

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики  
А.С. Батурин**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Введение в физическую химию и электрохимию
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра нанометрологии и наноматериалов
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

- 1 (осенний) - Дифференцированный зачет
- 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 60 час.

семинары: 60 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Программу составил: Д.М. Иткис, канд. хим. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры нанометрологии и наноматериалов 12.02.2024

## Аннотация

Дисциплина «Введение в физическую химию и электрохимию» направлена на формирование профильных компетенций и представлений об основных законах физической химии, их применимости в проектировании электрохимических систем вследствие углубления и систематизации знаний в областях физической химии, термодинамики, кинетики электрохимических процессов с целью осуществления планирования, проведения, анализа и интерпретации экспериментальных данных научных исследований для решения задач данной области.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- формирование у обучающихся специализированных представлений об основных физико-химических законах их специфике в приложении к электрохимическим системам, а также об общих закономерностях термодинамики и кинетики электродных процессов, позволяющих осуществлять планирование и проведение научных исследований в области электрохимии.

#### Задачи дисциплины

- углубление базовых и формирование специализированных знаний о понятиях и фундаментальных законах физической химии и их специфике в приложении к электрохимическим системам;
- обобщение и систематизация знаний о термодинамике и кинетике электрохимических процессов;
- формирование базовых знаний об основных методах экспериментального и теоретического исследования электрохимических явлений;
- овладение методологией электрохимических исследований.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные понятия и законы физической химии: химическая термодинамика, кинетика, гетерогенные реакции, катализ, адсорбция;
- основные понятия и определения, используемые в электрохимии;
- фундаментальные основы электрохимии, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и модели, используемые в кинетике электродных процессов;
- принципы выбора методик проведения экспериментального исследования электрохимических явлений и процессов.

уметь:

- основные понятия и законы физической химии: химическая термодинамика, кинетика, гетерогенные реакции, катализ, адсорбция;
- основные понятия и определения, используемые в электрохимии;
- фундаментальные основы электрохимии, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и модели, используемые в кинетике электродных процессов;
- принципы выбора методик проведения экспериментального исследования электрохимических явлений и процессов.

владеть:

- основные понятия и законы физической химии: химическая термодинамика, кинетика, гетерогенные реакции, катализ, адсорбция;
- основные понятия и определения, используемые в электрохимии;
- фундаментальные основы электрохимии, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и модели, используемые в кинетике электродных процессов;
- принципы выбора методик проведения экспериментального исследования электрохимических явлений и процессов.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение в курс. Общие понятия физической химии	2			2
2	Химическая термодинамика и термохимия	4	4		2
3	Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Основные термодинамические потенциалы	4	4		2
4	Термодинамическое равновесие. Влияние температуры	2	4		2
5	Химический потенциал. Химическое равновесие	2	4		2
6	Термодинамика растворов. Растворы электролитов	2	4		2
7	Основные законы химической кинетики. Порядок реакции.	4	4		4
8	Поверхностные явления. Адсорбция	2	2		4
9	Понятие о катализе	2	2		4
10	Общие представления об электрохимических системах. Электрохимический эксперимент	2			4

11	Термодинамика электродных процессов	4	2		2
12	Термодинамика растворов электролитов. Перенос вещества в электролитах.	6	4		8
13	Общие понятия кинетики электродных процессов. Диффузионная кинетика	6	4		8
14	Кинетика стадии переноса заряда	6	4		8
15	Сложные реакции	4	6		8
16	Двойной электрический слой. Адсорбция в электрохимических системах	4	4		8
17	Современные электрохимические методы	4	8		5
Итого часов		60	60		75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 1 (Осенний)

##### 1. Введение в курс. Общие понятия физической химии

Структура курса "Введение в физическую химию и электрохимию". Рекомендуемые учебные материалы. Предмет и задачи физической химии, ее связь с другими науками и роль при изучении специальных дисциплин. Основные понятия термодинамики. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия.

##### 2. Химическая термодинамика и термохимия

Энтальпия. Теплёмкость, ее зависимость от температуры. Применение I закона термодинамики к химическим процессам. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса. Стандартные теплоты образования и сгорания соединений. Следствия из закона Гесса. Закон Кирхгофа.

##### 3. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Основные термодинамические потенциалы

Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. II закон термодинамики. Энтропия. Принцип возрастания энтропии. Объединенные выражения I и II законов термодинамики. Статистический характер II закона термодинамики. Термодинамические потенциалы (свободная энергия Гиббса и Гельмгольца). Связь термодинамических потенциалов с работой.

