

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

20.05.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ДВ.01.02 Химические источники тока**

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 04.03.01. Химия
  2. Профиль подготовки/специализация: Прикладная химия
  3. Квалификация (степень) выпускника: Бакалавр
  4. Форма обучения: очная
  5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: физической химии
  6. Составители программы: Крысанов Вячеслав Александрович, к.х.н., доц.
  7. Рекомендована: НМС химического факультета от 19.04.22, протокол № 3
  8. Учебный год: 2024-2025 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 (вариативная) блока Б1.В.ДВ.1

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		Планируемые результаты обучения
Код	Название	
ПК-1.1	Выполняет стандартные операции на высокотехнологическом оборудовании для характеристики сырья, промежуточной и конечной продукции химического производства	знать: теоретические основы экспериментальных методов изучения процессов электрохимической энергоконверсии уметь: использовать теоретические основы электрохимической энергоконверсии при решении практических задач владеть: основными методами электрохимической энергоконверсии и аккумулирования энергии
ПК-1.2	Составляет протоколы испытаний, паспорта химической продукции, отчеты о выполненной работе по заданной форме	знать: основные источники научной информации о принципах и методах электрохимической энергоконверсии уметь: анализировать результаты решения практических задач иметь навыки: формулирования выводов по использованию электрохимических энергоконверсионных установок

## 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	
		5	
Аудиторные занятия, в том числе:	108	108	
лекции	54	54	
лабораторные	54	54	

Самостоятельная работа	36	36	
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.	<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>
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 соевым и щелочным электролитом. Магний-воздушный элемент с соевым электролитом. Литий-воздушная технология.	<p>УЭМК «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>
1.3	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 гидроксида 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-сера. Электрохимические процессы. Проточные аккумуляторы. Ванадиевые редокс-батареи. Электрохимические процессы. Электроды. Ионообменные мембраны. Электролит.	<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>
1.4	Электрохимические суперконденсаторы	Принцип действия электрического конденсатора. Емкость. Электрохимические конденсаторы	

		(ионисторы). Идеальные ионисторы. Гибридные ионисторы. Псевдоконденсаторы. Двойнослойные суперконденсаторы и аккумуляторы: сравнение.	УЭМК «Химические источники тока» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903</a>
1.5	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.</p> <p>Термодинамика и кинетика топливных элементов (ТЭ). Принципы работы ТЭ. Преимущества и недостатки. напряжение топливного элемента. Активационное перенапряжение. Омические потери. Концентрационная поляризация. Вольтамперная характеристика.</p> <p>Твердополимерные топливные элементы. Электрохимические процессы. Электродокаталит. Электроды. Мембрана. Производительность. 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>Расплавные карбонатные топливные элементы. Электрохимические процессы. Материалы анода и катода. Электролит. Металлокерамическая матрица. Расплавы. Вольтамперная характеристика. Преимущества и недостатки.</p> <p>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.</p> <p>Экологичность топливных элементов. Водород и глобальное потепление. Роль топливных элементов в изменении климата. Электрохимические технологии и загрязнение окружающей среды.</p>	
<b>2. Практические занятия</b>			
не предусмотрены учебным планом			
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Теоретические основы электрохимического	Определение термодинамических констант равновесия	

	преобразования энергии	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	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>  УЭМК «Химические источники тока» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903</a>
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 гальваностатической 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	14	-	14	8	36
2	Гальванические элементы	12	-	12	10	34
3	Аккумуляторы	10	-	10	8	28
4	Электрохимические суперконденсаторы	6	-	6	4	16
5	Водородная энергетика. Топливные элементы	12	-	12	6	30
	Итого:	54	0	54	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	УЭМК «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** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных) работ и др.)

№ 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:**

Установки для определения электропроводности; учебный комплекс «Химия»; иономеры, термостаты, потенциостаты, электроды, электрохимические ячейки, мультимедийное оборудование.

