

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

08.06.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Б1.В.10 Химические источники тока

1. Код и наименование направления подготовки/специальности: 04.05.01

Фундаментальная и прикладная химия

2. Профиль подготовки/специализация: Фундаментальная химия в профессиональном образовании

3. Квалификация (степень) выпускника: Химик. Преподаватель химии

4. Форма обучения: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: физической химии

6. Составители программы: Козадеров Олег Александрович, д.х.н., доц.

7. Рекомендована: НМС химического факультета от 25.04.2023, протокол № 4

8. Учебный год: 2025-2026

Семестр(ы): 7

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: обязательная дисциплина вариативной части

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:

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК - 1	Способен проводить сбор, систематизацию и критический анализ научной, технической и патентной информации для решения исследовательских задач химической направленности	ПК - 1.1	Обеспечивает сбор научной, технической и патентной информации для решения исследовательских задач	знать: теоретические основы электрохимической энергоконверсии; уметь: применять знания о принципах работы современных электрохимических источников энергии, преобразования и аккумулирования различных видов энергии при решении профессиональных задач; иметь навыки: использования теоретических основ электрохимической энергоконверсии при решении экспериментальных задач.
		ПК - 1.2	Составляет аналитический обзор собранной научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта	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 - 3	Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области аналитической, физической, неорганической, органической и полимерной химии	ПК -3.1	Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными	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
		ПК -3.2	Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	знать: физико-химические основы процессов электрохимического преобразования энергии; уметь: применять теоретические основы электрохимической термодинамики и кинетики при решении профессиональных задач; иметь навыки: использования теоретических основ электрохимической энергоконверсии при решении экспериментальных задач.

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час. 3 / 108

Форма промежуточной аттестации: зачет

13. Виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость		
	Всего	По семестрам	
		7	
Аудиторные занятия, в том числе:	76	76	
лекции	38	38	
лабораторные	38	38	
Самостоятельная работа	32	32	
Форма промежуточной аттестации - зачет			
Итого:	108	108	

13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
1. Лекции			
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.	МООК «Современные химические источники тока» https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2
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.	УЭМК «Химические источники тока» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903
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	

		<p>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.</p> <p>Аккумуляторы для крупномасштабного хранения энергии. Жидкометаллические аккумуляторы. Система натрий-сера. Электрохимические процессы. Проточные аккумуляторы. Ванадиевые редокс-батареи. Электрохимические процессы. Электроды. Ионообменные мембраны. Электролит.</p>	<p>MOOK «Современные химические источники тока» https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2</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>УЭМК «Химические источники тока» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903</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.</p> <p>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.</p> <p>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. Электродокатализ. Электроды. Мембрана. Производительность.</p> <p>Топливные элементы прямого окисления жидкого топлива. Метанольный топливный элемент. Особенности электроокисления метанола. Мембранный электродный узел. Поляризационная кривая.</p> <p>Твердоокисные 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.</p>	<p>УЭМК «Химические источники тока» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903</p>

		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 в изменении климата. Электрохимические технологии и загрязнение окружающей среды.	
2. Практические занятия			
не предусмотрены учебным планом			
3. Лабораторные занятия			
3.1	Теоретические основы электрохимического преобразования энергии	<p>Определение термодинамических констант равновесия окислительно-восстановительных реакций в твердых электролитах</p> <p>Определение предельной молярной электропроводности сильного электролита</p> <p>Определение чисел переноса ионов методом движущейся границы</p> <p>Определение чисел переноса ионов методом Гитторфа</p>	<p>МООК «Современные химические источники тока» https://mooc.vsu.ru/course/view.php?id=2</p> <p>УЭМК «Химические источники тока» https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=9903</p>
3.2	Гальванические элементы	<p>Реализация электрода I рода и определение стандартного потенциала</p> <p>Реализация электрода II рода и определение его стандартного потенциала</p> <p>Реализация окислительно-восстановительного электрода и определение его стандартного потенциала</p> <p>Напряжение химических цепей</p> <p>Измерение напряжения концентрационной цепи и определение диффузионного потенциала</p>	
3.3	Аккумуляторы	<p>Испытание щелочного аккумулятора</p> <p>Исследование электрических характеристик свинцовых аккумуляторов</p>	
3.4	Электрохимические суперконденсаторы	<p>Измерение емкости двойного электрического слоя на твердом электроде при помощи моста переменного тока</p> <p>Получение гальваностатической кривой заряжения Pt(Pt)-электрода в серной кислоте</p> <p>Изучение влияния состава раствора на кривые заряжения платинированного платинового электрода</p>	
3.5	Водородная энергетика. Топливные элементы	<p>Газовый водородный электрод</p> <p>Электролиз водных растворов электролитов</p>	

13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1	Теоретические основы электрохимического преобразования энергии	8	-	8	8	24
2	Гальванические элементы	10	-	10	8	28
3	Аккумуляторы	8	-	8	8	24
4	Электрохимические суперконденсаторы	6	-	6	4	16
5	Водородная энергетика. Топливные элементы	6	-	6	6	18
	Итого:	38	0	38	32	108

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 «MOOC 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.

