

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Димитровградский инженерно-технологический институт –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ДИТИ НИЯУ МИФИ)**



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Электрохимия»**

**Специальность** 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

**Квалификация выпускника** инженер

**Специализация** Химическая технология материалов ядерного топливного цикла

**Форма обучения** очная

**Выпускающая кафедра** Кафедра радиохимии

**Кафедра-разработчик рабочей программы** Кафедра радиохимии

Семестр	Трудоемкость час. (ЗЕТ)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет/кр)
8	144 (4)	36	18	-	54	экзамен
<b>Итого</b>	<b>144 (4)</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>54</b>	<b>36</b>

Димитровград  
2021 г.

Рабочая программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 29.12.2012г. №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», Образовательного стандарта высшего образования, самостоятельно установленного НИЯУ МИФИ (далее – Образовательный стандарт (или ОС) НИЯУ МИФИ), по специальности 18.05.02. Химическая технология материалов современной энергетики), утвержденного Ученым советом университета (протокол № 18/03 от 31.05.2018 г., актуализировано Ученым советом университета (протокол № 21/11 от 27.07.2021 г.)), учебного плана ДИТИ НИЯУ МИФИ.

Составители рабочей программы

Доцент кафедры радиохимии,

к.х.н.

(должность, ученое звание, степень)

  
(подпись)

К.В. Ротманов

(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры радиохимии  
протокол № 6 от 25.03.2021г.

Зав. кафедрой-разработчика

«25» 03 2021г.

  
(подпись)

А.А. Лизин

(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

И.о. зав. выпускающей кафедрой

«01» 04 2021г.

  
(подпись)

А.А. Лизин


(Ф.И.О.)

Руководитель ООП,

Лизин А.А., к.х.н.,

и.о. зав. кафедрой радиохимии

«01» 04 2021г.

  
(подпись)

А.А. Лизин

(Ф.И.О.)

## СОДЕРЖАНИЕ

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....	4
2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....	4
3 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	7
5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	12
6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ) .....	12
7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	18
8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	19
9 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....	20

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель** освоения дисциплины: в формировании научных представлений о способах описания свойств растворов электролитов и изучении основных теорий, описывающих эти свойства, как в состоянии равновесия, так и в неравновесных условиях.

**Задачи** освоения дисциплины:

- изучение основ электрохимических процессов и явлений;
- формирование представлений об электрохимических системах и их составных частях;
- изучение свойств электрохимических систем и химических источников тока.

## 2 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций и индикаторов их достижения в соответствии с ОС НИЯУ МИФИ и ООП ВО по специальности.

**Универсальные компетенции и индикаторы их достижения:**

Наименование категории (группы) УК	Код и наименование УК	Код и наименование индикатора достижения УК
Естественно-научная	УКЕ-1 Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах	З-УКЕ-1 знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования У-УКЕ-1 уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами

## Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения:

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование ПК	Код и наименование индикатора достижения ПК	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщенные трудовые функции
<b>Тип задачи профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
<p>Разработка планов, программ и методик проведения исследований материалов и технологических процессов, являющихся объектами профессиональной деятельности;</p> <p>– проведение экспериментальных исследований процессов, методов и подходов в области технологии материалов современной энергетики со всеми объектами, указанными в п.3.3;</p> <p>– изучение изменения свойств материалов под действием интенсивных радиационных излучений различной природы;</p> <p>– создание теоретических моделей для прогнозирования свойств материалов современной энергетики;</p> <p>– моделирование и оптимизация производственных установок и</p>	<p>Цирконий, уран, плутоний и другие трансурановые элементы, радиоактивные элементы естественного происхождения и продукты, образовавшиеся в ядерных реакторах и при облучении мишеней на ускорителях – в виде руд, концентратов и вторичного сырья, а также процессы обращения с ними, выделения и аффинажа целевых продуктов; Рассеянные элементы: цезий, рубидий, таллий, галлий, индий, скандий, германий, а также редкие элементы: литий, бериллий, ванадий, титан, молибден, вольфрам, редкоземельные элементы и их соединения, играющие важную роль в высокотехнологичных процессах современной энергетики и экономики; Природное и техногенное сырье, содержащее изотопы легких элементов, в том числе лития, бериллия, бора, углерода и их соединений – включая приведение их</p>	<p>ПК-1 Способен самостоятельно выполнять исследования с использованием современной аппаратуры и методов исследования в области объектов профессиональной деятельности, проводить корректную обработку результатов и устанавливать адекватность моделей</p>	<p>З-ПК-1 Знать: методики планирования эксперимента, стандартные методики проведения комплексных исследований в промышленных и лабораторных условиях, методики обработки и обобщения полученных результатов, методики установления адекватности и анализ исследуемой математической зависимости.</p> <p>У-ПК-1 Уметь: проводить все основные промышленные и лабораторные исследования в области химической технологии материалов современной энергетики с использованием современной аппаратуры, проводить предварительную оценку методов исследований, выбрать оптимальную методику, грамотно осуществлять исследование и самостоятельно обрабатывать</p> <p>В-ПК-1 Владеть: современными тенденциями постановки и планирования эксперимента, последними научными дости-</p>	<p>Профессиональный стандарт «24.075. Инженер - исследователь в области разделения изотопов»</p> <p>Обобщенная трудовая функция В/01.7. Планирование проведения экспериментальных работ на создаваемых установках по разделению изотопов</p> <p>Профессиональный стандарт «24.078. Специалист-исследователь в области ядерно-энергетических технологий»</p> <p>Обобщенная трудовая функция В.7. Выработка направлений прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию ядерно-</p>

