IV),  
стабилизированный оксидом  
3) иттрия (III) 4) циркония (IV).

4. Аккумулятор – химический источник тока

- 1) одноразового 2) многоразового  
действия, содержит  
3) неограниченное 4) ограниченное  
количество реагентов, которые  
5) обратимо 6) необратимо  
потребляются в ходе  
7) перезаряда 8) заряда 9) разряда,  
поэтому устройство  
10) не может быть 11) может быть  
быть использовано повторно.

5. Когда литий-ионный аккумулятор разряжается, материал положительного электрода, например,

- 1) интеркалят лития в углеродной матрице  
2) смешанный оксид лития и иного металла M,  
восстанавливается, а материал отрицательного электрода, обычно  
3) интеркалят лития в углеродной матрице  
4) смешанный оксид лития и иного металла M,  
окисляется.

6. На аноде водородно-кислородного топливного элемента с мембраной Nafion окисляется

- 1) метанол 2) кислород воздуха  
3) ионообменная мембрана 4) газообразный водород

7. Первичный (гальванический) элемент – химический источник тока

- 1) одноразового 2) многоразового  
действия, содержит  
3) неограниченное 4) ограниченное  
количество реагентов, которые  
5) обратимо 6) необратимо  
потребляются в ходе  
7) заряда 8) перезаряда 9) разряда,  
поэтому устройство  
10) не может быть 11) может быть  
быть использовано повторно

8. Основная область применения расплавкарбонатных топливных элементов –

- 1) электромобили
- 2) портативная электроника
- 3) электростанции

9. Основная область применения твердооксидных топливных элементов -

- 1) электромобили
- 2) портативная электроника
- 3) электростанции

10. Составьте схему никель-металгидридного аккумулятора:

(  A  B  C  D  E

используя элементы:

- |                   |                 |                |                |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------|
| 1) $\text{NiOOH}$ | 2) (-)          | 3) $\text{MH}$ | 4) $\text{Ni}$ |
| 5) $\text{Cd}$    | 6) $\text{KOH}$ | 7) (+)         |                |

11. Химические источники тока

- |                  |                    |
|------------------|--------------------|
| 1) напрямую      | 2) многоступенчато |
| преобразуют      |                    |
| 3) электрическую | 4) химическую      |
| 5) кинетическую  | 6) потенциальную   |
| энергию в        |                    |
| 7) химическую    | 8) электрическую   |
| 9) кинетическую  | 10) потенциальную  |
| энергию          |                    |

12. Активным веществом анода в солевом марганцево-цинковом гальваническом элементе служит:

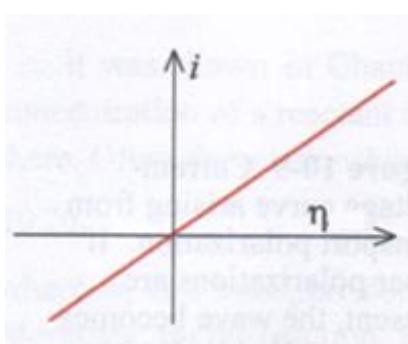
- 1) хлорид аммония
- 2) металлический цинк
- 3) хлорид цинка
- 4) графит
- 5) диоксид марганца

13. Активным материалом анода в щелочном марганцево-цинковом гальваническом элементе служит:

- Выберите один ответ:
- 1) диоксид марганца
  - 2) графит
  - 3) цинковая пластина
  - 4) латунная пластина
  - 5) цинковый порошок

14. Какому типу электродной поляризации отвечает форма поляризационной кривой, приведенной на рисунке?

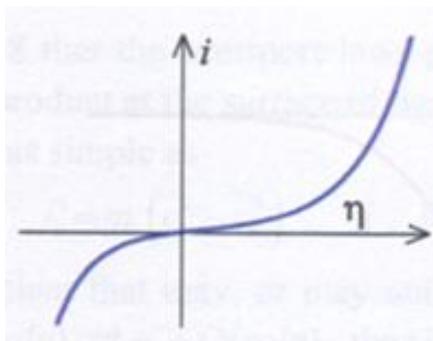
- 1) омическая поляризация
- 2) кинетическая поляризация
- 3) транспортная поляризация



15. Какому типу электродной поляризации отвечает форма поляризационной кривой, приведенной на рисунке?