	URL:http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m09-76.pdf

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

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

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: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jan04053.pdf .
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: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/jan04059.pdf >.
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: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-03.pdf >.
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: http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m10-04.pdf >.
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 текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

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

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	Этапы формирования компетенции (разделы (темы) дисциплины или модуля и их)	ФОС (средства оценивания)

		наименование)	
ПК-1.1	знать: теоретические основы электрохимической энергоконверсии;	1.1-1.5	Контрольная работа № 1
	уметь: применять знания о принципах работы современных электрохимических источников энергии, преобразования и аккумулирования различных видов энергии при решении профессиональных задач;	1.1-1.5	Контрольная работа № 1
	иметь навыки: использования теоретических основ электрохимической энергоконверсии при решении экспериментальных задач.	1.1-1.5	Контрольная работа № 1
ПК-1.2	знать: теоретические основы экспериментальных методов изучения процессов электрохимической энергоконверсии	1.1-1.5	Контрольная работа № 1
	уметь: использовать теоретические основы электрохимической энергоконверсии при решении практических задач	1.1-1.5	Контрольная работа № 1
	владеть: основными методами электрохимической энергоконверсии и аккумулирования энергии	1.1-1.5	Контрольная работа № 1
ПК-3.2	знать: основные источники научной информации о принципах и методах электрохимической энергоконверсии	1.1-1.5	Контрольная работа № 1
	уметь: анализировать результаты решения практических задач	1.1-1.5	Контрольная работа № 1
	иметь навыки: формулирования выводов по использованию электрохимических энергоконверсионных установок	1.1-1.5	Контрольная работа № 1
ПК-3.2	знать: правила техники безопасности при работе в химической лаборатории	3.1-3.5	Контрольная работа № 1
	уметь: применять средства индивидуальной защиты	3.1-3.5	Контрольная работа № 1
	владеть: базовыми приемами предупреждения и ликвидации последствий аварийных ситуаций	3.1-3.5	Контрольная работа № 1
Промежуточная аттестация			Перечень вопросов к зачету

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

20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

Перечень заданий для контрольных работ Контрольная работа № 1

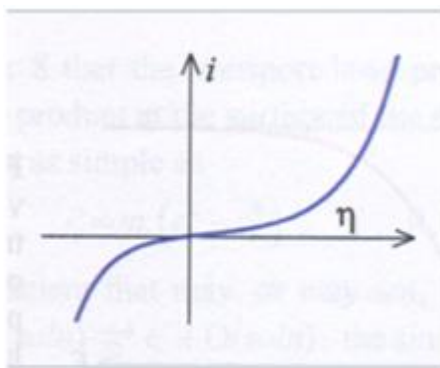
Вариант 1

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 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 гидроксила), 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?

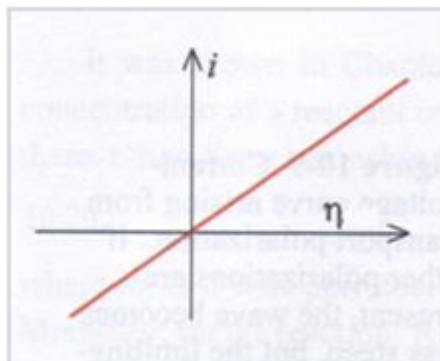
Вариант 2

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 (многозарядного, однозарядного) 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?

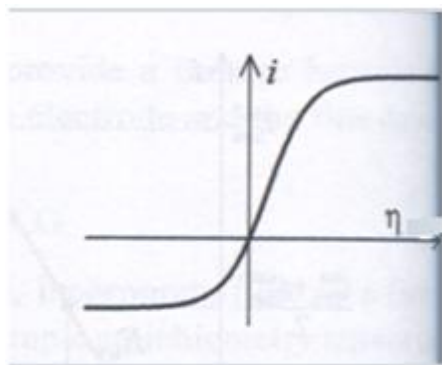
Вариант 3

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 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.

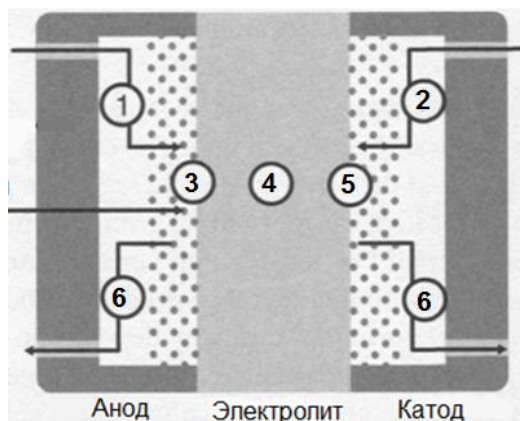
Задание 7. Вставьте пропущенные слова: «Наиболее вероятно, что катодная полуреакция в солевом марганцево-цинковом элементе протекает по (твердофазному, жидкофазному, газофазному) механизму путем диффузии электронов и (протонов, молекул воды, ионов гидроксидов) с поверхности в глубь (зерна диоксида марганца,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