<p>технологических схем;  – анализ научно-технической литературы и проведение патентного поиска;  – составление научно-технических отчетов и аналитических обзоров литературы.</p>	<p>в состоянии, требуемое для атомной промышленности; Специально созданные мишени для накопления целевых изотопов, а также попутное извлечение ценных изотопов в ходе технологических процессов; Технологические процессы извлечения, концентрирования и очистки, указанных выше объектов, оборудование и системы контроля для их осуществления; Оборудование, приборы и методы обеспечения аналитического контроля проведения этих процессов в лабораторных и промышленных условиях; Технологические процессы обращения с ОЯТ и РАО, получения и выделения радиоизотопов; Методы обеспечения радиационной безопасности и реабилитации территорий, связанные с использованием ядерных объектов</p>		<p>жениями в области проведения промышленных и лабораторных исследований с использованием новейшей аппаратуры, современными методами обработки полученных результатов и математического аппарата</p>	<p>энергетических технологий и руководство деятельностью подчиненного персонала по их выполнению</p>
--	--	--	--	--

В результате изучения дисциплины студент специалитета должен:

*Знать:*

- основные понятия и определения теоретической электрохимии;
- типы электрохимических систем, их составные части и свойства;
- механизм электрохимических реакций, их термодинамику и кинетику.

*Уметь:*

- применять полученные знания при теоретическом анализе, компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании электрохимических процессов;
- находить взаимосвязь между природой электрохимической системы и процессами, которые могут в ней протекать;
- правильно сформулировать задачу при постановке электрохимического исследования и разработать путь ее решения.

*Владеть:*

- методами определения термодинамических и кинетических характеристик электрохимических процессов;
- информацией об областях применения и перспективах развития электрохимических технологий.

### 3 ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	В36 - формирование ответственности и аккуратности в работе с опасными веществами и при требованиях к нормам высокого класса чистоты; В37 - формирование культуры радиационной безопасности при использовании источников ионизирующего и неионизирующего излучения	Использование воспитательного потенциала для формирования навыков безусловного выполнения всех норм безопасности на рабочем месте, соблюдении мер предосторожности при выполнении исследовательских и производственных задач с опасными веществами, а также в помещениях с высоким классом чистоты посредством привлечения действующих специалистов к реализации учебных дисциплин и сопровождению проводимых у студентов практических работ в этих организациях.

### 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина Электрохимия относится к базовой части профессионального модуля учебного плана по специальности 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики.

#### 4.1 Объем дисциплины

Общая трудоемкость (объем) Электрохимия составляет 4 зачетных единицы (ЗЕТ), 144 академических часа.

Таблица 4.1 Объем дисциплины по видам учебных занятий (в соответствии с учебным планом)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад. часов)	Семестр
		8
<b>Контактная работа с преподавателем</b> в том числе:		
– аудиторная по видам учебных занятий	<b>54</b>	<b>54</b>
– лекции	36	36
– практические занятия	18	18
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b> <b>в том числе:</b>	<b>54</b>	<b>54</b>
– изучение теоретического курса	44	44
– расчетно-графические задания, задачи	10	10
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)</b>	<b>36</b>	<b>Экзамен (36)</b>
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>4 (144)</b>	<b>4 (144)</b>
<b>в том числе в форме практической подготовки</b>	<b>3</b>	<b>3</b>

Таблица 4.2 - Распределение учебной нагрузки по разделам дисциплины

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, включая самостоятельную работу студентов, акад. часы							Всего часов	Формируемые индикаторы освоения компетенций
		Лекции	Практические занятия	в том числе в форме практиче- ской подготовки	Лабораторные работы	в том числе в форме практиче- ской подготовки	Самостоятельная работа	в том числе в форме практиче- ской подготовки		
1	Введение	2	-	-	-	-	-	-	2	3-УКЕ-1 У-УКЕ-1 В-УКЕ-1 3-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1
2	Термодинамика растворов элект- ролитов	16	8	1	-	-	26	-	50	3-УКЕ-1 У-УКЕ-1 В-УКЕ-1 3-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1
3	Электрохимия гетерогенных си- стем	18	10	2	-	-	28	-	56	3-УКЕ-1 У-УКЕ-1 В-УКЕ-1 3-ПК-1 У-ПК-1 В-ПК-1
	<b>ИТОГО</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>54</b>		<b>108</b>	



## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 4.3 - Лекционный курс

№ лекции	Номер раздела	Тема лекции	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе с использованием интерактивных образовательных технологий
1	1	<u>Введение</u> Предмет и содержание электрохимии. Ее основные разделы. Значение электрохимии для технологии.	2	1
2-9	2	<u>Термодинамика растворов электролитов</u> Общая характеристика растворов электролитов. Строение и свойства растворов электролитов. Равновесия в растворах электролитов. Коллигативные свойства растворов электролитов. Изотонический и осмотический коэффициенты. Влияние растворителей на диссоциацию. Сольватация. Строение растворов сильных электролитов. Основы электростатической теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля. Вычисление коэффициентов активности. Ионные и средние ионные коэффициенты активности. Равновесия в растворах электролитов. Термодинамические и практические константы равновесия (константы диссоциации, гидролиза, ионное произведение воды, произведение растворимости); влияние ионной силы. Электрическая проводимость растворов электролитов. Электрическая проводимость растворов. Удельная, молярная и эквивалентная проводимость. Подвижности ионов. Связь электрической проводимости с подвижностями ионов. Зависимость от концентрации; предельная эквивалентная проводимость. Зависимость электрической проводимости от температуры, природы электролита и растворителя. Числа переноса, их использование для определения электрической проводимости ионов. Основные положения теории электрической проводимости сильных электролитов Дебая-Хюккеля-Онзагера. Практическое использование измерений электрической проводимости (кондуктометрическое титрование, определение степени и константы диссоциации слабых электролитов, растворимости труднорастворимых солей).	16	4
10-18	3	<u>Электрохимия гетерогенных систем</u> Термодинамика гальванических элементов. Потенциометрия. Химические источники тока. Механизм возникновения скачка потенциала и двойного электрического слоя на границе раздела металл – раствор электролита. Электрохимический потенциал. Электродвижущие силы электрохимических систем. Гальванические элементы. Водородная шкала электродных потенциалов. Равновесный потенциал. Стандартные потенциалы. Выражение равновесного потенциала для электродов различных типов (электроды первого и второго рода, окислительно-восстановительные, ионообменные). Классификация гальванических элементов (химические	18	4

		<p>и концентрационные элементы, элементы с переносом и без переноса). Диффузионный потенциал. Использование стандартных потенциалов для определения направления химических и электрохимических реакций. Определение <math>\Delta G</math>, <math>\Delta S</math>, <math>\Delta H</math> и константы равновесия реакции, протекающей в гальваническом элементе. Термодинамический расчет ЭДС.</p> <p>Практическое использование потенциометрических измерений (определение pH, степени и константы диссоциации слабых электролитов, степени и константы гидролиза, коэффициентов активности сильных электролитов, потенциометрическое титрование, определение произведения растворимости, константы нестойкости и состава комплексного соединения, чисел переноса). Химические источники тока.</p> <p>Кинетика электрохимических процессов и электрохимическая коррозия. Электролиз. Катодные и анодные процессы. Характеристика скорости электрохимических процессов с помощью поляризационных кривых. Виды поляризации электродов. Концентрационная поляризация; предельный ток. Теория замедленного разряда М. Фольмера. Уравнение Тафеля. Практическое значение перенапряжения при выделении водорода. Анодное перенапряжение, пассивирование металлов. Электрохимическая коррозия. Термодинамические и кинетические факторы в коррозии (иллюстрация поляризационными кривыми). Способы защиты от коррозии.</p>		
Итого:			36	9

Таблица 4.4 - Практические занятия

№ занятия	Номер раздела	Наименование практического занятия	Трудоемкость, акад. часов	
			всего	в том числе в форме практической подготовки
1	2	Равновесие в растворах электролитов. Расчет коэффициентов активности в растворах электролитов	2	
2	2	Электропроводность растворов электролитов Числа переноса ионного компонента. Электрическая и ионная подвижность. Закон независимого движения ионов	2	0,5
3	2	Расчет степени и константы диссоциации, pH раствора слабого электролита по электрической проводимости	4	0,5
4	3	Электрохимические системы в равновесном состоянии. Уравнение Нернста. Потенциалы электродов в относительной шкале. Стандартные электродные потенциалы	2	0,5
5	3	Гальванические элементы. Расчет потенциалов электродов. Вычисление ЭДС гальванических элементов.	4	1
6	3	Кинетика электрохимических процессов	4	0,5
Итого:			<b>18</b>	<b>3</b>