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Теоретические основы электрохимического преобразования энергии	ПК-1.1	Контрольная работа	Контрольная работа
2.	Гальванические элементы	ПК-1.1 ПК-1.2	Контрольная работа, Лабораторная работа	Контрольная работа, Лабораторная работа
3.	Аккумуляторы	ПК-1.1 ПК-1.2	Контрольная работа, Лабораторная работа	Контрольная работа, Лабораторная работа
4.	Электрохимические суперконденсаторы	ПК-1.1 ПК-1.2	Контрольная работа, Лабораторная работа	Контрольная работа, Лабораторная работа
5.	Водородная	ПК-1.1	Контрольная	Контрольная работа, Лабораторная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
	энергетика. Топливные элементы	ПК-1.2	работа, Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация форма контроля –				Перечень вопросов к зачету

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

### Текущий контроль успеваемости

#### Контрольная работа

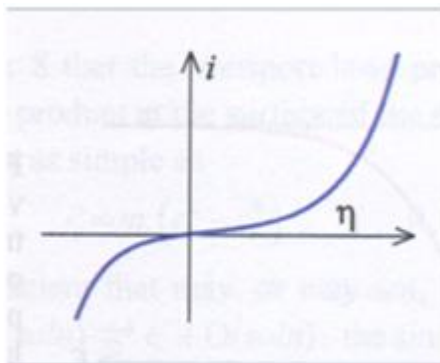
##### Вариант 1

Задание 1. Вставьте пропущенные слова: «Аккумулятор – химический источник тока (одноразового, многократного) 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 деполаризованным, идеально поляризуемым), 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 гидроксидов), при этом образуется ( $MnOOH$ ,  $MnO$ ), 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)».

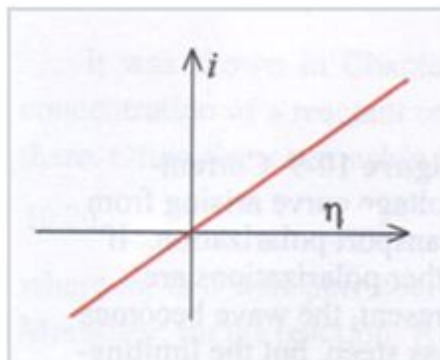
Задание 2. Вставьте пропущенные слова: «Гальванический элемент – химический источник тока (многократного, одноразового) действия, содержит (неограниченное, ограниченное) количество реагентов, которые (обратимо, необратимо) потребляются в ходе



(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  $\text{Li}_2\text{Mn}_2\text{O}_4$  – 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?

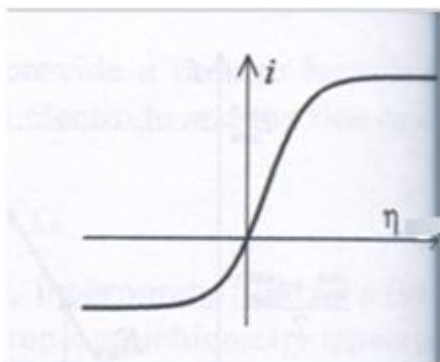
### Вариант 3

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, напрямую) преобразуют (химическую, электрическую, кинетическую, потенциальную) энергию в (электрическую, кинетическую, потенциальную, химическую) энергию».

Задание 3. Вставьте пропущенные слова: «Через (идеально поляризуемый, идеально деполаризованный) 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.

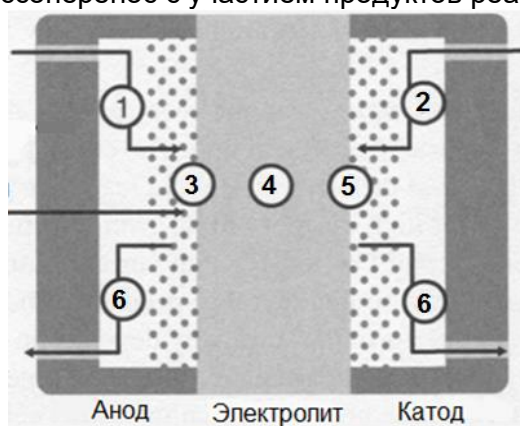
Задание 7. Вставьте пропущенные слова: «Наиболее вероятно, что катодная полуреакция в солевом марганцево-цинковом элементе протекает по (твердофазному, жидкофазному, газофазному) механизму путем диффузии электронов и (протонов, молекул воды, ионов гидроксила) с поверхности в глубь (зерна диоксида марганца,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