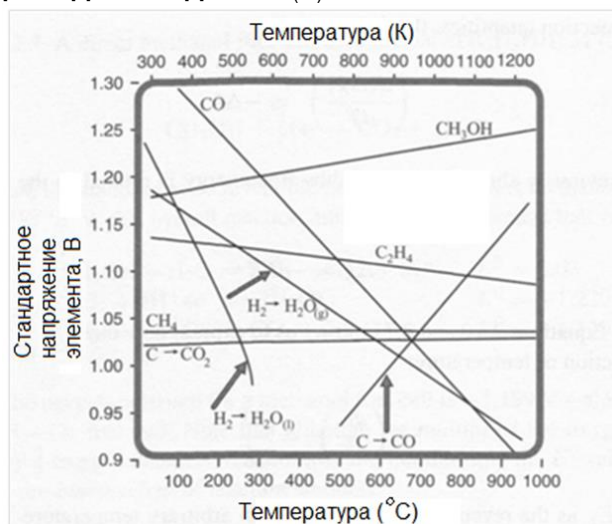
Задание 4.

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.

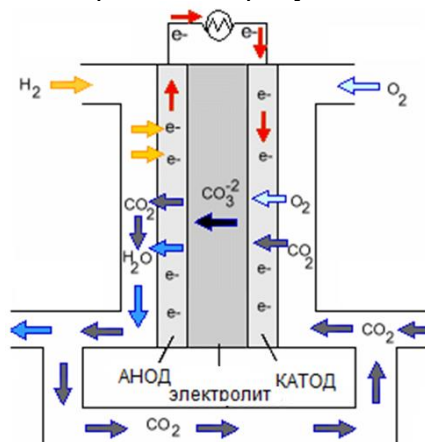
Запишите уравнение полуреакции, протекающей на катоде метанольного топливного элемента с мембраной Nafion.

Задание 8.

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

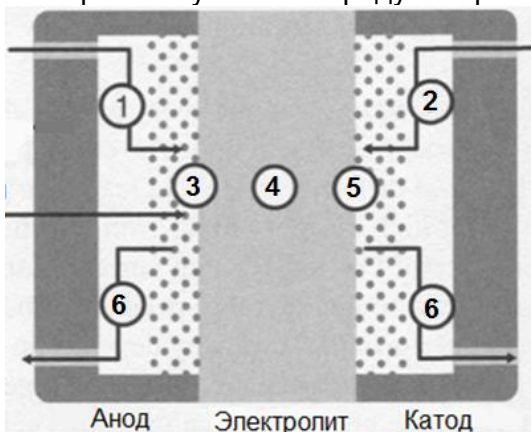
Задание 9.

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

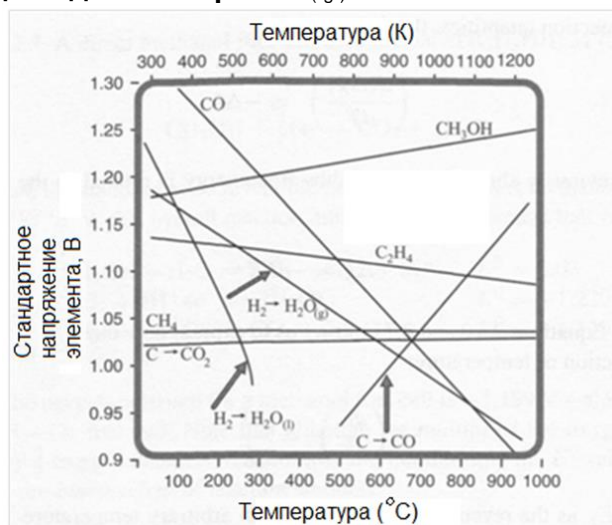
Задание 4.

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.

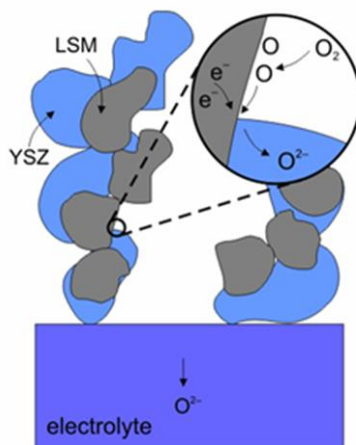
Запишите уравнение полуреакции, протекающей на аноде метанольного топливного элемента с мембраной Nafion.

Задание 8.