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

Таблица 4.6 - Самостоятельная работа студента

Раздел дисциплины	№ п/п	Вид самостоятельной работы студента	Трудоемкость, часов
2	2.1	Общая характеристика растворов электролитов. Влияние растворителей на диссоциацию. Особенности коллигативных свойств растворов электролитов. Изотонический и осмотический коэффициенты. Выполнение домашнего индивидуального задания.	6
	2.2	Основы электростатической теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля. Вычисление коэффициентов активности ионов. Различные приближения (обобщения) уравнения Дебая–Хюккеля для расчета коэффициентов активности в растворах электролитов, их смысл. Выполнение домашнего индивидуального задания.	6
	2.3	Равновесия в растворах электролитов. Термодинамические и практические константы равновесия, влияние ионной силы. Расчет степени и константы диссоциации, pH раствора слабого электролита по электрической проводимости. Подготовка к коллоквиуму. Выполнение домашнего индивидуального задания.	7
	2.4	Электрическая проводимость растворов. Удельная, молярная проводимость. Связь электрической проводимости с подвижностями ионов. Зависимость электрической проводимости от концентрации; предельная молярная проводимость. Числа переноса, их использование для определения электрической проводимости ионов. Подготовка к коллоквиуму. Выполнение домашнего индивидуального задания.	7
3	3.1	Механизм возникновения скачка потенциала и двойного электрического слоя на границе раздела металл – раствор электролита. Электрохимический потенциал. Выражение для равновесного скачка потенциала на границе металл – раствор электролита (гальванический потенциал). Выполнение домашнего индивидуального задания.	4
	3.2	Гальванические элементы. Электродвижущие силы электрохимических систем. Уравнение Нернста. Водородная шкала электродных потенциалов. Выполнение домашнего индивидуального задания.	6
	3.3	Определение через ЭДС термодинамических характеристик ( $\Delta G$ , $\Delta S$ , $\Delta H$ , $K_{\text{равн}}$ ) реакции, протекающей в гальваническом элементе. Термодинамический расчет ЭДС (в т.ч. при различных температурах). Использование стандартных потенциалов для определения направления химических и электрохимических реакций. Выполнение домашнего индивидуального задания.	6
	3.4	Электролиз. Катодные и анодные процессы. Характеристика скорости электрохимических процессов с помощью поляризационных кривых. Выполнение домашнего индивидуального задания.	6
	3.5	Виды поляризации электродов. Концентрационная и электрохимическая поляризация. Уравнение Тафеля. Подготовка к коллоквиуму. Выполнение домашнего индивидуального задания.	6
<b>ИТОГО:</b>			<b>54</b>

## 5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины «Электрохимия» используются различные методы обучения:

**Лекции:** информационная лекция, проблемная лекция, лекция-беседа, лекция-консультация, лекция-визуализация.

Для контроля усвоения студентами разделов данного курса проводятся беседы во время чтения лекции, предлагаются проблемные задания, используются компьютерные и технические средства для улучшения восприятия изучаемого материала, для приобретения студентами новых теоретических и фактических знаний.

**Практические занятия:** семинар, коллоквиум, решение задач.

На практических занятиях проводится обсуждение наиболее важных и трудных разделов дисциплины, проверка и обсуждение индивидуальных домашних заданий, итогов выполнения контрольных работ, заслушивание и обсуждение рефератов, решение расчётных задач.

**Самостоятельная работа** студентов подразумевает проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой литературы, подготовку индивидуальных домашних заданий, подготовку к контрольным работам, для выполнения которых необходимо использовать не только работу с предлагаемой литературой, но и поиск по базам данных химических соединений, работу в электронных библиотеках.

**Дистанционное обучение** реализуется при прочтении некоторых лекций, решения индивидуальных задач при подготовке к контрольным работам посредством видеоконференцсвязи и электронной почты.

## 6 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО И ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ (АННОТАЦИЯ)

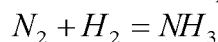
Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о рейтинговой системе оценки знаний студентов ДИТИ НИЯУ МИФИ.

**Входной контроль** используется для определения начального уровня подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения конкретной группы обучающихся.

### Пример заданий входного контроля

Задания (вопросы) для входного контроля знаний обучающихся:

1. Математическое выражение первого начала термодинамики.
2. Математическое выражение второго начала термодинамики.
3. Какую величину можно рассчитать по закону Гесса?
4. Как обозначается теплоемкость? Укажите её размерность.
5. Приведите примеры простых веществ.
6. Приведите примеры сложных веществ.
7. Из скольких фаз состоит воздух?
8. Из скольких фаз состоит раствор серной кислоты?
9. Из скольких фаз состоит смесь кристаллов соли и сахара?
10. Прекращается ли химическая реакция при наступлении химического равновесия?
11. Какие параметры влияют на смещение химического равновесия?
12. Как обозначается молярная концентрация? Укажите её размерность.
13. Как обозначается моляльная концентрация? Укажите её размерность.
14. Дать правильное название соединения  $CuBr_2$  :  
1) бромистая медь; 2) бромид меди; 3) бромат меди.
15. Расставить коэффициенты в химической реакции:



**Текущий контроль** знаний студентов производится еженедельно на практических занятиях преподавателем, ведущим занятия по дисциплине в следующих формах:

- тестирование
- контрольные работы
- коллоквиумы

**Пример заданий для тестирования**

**Тест 1. «Термодинамика растворов электролитов»**

1. Выражение для полной активности сильного электролита  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  как компонента водного раствора с моляльностью  $m$