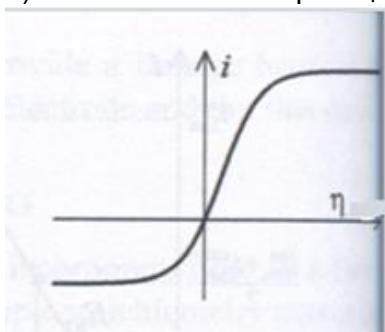
- 1) транспортная поляризация
- 2) омическая поляризация

3) кинетическая поляризация



16. Какому типу электродной поляризации отвечает форма поляризационной кривой, приведенной на рисунке?

- 1) омическая поляризация 2) транспортная поляризация  
3) кинетическая поляризация



17. На каком электроде литий-ионного аккумулятора ионы лития встраиваются в графитовый электрод при заряде, образуя интеркаляционные соединения  $\text{Li}_x\text{C}$ ?

- 1) отрицательном 2) положительном

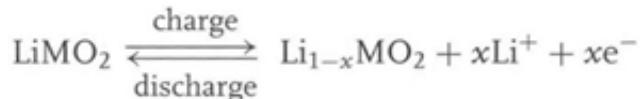
18. Активным веществом катода в солевом марганцево-цинковом гальваническом элементе служит:

- 1) хлорид аммония 2) графит 3) диоксид марганца  
4) хлорид цинка 5) металлический цинк

19. Активным материалом катода в щелочном марганцево-цинковом гальваническом элементе служит:

- 1) латунная пластина 2) цинковая пластина  
3) диоксид марганца 4) цинковый порошок

20. Укажите, на каком электроде литий-ионного аккумулятора протекает следующая полуреакция:



- 1) положительном 2) отрицательном

21. Укажите все органические вещества, используемые в низкотемпературных твердополимерных топливных элементах

Выберите один или несколько ответов:

- 1) метановая кислота 2) метиловый спирт 3) амиловый спирт  
4) пальмитиновая кислота 5) этиловый спирт

22. К высокотемпературным топливным элементам относятся

Выберите один или несколько ответов:

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| 1) твердооксидные   | 2) биологические |
| 3) твердополимерные | 4) расплавные    |

23. Укажите основную область применения метанольных топливных элементов:

- |   |                            |
|---|----------------------------|
| 1) электромобили                                | 2) портативная электроника |
| 3) стационарные энергоустановки (энергостанции) |                            |

24. В качестве электродного материала в однокамерном твердооксидном топливном элементе можно использовать платину как высокоактивный электрокаталитический материал.

- |          |            |
|----------|------------|
| 1) верно | 2) неверно |
|----------|------------|

#### Открытые

25. Вместо металлического лития в литий-ионных аккумуляторах используются литийсодержащие вставьте пропущенное слово, при формировании которых металлическая фаза Li не образуется.

#### КЛЮЧИ для ПК-2

Вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8
Ответы	A-1, B-3, C-9, D-11, E-2	A-2, B-12, C-8, D-5, E-1	2,3	2,4,5,9,11	2,3	4	1,4,6,9,10	3
Вопросы	9	10	11	12	13	14	15	16
Ответы	3	A-2, B-4, C-6, D-4, E-7	1,4,8	2	5	1	3	2
Вопросы	17	18	19	20	21	22	23	24
Ответы	1	3	3	1	1,2,5	1,4	2	2

**25** - ответ: интеркаляты

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

1) закрытые задания (тестовые, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ, в том числе частично.

2) открытые задания (мини-кейсы, средний уровень сложности):

- 2 балла – задание выполнено верно (получен правильный ответ, обоснован (аргументирован) ход выполнения (при необходимости));
- 1 балл - выполнение задания содержит незначительные ошибки, в целом дан правильный ответ, но неверно аргументирован и обоснован;
- 0 баллов – задание не выполнено или выполнено неверно (ход выполнения ошибочен или содержит грубые ошибки, значительно влияющие на дальнейшее его изучение).