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

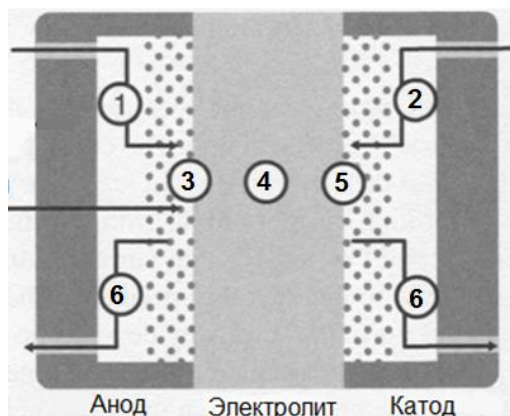
Задание 9.

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

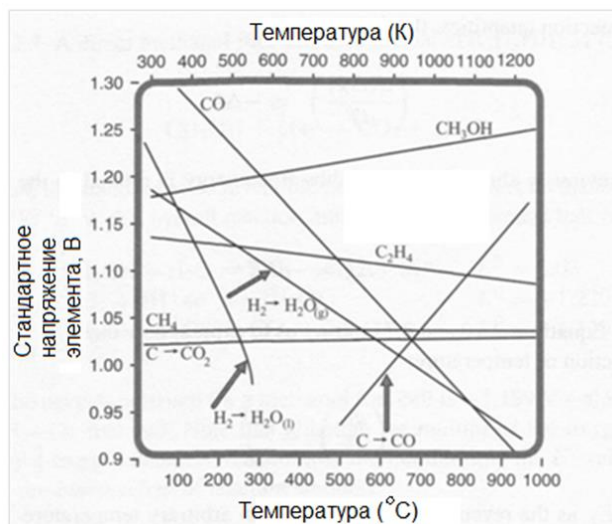
Задание 4.

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.

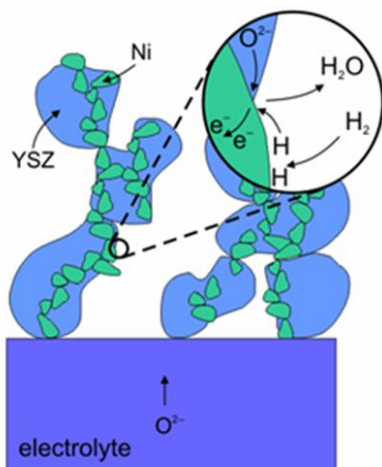
Что служит электролитом в твердополимерном топливном элементе?

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?



Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в формах: устного опроса (индивидуальный опрос, фронтальная беседа) и письменных работ (контрольная работа).

20.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

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

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности 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	Пороговый уровень	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

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

При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценки за зачет может быть выставлена по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.

20.3. Задания для проведения диагностических работ с целью оценки остаточных знаний по результатам освоения данной дисциплины

ПК-3

Закрытые задания

1. YSZ-электролит представляет собой твердый оксид _____(1), стабилизированный оксидом _____(2).

Заполните пропуски (1) и (2), выбрав подходящие варианты :

- а) циркония (IV)
- б) иттрия (III)

2. Аккумулятор - источник тока _____(1) действия, содержит _____(2) количество реагентов, которые _____(3) потребляются в ходе _____(4), поэтому устройство _____(5) использовано повторно.

Заполните пропуски (1) - (5), выбрав подходящие варианты :

- (1) а) одноразового
- б) многоразового
- (2) а) ограниченное
- б) неограниченное
- (3) а) обратимо
- б) необратимо
- (4) а) заряда

- б) разряда
- в) перезаряда
- (5) а) может быть
- б) не может быть

3. Когда литий-ионный аккумулятор разряжается, материал положительного электрода (например, _____(1)) восстанавливается, а материал отрицательного электрода (обычно _____(2)) окисляется.

Заполните пропуски (1) и (2), выбрав подходящие варианты :

- а) смешанный оксид лития и иного металла М
- б) интеркалят лития в углеродной матрице

4. Первичный (гальванический) элемент – химический источник тока _____(1) действия, содержит _____(2) количество реагентов, которые _____(3) потребляются в ходе _____(4), поэтому устройство _____(5) использовано повторно.

Заполните пропуски (1) - (5), выбрав подходящие варианты :

- (1) а) одноразового
- б) многоразового
- (2) а) ограниченное
- б) неограниченное
- (3) а) обратимо
- б) необратимо
- (4) а) заряда
- б) разряда
- в) перезаряда
- (5) а) может быть
- б) не может быть

5. Основная область применения расплавкарбонатных топливных элементов - это:

- а) электромобили
- б) портативная электроника
- в) электростанции

6. Основная область применения твердооксидных топливных элементов - это:

- а) электромобили
- б) портативная электроника
- в) электростанции

7. Химические источники тока _____(1) преобразуют _____(2) энергию в _____(3) энергию.