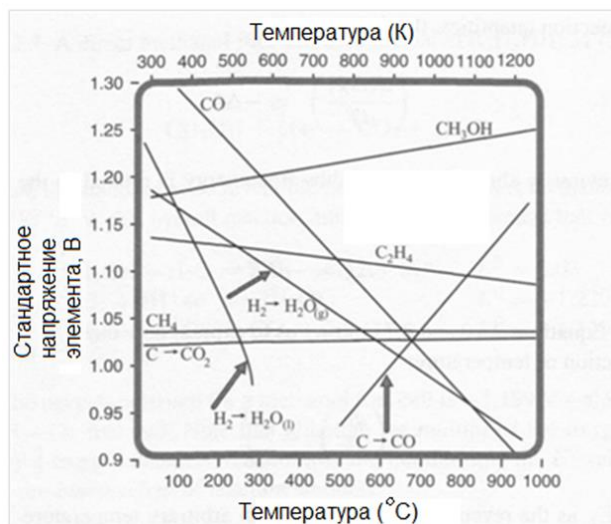
Задание 4.

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.

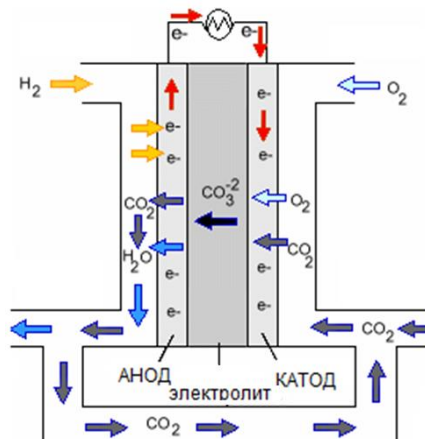
Запишите уравнение полуреакции, протекающей на катоде метанольного топливного элемента с мембраной Nafion.

Задание 8.

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

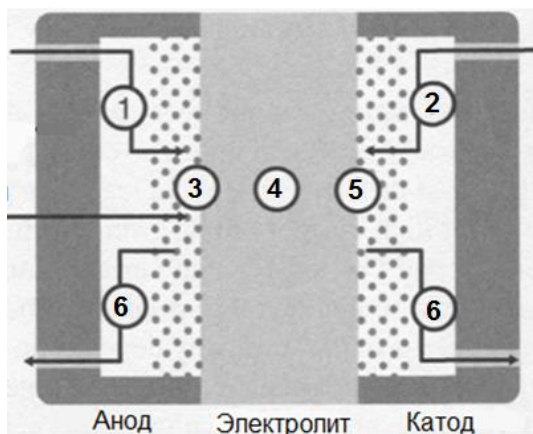
Задание 9.

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

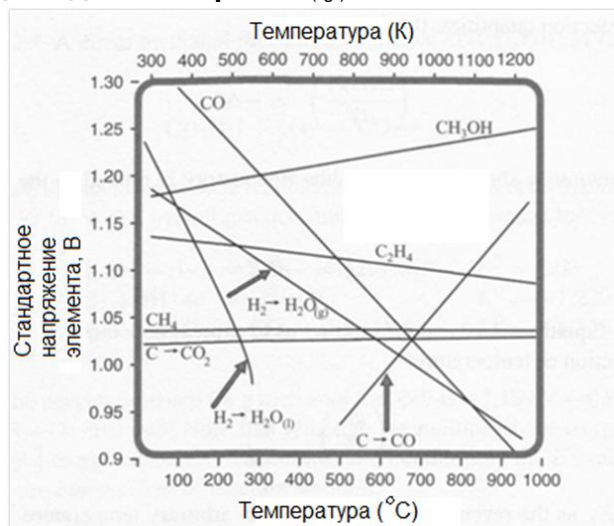
Задание 4.