##### 4. Термодинамическое равновесие. Влияние температуры

Понятие о термодинамическом равновесии. Условия равновесия и возможности самопроизвольного протекания процессов при постоянных  $p$  и  $T$ . Изотерма и изобара Вант-Гоффа. Связь константы равновесия с энергией Гиббса. Влияние температуры на смещение равновесия.

##### 5. Химический потенциал. Химическое равновесие

Химический потенциал, его зависимость от давления. Условия химического равновесия.

## 6. Термодинамика растворов. Растворы электролитов

Основные понятия термодинамики растворов. Химический потенциал компонентов раствора. Закон Рауля и закон Генри. Термодинамическая активность. Идеальный растворы. Способы выражения состава растворов.

## 7. Основные законы химической кинетики. Порядок реакции.

Скорость химических реакций. Молекулярность и порядок реакции. Законы формальной кинетики для реакций первого, второго, третьего и n-го порядков. Сложные реакции. Зависимость скорости химических реакций от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Теория активных столкновений. Теория активированного комплекса. Понятие о цепных реакциях. Реакции с неразветвленными и разветвленными цепями. Кинетика цепных реакций. Особенности кинетики разветвленной цепной реакции. Цепной взрыв. Полуостров воспламенения. Цепные реакции и процесс горения.

## 8. Поверхностные явления. Адсорбция

Поверхностные явления. Явление адсорбции. Природа сил адсорбционного взаимодействия. Адсорбция газов на твердых поверхностях. Изотермы адсорбционного равновесия Генри, Ленгмюра, БЭТ. Зависимость адсорбции от температуры. Адсорбционная формула Гиббса. Кинетика гетерогенных реакций.

## 9. Понятие о катализе

Катализ. Катализаторы и ингибиторы. Энергия активации в каталитических реакциях. Гетерогенный катализ. Теории кинетики в гетерогенном катализе.

## 10. Общие представления об электрохимических системах. Электрохимический эксперимент

Электроды и электродные реакции. Гальванические цепи. Структура межфазной границы заряженный металл/раствор электролита. Фарадеевские и нефарадеевские процессы. Вольтамперные кривые, система знаков для тока. Закон Фарадея. Электрохимические ячейки и их виды. Электроды сравнения. Типы электродов, используемых на практике. Потенциостаты.

## 11. Термодинамика электродных процессов

Контактные межфазные потенциалы. Напряжение разомкнутой цепи. Равновесный и стационарный потенциал. Уравнение Нернста. Абсолютный потенциал. Неравновесные электродные потенциалы. Потенциал разомкнутой цепи. Токи обмена. Уравнение ЭДС для гальванической цепи. Зависимость электродного потенциала от концентрации и активности. Температурный коэффициент. Влияние pH. Диаграммы Пурбэ. Потенциалообразующая реакция. Коррозионные процессы. Электродные потенциалы в неводных электролитах.

## Семестр: 2 (Весенний)

## 12. Термодинамика растворов электролитов. Перенос вещества в электролитах.

Понятие о растворах электролитов. Ионные взаимодействия. Сильные и слабые электролиты. Константы диссоциации. Перенос вещества в электролите. Потенциал на границе жидкость/жидкость. Мембраны. Ион-селективные электроды.

## 13. Общие понятия кинетики электродных процессов. Диффузионная кинетика

Скорость электрохимической реакции и факторы, влияющие на нее. Перенапряжение. Концентрационная, активационная и омическая поляризации.

Виды массопереноса. Понятие о диффузионно контролируемых реакциях. Первый и второй законы Фика. Уравнение Нернста для диффузионно-контролируемой реакции, формы вольтамперных кривых. Полярография. Вольтамперометрия на вращающемся электроде. Хроноамперометрия и хронопотенциометрия. Микроэлектроды. Влияние сопротивления ячейки на измерения потенциала. Спектроскопия электрохимического импеданса.

#### 14. Кинетика стадии переноса заряда

Обратимые и необратимые реакции. Уравнение Тафеля. Поляризационные кривые, уравнение Батлера-Фольмера. Коэффициент переноса. Внешне- и внутрисферные реакции. Теория Маркуса. Электрокатализ.

#### 15. Сложные реакции

Последовательные электрохимические реакции. Метод вращающегося электрода с кольцом. Лимитирующие стадии. Реакции с химическими стадиями. Электроосаждение. Коррозия.