а) $m \gamma_{\pm}$	б) $m^2 \gamma_{\pm}^2$
в) $4m^3 \gamma_{\pm}^3$	г) $27m^4 \gamma_{\pm}^4$
д) $108m^5 \gamma_{\pm}^5$	е) $256m^5 \gamma_{\pm}^5$

2. Ионная сила разбавленного водного раствора  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  (сильный электролит) с моляльностью  $m$  может быть представлена выражением  $n \cdot m$ , введите число  $n$

Введите ответ:

3. Ионная сила раствора выражается через моляльности ионов  $m_i$  и их заряды  $z_i$  формулой

а) $\sum m_i z_i$	б) $1/2 \sum m_i z_i$
в) $\sum (m_i z_i)^2$	г) $1/2 \sum (m_i z_i)^2$
д) $\sum m_i z_i^2$	е) $1/2 \sum m_i z_i^2$

4. Формульная единица некоторого сильного электролита диссоциирует в растворе на  $k$  ионов  $A$  и  $n$  ионов  $B$ . Выберите формулу, связывающую полную активность электролита со средними ионными моляльностью и коэффициентом активности

а) $a = a_A^k a_B^n$	б) $a_{\pm} = \sqrt[k+n]{a_A^k a_B^n}$
в) $a = a_{\pm}^{k+n}$	г) $a_{\pm} = m \gamma_{\pm} \sqrt[k+n]{k^k n^n}$
д) $a = (\gamma_{\pm} m_{\pm})^{k+n}$	е) $a_{\pm} = \gamma_{\pm} m_{\pm}$

5. Формульная единица некоторого сильного электролита диссоциирует в растворе на  $k$  ионов  $A$  и  $n$  ионов  $B$ . Выберите формулу, связывающую среднюю ионную активность электролита со средними ионными моляльностью и коэффициентом активности

а) $a = a_A^k a_B^n$	б) $a_{\pm} = \sqrt[k+n]{a_A^k a_B^n}$
в) $a = a_{\pm}^{k+n}$	г) $a_{\pm} = m \gamma_{\pm} \sqrt[k+n]{k^k n^n}$
д) $a = (\gamma_{\pm} m_{\pm})^{k+n}$	е) $a_{\pm} = \gamma_{\pm} m_{\pm}$

6. Формульная единица некоторого сильного электролита диссоциирует в растворе на  $k$  ионов **A** и  $n$  ионов **B**. Средняя ионная моляльность этого раствора выражается через моляльности ионов формулой

а) $m_{\pm} = \frac{1}{2}(m_A + m_B)$	б) $m_{\pm} = \frac{km_A + nm_B}{(k+n)}$
в) $m_{\pm} = \sqrt{m_A + m_B}$	г) $m_{\pm} = \sqrt[k+n]{m_A^k + m_B^n}$
д) $m_{\pm} = \sqrt{m_A m_B}$	е) $m_{\pm} = \sqrt[k+n]{m_A^k m_B^n}$
ж) $m_{\pm} = \frac{m_A m_B}{2}$	з) $m_{\pm} = \sqrt[k+n]{km_A + nm_B}$

7. Формульная единица некоторого сильного электролита диссоциирует в растворе на  $k$  ионов **A** и  $n$  ионов **B**. Средний ионный коэффициент активности связан с коэффициентами активности ионов формулой

а) $\gamma_{\pm} = \frac{\gamma_A + \gamma_B}{2}$	б) $\gamma_{\pm} = \frac{k\gamma_A + n\gamma_B}{(k+n)}$
в) $\gamma_{\pm} = \frac{\gamma_A \gamma_B}{2}$	г) $\gamma_{\pm} = \sqrt[k+n]{\gamma_A^k \gamma_B^n}$
д) $\gamma_{\pm} = \sqrt{\gamma_A + \gamma_B}$	е) $\gamma_{\pm} = \sqrt[k+n]{\gamma_A^k + \gamma_B^n}$
ж) $\gamma_{\pm} = \sqrt{\gamma_A \gamma_B}$	з) $\gamma_{\pm} = \sqrt[k+n]{k\gamma_A + n\gamma_B}$

8. Средняя ионная моляльность разбавленного водного раствора  $\text{CaCl}_2$  (сильный электролит) с моляльностью  $m$  может быть представлена выражением  $n \cdot m$ , введите число  $n$ , округлив его до десятых

Введите ответ:

9. В соответствии с теорией Дебая-Хюккеля средний ионный коэффициент активности электролита **AB** в первом приближении может быть представлен уравнением

а) $\gamma_{\pm} = \sqrt[k+n]{\gamma_A^k \gamma_B^n}$	б) $\lg \gamma_{\pm} = \frac{-A z_A z_B  \sqrt{I}}{1 + Ba \sqrt{I}} + bI$
---	---