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.

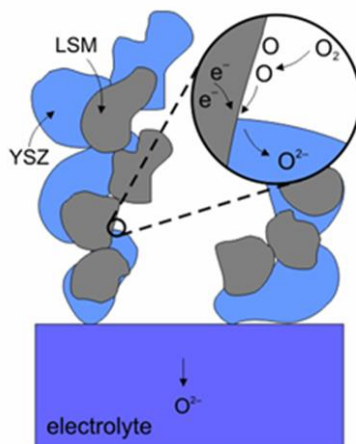
Запишите уравнение полуреакции, протекающей на аноде метанольного топливного элемента с мембраной Nafion.

Задание 8.

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

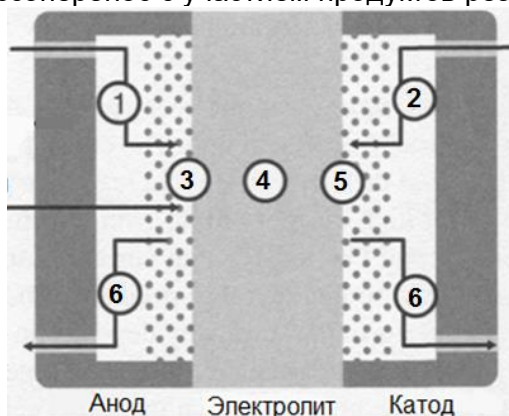
Задание 9.

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

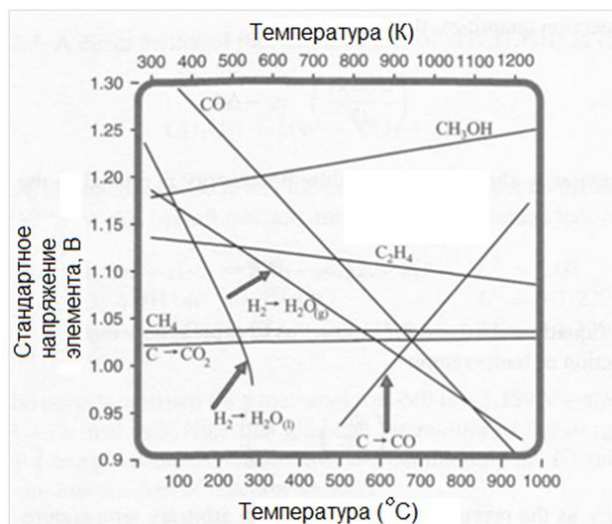
Задание 4.

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.

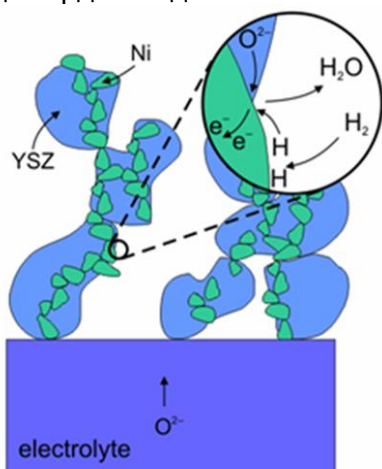
Что служит электролитом в твердополимерном топливном элементе?

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	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся правильно выполнил более 50 % заданий контрольной работы.	Пороговый уровень	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-воздушные 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	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
<i>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</i>	<i>Выполнены с оценкой зачтено задания текущей</i>	<i>Зачтено</i>

тока	аттестации. Достигнут пороговый уровень ответов по билету	
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 выполнены с оценкой зачтено задания текущей аттестации. Не достигнут пороговый уровень ответов по билету	Не зачтено