Заполните пропуски (1) - (3), выбрав подходящие варианты :

- (1) а) напрямую
- б) многоступенчато
- (2) а) кинетическую
- б) потенциальную

- в) химическую
 - г) электрическую
- (3) а) кинетическую
- б) потенциальную
 - в) химическую
 - г) электрическую

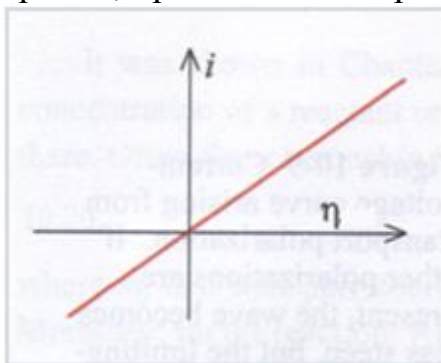
8. Активным веществом анода в солевом марганцево-цинковом гальваническом элементе служит (выберите один ответ):

- а) хлорид цинка
- б) металлический цинк
- в) графит
- г) хлорид аммония
- д) диоксид марганца

9. Активным материалом анода в щелочном марганцево-цинковом гальваническом элементе служит (выберите один ответ):

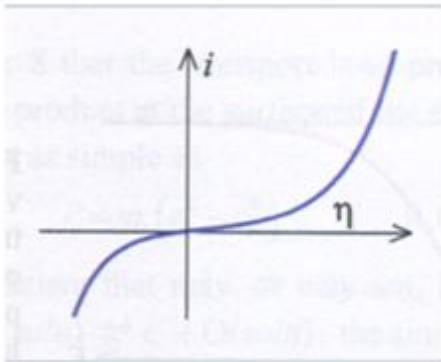
- а) цинковая пластина
- б) цинковый порошок
- в) латунная пластина
- г) графит
- д) диоксид марганца

10. Какому типу электродной поляризации отвечает форма поляризационной кривой, приведенной на рисунке (выберите один ответ)?



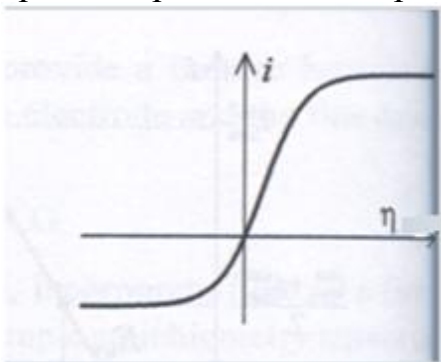
- а) транспортная поляризация
- б) кинетическая поляризация
- в) омическая поляризация

11. Какому типу электродной поляризации отвечает форма поляризационной кривой, приведенной на рисунке (выберите один ответ)?



- а) транспортная поляризация
- б) кинетическая поляризация
- в) омическая поляризация

12. Какому типу электродной поляризации отвечает форма поляризационной кривой, приведенной на рисунке (выберите один ответ)?



- а) транспортная поляризация
- б) кинетическая поляризация
- в) омическая поляризация

13. На каком электроде литий-ионного аккумулятора ионы лития встраиваются в графитовый электрод при заряде, образуя интеркаляционные соединения Li_xC ? Выберите один ответ:

- а) отрицательном
- б) положительном
- в) на обоих электродах
- г) ни на одном из электродов

14. Активным веществом катода в солевом марганцево-цинковом гальваническом элементе служит (выберите один вариант ответа):

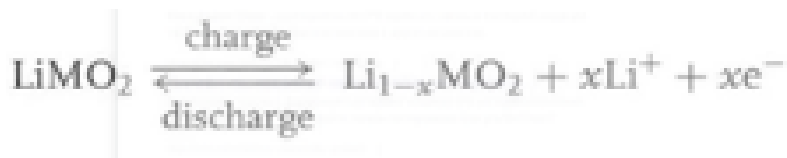
- а) хлорид цинка
- б) металлический цинк
- в) графит
- г) хлорид аммония
- д) диоксид марганца

15. Активным материалом катода в щелочном марганцево-цинковом гальваническом элементе служит (выберите один вариант ответа):

- а) цинковая пластина

- б) цинковый порошок
- в) латунная пластина
- г) графит
- д) диоксид марганца

16. На каком электроде литий-ионного аккумулятора протекает следующая полуреакция (выберите один ответ)



- а) отрицательном
- б) положительном
- в) на обоих электродах
- г) ни на одном из электродов

17. Укажите основную область применения метанольных топливных элементов (выберите один ответ):

- а) электромобили
- б) портативная электроника
- в) электростанции

18. На аноде водородно-кислородного топливного элемента с мембраной Nafion окисляется (выберите один ответ):

- а) газообразный водород
- б) кислород воздуха
- в) метанол
- г) ионообменная мембрана

19. К высокотемпературным топливным элементам относятся (выберите один или несколько ответов):

- а) биологические
- б) твердооксидные
- в) твердополимерные
- г) расплавные

20. Укажите все органические вещества, используемые в низкотемпературных твердополимерных топливных элементах (выберите один или несколько ответов):