в) $\gamma_{\pm} = \frac{a_{\pm}}{m_{\pm}}$	г) $\lg \gamma_{\pm} = \frac{-A z_A z_B  \sqrt{I}}{1 + Ba\sqrt{I}}$
д) $\lg \gamma_{\pm} = -A z_A z_B  \sqrt{I}$	е) $\lg \gamma_{\pm} = bI$

10. Растворимость  $\text{AgCl(тв)}$  в водном растворе  $\text{KCl}$  с моляльностью  $m$  выражается формулой ( $\text{ПР}$  – произведение растворимости  $\text{AgCl}$ ):

а) $\sqrt{\text{ПР}}$	б) $\frac{\sqrt{\text{ПР}}}{\gamma_{\pm} m}$
в) $\frac{\sqrt{\text{ПР}}}{m}$	г) $\frac{\text{ПР}}{\gamma_{\pm} m}$
д) $\frac{\sqrt{\text{ПР}}}{\gamma_{\pm}}$	е) $\frac{\text{ПР}}{\gamma_{\pm}^2 m}$

### Пример контрольной работы

#### Контрольная работа №1

- С ростом концентрации слабого электролита степень диссоциации:
  - уменьшается;
  - увеличивается;
  - проходит через максимум
- Раствор  $\text{HCl}$  с активностью  $0,01 \text{ M}$  имеет значение  $\text{pH}$ :
  - $0,01$ ;
  - $1$ ;
  - $2$ ;
  - $10$
- Сколько ионов образуется при полной диссоциации молекулы ортофосфорной кислоты?
  - $1$ ;
  - $2$ ;
  - $3$ ;
  - $4$
- Числом переноса ионов называют ...
- При электролизе раствора  $\text{CuSO}_4$  концентрация ионов меди вблизи катода:
  - уменьшится;
  - увеличится;
  - не изменится
- Удельной электропроводностью раствора называют...
- Молярной электропроводностью раствора называют...
- С ростом концентрации электролита его молярная электропроводность:
  - уменьшается;
  - увеличивается;
  - проходит через максимум
- С ростом температуры электролита его электрическое сопротивление:
  - уменьшается;
  - увеличивается;
  - не меняется;
  - проходит через максимум.
- Экстремальный характер зависимости удельной электропроводности от концентрации обусловлен...

#### Примеры вопросов к коллоквиуму

#### Раздел 1, 2. «Введение», «Термодинамика растворов электролитов»

- Электрохимия - раздел физической химии : определение предмета, его особенности, круг рассматриваемых явлений.
- Теория электролитической диссоциации Аррениуса: основные положения.
- Ионофоры и ионогены .
- Метод активностей Льюиса. Активность, коэффициент активности .
- Вывод формул: активности соли (электролита)  $a_s$ , средней ионной активности  $a_{\pm}$ , среднего ионного коэффициента активности  $\gamma_{\pm}$  .

6. Ионная сила. Закон ионной силы.
7. Теория Дебая-Хюккеля : основные положения, уравнение первого приближения для среднего коэффициента активности.
8. Неравновесные явления в растворах электролитов. Удельная и молярная электропроводности.
9. Эквивалентная электропроводность. Зависимость эквивалентной электропроводности от температуры .
10. Теория электропроводности растворов Дебая-Хюккеля-Онсагера.
11. Закон Кольрауша.
12. Доказать, что различие в скоростях движения анионов и катионов не влечет за собой нарушение электронейтральности раствора. Метод Гитторфа определения чисел переноса.

Отдельно оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная сдача тестов, коллоквиумов и контрольных работ.

**Промежуточный контроль** студентов производится в следующих формах:  
– экзамен

#### **Перечень вопросов для подготовки к экзамену**

1. Общая характеристика растворов электролитов. Влияние растворителей на диссоциацию.
2. Особенности коллигативных свойств растворов электролитов. Изотонический и осмотический коэффициенты.
3. Основы электростатической теории сильных электролитов Дебая и Хюккеля. Вычисление коэффициентов активности ионов.
4. Средние ионные характеристики для растворов электролитов (вывод) – химические потенциалы, концентрации, активности, коэффициенты активности.
5. Различные приближения (обобщения) уравнения Дебая–Хюккеля для расчета коэффициентов активности в растворах электролитов, их смысл.
6. Равновесия в растворах электролитов. Термодинамические и практические константы равновесия, влияние ионной силы.
7. Расчет термодинамических и практических констант равновесия для реакций диссоциации в растворе и гидролиза; ионное произведение воды, произведение растворимости.
8. Электрическая проводимость растворов. Удельная, молярная проводимость. Связь электрической проводимости с подвижностями ионов.
9. Зависимость электрической проводимости от концентрации; предельная молярная проводимость.
10. Зависимость электрической проводимости от температуры, природы электролита и растворителя.
11. Числа переноса, их использование для определения электрической проводимости ионов.
12. Основные положения теории электрической проводимости сильных электролитов Дебая-Хюккеля-Онсагера.
13. Практическое использование измерений электрической проводимости (кондуктометрическое титрование, определение степени и константы диссоциации слабых электролитов, растворимости труднорастворимых солей).
14. Механизм возникновения скачка потенциала и двойного электрического слоя на границе раздела металл – раствор электролита.
15. Электрохимический потенциал. Выражение для равновесного скачка потенциала на границе металл – раствор электролита (гальвани-потенциал).
16. Гальванические элементы. Электродвижущие силы электрохимических систем. Уравнение Нернста. Водородная шкала электродных потенциалов.