- а) амиловый спирт
- б) этиловый спирт
- в) метановая кислота
- г) пальмитиновая кислота
- д) метиловый спирт

21. Составьте схему никель-металлгидридного аккумулятора, заполнив пропуски:

(____ (1)) ____ (2) | ____ (3) | ____ (4) (____ (5))

- а) -
- б) +
- в) Cd
- г) Ni
- д) NiOOH
- е) KOH
- ж) MH

Ключи к закрытым вопросам

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7
Ответ	(1)-а, (2)-б	(1)-б, (2)-а, (3)-а, (4)-б, (5)-а	(1)-а, (2)-б	(1)-а, (2)-а, (3)-б, (4)-б, (5)-б	в	в	(1)-а, (2)-в, (3)-г
Вопрос	8	9	10	11	12	13	14
Ответ	б	б	в	б	а	а	д
Вопрос	15	16	17	18	19	20	21
Ответ	д	б	б	а	б, г	а, б, д	(1)-а, (2)-ж, (3)-е, (4)-д, (5)-б

ПК-3

Открытые задания

1. Вместо металлического лития в литий-ионных аккумуляторах используются литийсодержащие _____, при формировании которых металлическая фаза Li не образуется.

Ответ: интеркаляты

ПК-1

Закрытые задания

1. При разбавлении электролита водой напряжение свинцово-кислотного аккумулятора (выберите один вариант ответа):

- а) уменьшается
- б) увеличивается
- в) не изменяется

2. С ростом активности серной кислоты напряжение свинцово-кислотного аккумулятора (выберите один вариант ответа):

- а) уменьшается
- б) увеличивается
- в) не изменяется

3. При перезаряде свинцово-кислотного аккумулятора на отрицательном электроде _____ (1), а на положительном электроде _____ (2), что приводит к _____ (3).

Заполните пропуски (1)-(3), выбрав подходящие варианты:

- а) выделяется водород
- б) выделяется кислород
- в) образуется сульфат свинца (IV)
- г) разложению воды
- д) сульфатации электродов

4. В катодной полуреакции в марганцево-литиевом элементе образуется $\text{Li}_2\text{Mn}_2\text{O}_4$ – продукт процесса _____ (1) ионов _____ (2) в кристаллическую решетку _____ (3), в ходе которого происходит постепенное _____ (4) степени окисления _____ (5).

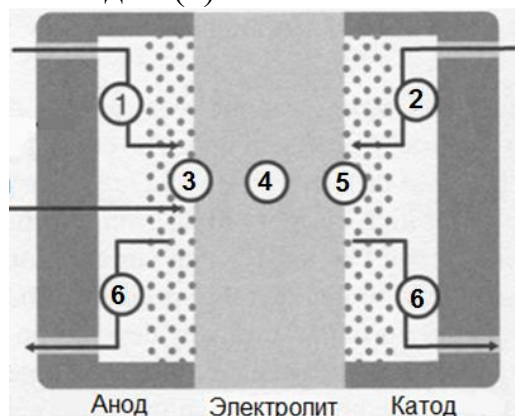
Заполните пропуски (1)-(5), выбрав подходящие варианты:

- (1) а) интеркаляции
- б) деинтеркаляции
- (2) а) лития
- б) марганца
- (3) а) диоксида марганца
- б) лития
- (4) а) увеличение
- б) уменьшение
- (5) а) лития
- б) марганца

5. Равновесное напряжение электрохимического элемента равно _____ катодного и анодного потенциалов. Заполните пропуск, выбрав подходящий вариант:

- а) произведению
- б) сумме
- в) разности

6. Стадии (3) в схеме топливного элемента отвечает _____ поляризация



- а) концентрационная
- б) омическая
- в) активационная

7. Свинцово-кислотный аккумулятор следует хранить в _____ (1) состоянии, чтобы избежать _____ (2).

Заполните пропуски (1)-(2), выбрав подходящие варианты:

- (1) а) заряженном
- б) разряженном
- (2) а) взрыва
- б) сульфатации электродов
- в) эффекта памяти

8. Установите соответствие между типом электродной поляризации и определением:

- (1) Активационная поляризация
- (2) Концентрационная поляризация
- (3) Омическая поляризация
- а) возникает из-за замедленности миграции заряженных частиц в элементе
- б) возникает из-за замедленности электродной реакции
- в) возникает из-за замедленности в доставке реагентов к электроду и/или удалении продуктов от электрода

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

- а) использование электрокатализаторов
- б) уменьшение толщины электродов и электролита
- в) увеличение шероховатости поверхности электрода
- г) увеличение электропроводности электролита
- д) принудительная конвекция
- е) увеличение температуры
- ж) увеличение концентрации реагентов

10. Укажите способы снижения омических потерь при работе топливного элемента. Выберите один или несколько ответов:

- а) использование электрокатализаторов
- б) уменьшение толщины электродов и электролита
- в) увеличение шероховатости поверхности электрода
- г) увеличение электропроводности электролита
- д) принудительная конвекция
- е) увеличение температуры
- ж) увеличение концентрации реагентов

11. Напряжение свинцово-кислотного аккумулятора зависит от активности (выберите один или несколько ответов):

- а) PbO_2
- б) PbSO_4
- в) Pb
- г) H_2O
- д) H_2SO_4

12. Укажите тип электродов в проточном ванадиевом аккумуляторе (выберите один ответ):

- а) электроды II рода
- б) окислительно-восстановительные
- в) электроды I рода

13. Наиболее вероятно, что катодная полуреакция в солевом марганцево-цинковом элементе протекает по _____ (1) механизму путем диффузии электронов и _____ (2) с поверхности вглубь _____ (3).

Заполните пропуски (1)-(3), выбрав подходящие варианты:

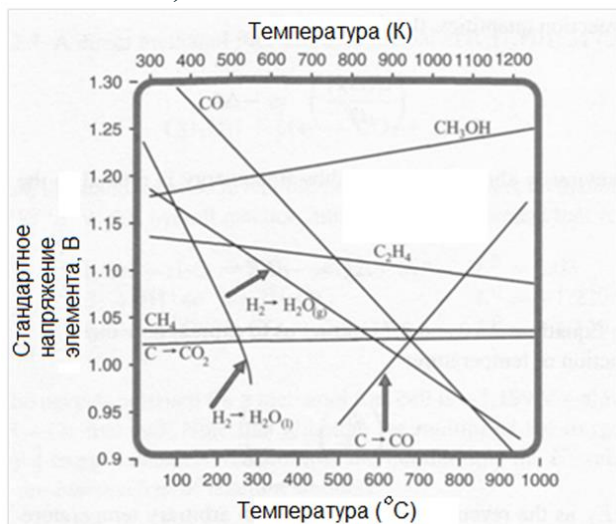
- (1) а) твердофазному
 - б) жидкофазному
 - в) газофазному
- (2) а) протонов
 - б) молекул воды
 - в) ионов гидроксидов
- (3) а) зерна диоксида марганца
 - б) фазы металлического цинка
 - в) электролита

14. В щелочных марганцево-цинковых элементах катодная полуреакция протекает с участием _____ (1), при этом образуется _____ (2), а рН электролита в порах катода _____ (3). Заполните пропуски (1)-(3), выбрав подходящие варианты:

- (1) а) протонов
 - б) молекул воды
 - в) ионов гидроксидов
- (2) а) MnOOH
 - б) MnO

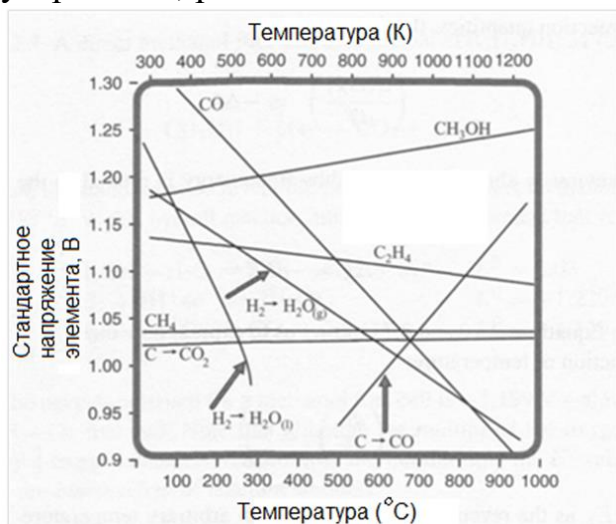
- (3) а) уменьшается
 б) увеличивается
 в) не изменяется

15. 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 (выберите один ответ):



- а) уменьшается
 б) увеличивается
 в) не изменяется

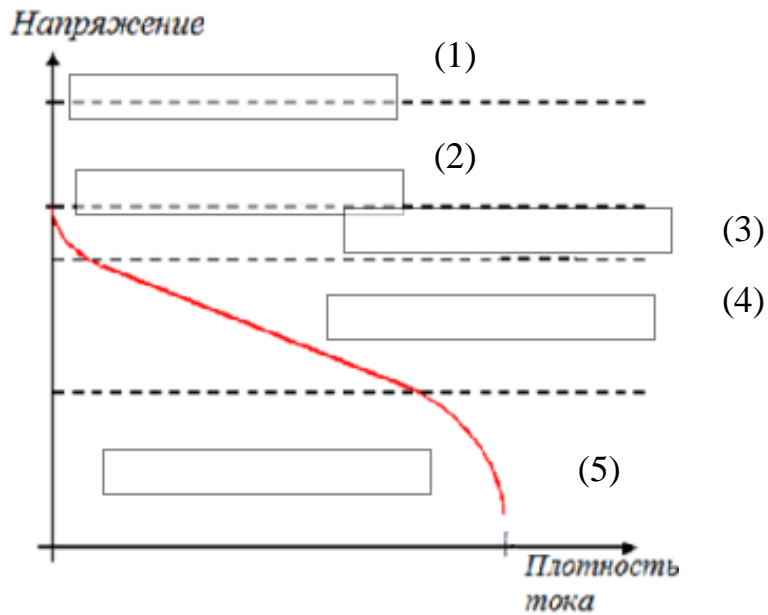
16. Используя диаграмму зависимости стандартного равновесного напряжения топливных элементов от температуры, определите, как изменяется энтропия в устройстве, работающем на окислении метанола CH_3OH H_2O (выберите один ответ):