17. Определение через ЭДС термодинамических характеристик ( $\Delta G$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta H$ ,  $K_{\text{равн.}}$ ) реакции, протекающей в гальваническом элементе. Термодинамический расчет ЭДС (в т.ч. при различных температурах).
18. Использование стандартных потенциалов для определения направления химических и электрохимических реакций.
19. Классификация электродов различных типов и расчет равновесных потенциалов – для электродов первого и второго родов, окислительно-восстановительных, ионно-обменных.
20. Классификация гальванических элементов – химические и концентрационные элементы, элементы с переносом и без переноса ионов.
21. Химические источники тока – батареи, аккумуляторы, топливные элементы (электрохимические генераторы).
22. Практическое использование потенциометрических измерений.
23. Электролиз. Катодные и анодные процессы. Характеристика скорости электрохимических процессов с помощью поляризационных кривых.

Пример экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**Дмитровградский инженерно-технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
 «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
 (ДИТИ НИЯУ МИФИ)

Физико-технический факультет  
 Кафедра радиохимии

Направление подготовки (специальность)

18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Дисциплина

Электрохимия

Форма обучения – очная

Семестр 8

Экзаменационный билет № 1

1. Общая характеристика растворов электролитов. Влияние растворителей на диссоциацию.
2. Гальванические элементы. Электродвижущие силы электрохимических систем. Водородная шкала электродных потенциалов.
3. Общие термодинамические условия обратимости применительно к работе электрохимических систем.

Составил: \_\_\_\_\_ К.В.Ротманов

10 декабря 2021 г

Утверждаю:  
 И.о.зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.А.Лизин

10 декабря 2021 г

Фонд оценочных средств, включающий типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, приведен в Приложении.

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Таблица 7.1 - Обеспечение дисциплины основной и дополнительной литературой по дисциплине

N п/п	Автор	Название	Место издания	Наименование издательства	Год издания	Количество экземпляров
<b>Основная литература</b>						
1	В.В. Еремин.	Основы физической химии: учебник : в 2 ч. Ч. 2 : Теория.	Москва	Издательство Лаборатория знаний	2019	[Электронный ресурс] <a href="https://ibooks.ru/bookshelf/373280/reading">https://ibooks.ru/bookshelf/373280/reading</a>
2	А. В. Введенский, Е. В. Бобринская, С. Н. Грушевская, С. А. Калужина	Сборник примеров и задач по электрохимии: учебное пособие	Санкт-Петербург	Издательство Лань	2018	[Электронный ресурс] <a href="https://e.lanbook.com/book/99205">https://e.lanbook.com/book/99205</a>
<b>Дополнительная литература</b>						
1	В. Н. Казин	Физико-химические методы анализа: учебное пособие для вузов	Москва	Издательство Юрайт	2022	[Электронный ресурс] <a href="https://urait.ru/bcode/495720">https://urait.ru/bcode/495720</a>

### 7.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Таблица 7.2 – Рекомендуемые электронно-библиотечные системы

№	Наименование ресурса	Тематика
1	Электронная библиотека учебных материалов по химии ChemNet химического факультета МГУ им М.В. Ломоносова <a href="http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/welcome.html">http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/welcome.html</a>	Химия
2	Ресурс «Ядерная физика в интернете» МГУ: <a href="http://nuclphys.sinp.msu.ru">nuclphys.sinp.msu.ru</a>	Физика
3	Международная база данных научных статей и публикаций: <a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>	
4	Центр информационно-библиотечного обеспечения учебно-научной деятельности НИЯУ МИФИ: <a href="http://www.library.mephi.ru">http://www.library.mephi.ru</a>	
5	Научная электронная библиотека: <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	Химия
6	Электронно-библиотечная система IQiib: <a href="http://www.iqlib.ru">http://www.iqlib.ru</a>	Химия
7	<a href="http://www.xumuk.ru">http://www.xumuk.ru</a> Сайт о химии	Химия
8	<a href="https://chemnavigator.borda.ru/">https://chemnavigator.borda.ru/</a> Химический портал	Химия
9	<a href="http://www/Chem.msu.ru/rus/teaching/welcome.html">http://www/Chem.msu.ru/rus/teaching/welcome.html</a> - Учебные материалы Химического ф-та МГУ	Химия
10	<a href="http://www/Htf.ustu.ru/tos/cafedra_6.htm">http://www/Htf.ustu.ru/tos/cafedra_6.htm</a>	Химия
11	<a href="http://www/Xim-spravka.org">http://www/Xim-spravka.org</a>	Химия
12	<a href="http://www/Chemi.org.ru/html/index171.php">http://www/Chemi.org.ru/html/index171.php</a>	Химия