- а) уменьшается
 б) увеличивается
 в) не изменяется

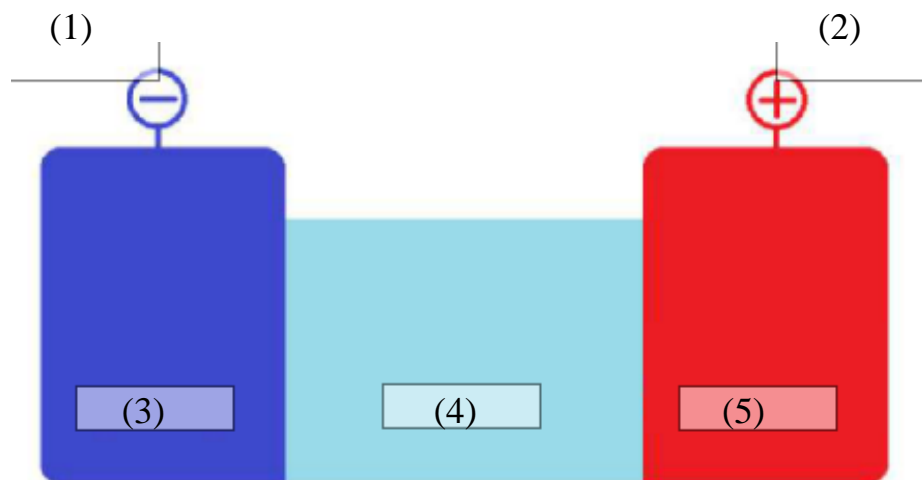
17. Обозначьте области (1)-(5) на вольтамперной кривой соответствующими маркерами:

- а) равновесное напряжение
- б) напряжение разомкнутой цепи
- в) омическая поляризация
- г) активационная (кинетическая) поляризация
- д) концентрационная поляризация



18. Обозначьте области (1)-(5) на вольтамперной кривой соответствующими маркерами:

- а) анод
- б) катод
- в) металл
- г) оксид металла
- д) электролит



18. Составьте схему свинцово-кислотного аккумулятора, заполнив пропуски:
(_____(1)) _____(2) | _____(3) | _____(4) (_____(5))

- а) -
- б) +
- в) H_2SO_4
- г) $PbSO_4$
- д) Pb
- е) PbO_2

22. Составьте схему щелочного марганцево-цинкового элемента, заполнив пропуски:

(_____(1)) _____(2) | _____(3) | _____(4) (_____(5))

- а) -
- б) +
- в) H_2SO_4
- г) $ZnCl_2$
- д) $MnOOH$
- е) KOH
- ж) HgO
- з) ZnO
- и) Zn
- к) CuO
- л) MnO_2
- м) NH_4Cl

23. Составьте схему щелочного марганцево-литиевого элемента, заполнив пропуски:
(_____(1)) _____(2) | _____(3) | _____(4) (_____(5))

- а) -
- б) +
- в) H_2SO_4
- г) $LiOH$
- д) $MnOOH$
- е) KOH
- ж) HgO
- з) Li
- и) Zn
- к) CuO
- л) MnO_2
- м) $LiClO_4$

Ключи к закрытым вопросам

Вопрос	1	2	3	4	5	6	7
Ответ	а	б	(1)-а, (2)-б, (3)-г	(1)-а, (2)-а, (3)-а, (4)-б, (5)-б	в	в	(1)-а, (2)-б
Вопрос	8	9	10	11	12	13	14
Ответ	(1)-б, (2)-в, (3)-а	а, в, е, ж	б, г	г, д	б	(1)-а, (2)-а, (3)-а	(1)-а, (2)-а, (3)-б
Вопрос	15	16	17	18	19	20	21
Ответ	а	б	(1)-а, (2)-б, (3)-в, (4)-г, (5)-д	(1)-а, (2)-б, (3)-в, (4)-д, (5)-г	(1)-а, (2)-д, (3)-в, (4)-е, (5)-б	(1)-а, (2)-и, (3)-е, (4)-л, (5)-б	(1)-а, (2)-з, (3)-м, (4)-л, (5)-б

ПК-1

Открытые задания

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

Ответ: $MnOOH$