### 7.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Таблица 7.3 – Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	Наименование	
1	Electrolytes program - <a href="https://www.acadsoft.co.uk/aq_solutions.htm">https://www.acadsoft.co.uk/aq_solutions.htm</a>	Вычисление термодинамических свойств растворов электролитов – в свободном доступе
2	MS Office (Word, Excel, Power Point)	Лицензионные программы пакета Microsoft Office оформление текста, расчеты, создание презентаций
3	Windows 10 Pro	Операционная система
4	Microsoft Office	Пакет офисных приложений
5	Браузеры: Internet Explorer 10, Internet Explorer 9, Internet Explorer 8, FireFox 10, Safari 5, Google Chrome 17	Специальные программы для просмотра веб-страниц, поиска контента, файлов и их каталогов в Интернете
6	Антиплагиат.ВУЗ	Интернет-сервис для вузов, предназначенный для оценки степени самостоятельности письменных работ обучающихся

Таблица 7.4 – Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование	Тематика	Электронный адрес
1	Международная база данных научных статей и публикаций	Научные статьи	<a href="http://www.sciencedirect.com">http://www.sciencedirect.com</a>
2	Научная электронная библиотека России	Научные статьи	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
3	База данных ВИНТИ РАН	Естественно-научная	<a href="http://www2.viniti.ru.-">http://www2.viniti.ru.-</a>

## 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	<b>Учебная аудитория для проведения занятий №204</b> посадочных мест — 20; площадь 53,47 кв.м. Специализированная мебель: учебная доска – 1 шт., стол студенческий – 11 шт., стулья – 26 шт., стол библиотечный – 8 шт., шкаф двухстворчатый – 1 шт., шкаф книжный – 1 шт., трибуна настольная – 1 шт. Технические средства обучения: проектор – 1 шт., экран – 1 шт., колонки -1пара	433507, Ульяновская область, г. Димитровград, пр. Димитрова.4
2	<b>Учебная аудитория для проведения занятий № 210</b> посадочных мест — 16; площадь 53,92 кв.м. Специализированная мебель: стол преподавательский – 1 шт., стол компьютерный – 1 шт., рабочее место студента с табуретами – 20 мест., стол моечный – С-6 ПАО10 – 1 шт., стол весовой – 2 шт., стол торцевой С-23 – 1 шт., кондиционер – 1 шт., вытяжной шкаф металлический NS-801-01k – 1 шт. Технические средства обучения: компьютеры (монитор, системный блок, клавиатура, мышка) – 2 шт., баня водяная – термостат TW-2.02 ELM1 – 2 шт., баня комбинированная водяная – 1 шт., весы аналитиче-	433507, Ульяновская область, г. Димитровград, пр. Димитрова.4

<p>ские ANG -200 – 2 шт., весы электронные MW-120 – 2 шт., вискозиметр ротационный Брукфильда LVDV II+PRO – 1 шт., калориметр ЭКСПЕРТ- 001К – 1 шт., Лабораторный иономер АНИОН-4151 – 2 шт., Микроскоп БИОМЕД -4 – 4 шт., Нефилометр – HI -93703 – 1 шт., Полярограф – 1 шт., рефрактометр – 2 шт., спектрометр – 1 шт., спектрофотометр тип 1– 1 шт., спектрофотометр тип -2 – 1 шт., сталагмометр СТ-2 – 1 шт., тензиометр – 1 шт., термостат ТС-200 – 1 шт., флокулятор ПЭ-0244 – 1 шт., центрифуга лабораторная СМ-6М – 1 шт., центрифуга лабораторная СМ-50 – 1 шт., электроплитка – 1 шт., мешалка магнитная ПЭ-6110 с подогревом – 1 шт., рН –метр – 1 шт., сушильный шкаф SNOL 6,7/350 – 1 шт. сушильный шкаф (Электропечь SNOL 6,7/1300 – 1 шт., сушильный шкаф SNOLCHOЛ -3,2 – 1 шт., сушилка настенная полипропиленовая – 1 шт. программное обеспечение: ОС Windows 10, Microsoft Office 10</p>	
---	--

## **9 ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);

- Положением об организации обучения студентов-инвалидов и студентов с ограниченными возможностями здоровья в НИЯУ МИФИ, утвержденным 29.08.2017г.;

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).

**Дополнения и изменения в рабочей программе  
дисциплины на 20\_\_/20\_\_ уч.г.**

Внесенные изменения на 20\_\_/20\_\_ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1) .....

2) .....

*или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год*

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры

---

*(дата, номер протокола заседания кафедры, подпись зав. кафедрой).*

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой

---

наименование кафедры      личная подпись      расшифровка подписи      дата

Руководитель ООП,

ученая степень, должность

---

личная подпись      расшифровка подписи      дата