#### 16. Двойной электрический слой. Адсорбция в электрохимических системах

Структура двойного электрического слоя. Дифференциальная емкость. Современное описание ДЭС для случая специфической и неспецифической адсорбции. Заряд поверхности, закон Фарадея. Кулонометрия. Теория замедленного разряда.

#### 17. Современные электрохимические методы

Квадратноволновая вольтамперометрия. Метод кварцевых микровесов. Сканирующая электрохимическая микроскопия. Спектроэлектрохимия.

### 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором, меловой или маркерной доской.

### 6. Перечень рекомендуемой литературы

#### Основная литература

Литература выдается на базовой кафедре:

1. Дж. Эллиот, П. Добер. Симметрия в физике. В 2-х томах. Издательство: "М.: Мир" (1983).
2. Г.Л. Бир, Г.Е. Пикус. Симметрия и деформационные эффекты в полупроводниках. Издательство: "Наука" (1972).

#### Дополнительная литература

Литература выдается на базовой кафедре:

1. M.S. Dresselhaus, G. Dresselhaus, A. Jorio. Group Theory: Application to the Physics of Con-densed Matter. Издательство: Springer (2008).
2. Л.Д. Ладнау, Е.М. Лифшиц. Том 3 «Квантовая механика. Нерелятивистская теория» (главы XII "Теория симметрии" и XIII "Многоатомные молекулы")

### 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

**8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Не предусмотрены

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра нанометрологии и наноматериалов
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
2 (весенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	Д.М. Иткис, канд. хим. наук



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Введение в физическую химию и электрохимию» обучающийся должен:

### знать:

- основные понятия и законы физической химии: химическая термодинамика, кинетика, гетерогенные реакции, катализ, адсорбция;
- основные понятия и определения, используемые в электрохимии;
- фундаментальные основы электрохимии, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и модели, используемые в кинетике электродных процессов;
- принципы выбора методик проведения экспериментального исследования электрохимических явлений и процессов.

### уметь:

- основные понятия и законы физической химии: химическая термодинамика, кинетика, гетерогенные реакции, катализ, адсорбция;
- основные понятия и определения, используемые в электрохимии;
- фундаментальные основы электрохимии, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и модели, используемые в кинетике электродных процессов;
- принципы выбора методик проведения экспериментального исследования электрохимических явлений и процессов.

### владеть:

- основные понятия и законы физической химии: химическая термодинамика, кинетика, гетерогенные реакции, катализ, адсорбция;
- основные понятия и определения, используемые в электрохимии;
- фундаментальные основы электрохимии, включающие теорию электролитов, представления электрохимической термодинамики и модели, используемые в кинетике электродных процессов;
- принципы выбора методик проведения экспериментального исследования электрохимических явлений и процессов.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

В начале каждого занятия проводится краткий опрос по теме предыдущего занятия.

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Вопросы к дифференцированному зачету:

1. Предмет и задачи физической химии, ее связь с другими науками и роль при изучении специальных дисциплин. Основные понятия термодинамики.
2. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энтальпия. Теплоемкость, ее зависимость от температуры.
3. Применение I закона термодинамики к химическим процессам. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса.
4. Стандартные теплоты образования и сгорания соединений. Следствия из закона Гесса.
5. Зависимость теплоты химических реакций от температуры. Закон Кирхгофа.
6. Самопроизвольные процессы. II закон термодинамики. Энтропия. Зависимость энтропии от параметров состояния: температуры, объема и давления.
7. Объединенные выражения I и II законов термодинамики. Принцип возрастания энтропии. Статистический характер II закона термодинамики.
8. Термодинамические потенциалы (свободная энергия Гиббса и Гельмгольца). Связь термодинамических потенциалов с работой. Критерии возможности протекания самопроизвольного процесса и равновесия в неизолированных системах.
9. Условия равновесия и возможности самопроизвольного протекания процессов в сложных системах. Химический потенциал.
10. Закон действующих масс и константа равновесия. Химическое равновесие в гетерогенных реакциях.

Вопросы к экзамену:

1. Изобарный потенциал химической реакции. Уравнение изотермы. Определение направления протекания химического процесса. Вывод и применение уравнения изобары и изохоры химической реакции Вант-Гоффа.
2. Растворы. Способы выражения концентрации растворов. Идеальные растворы. Реальные растворы. Активность, коэффициент активности. Особенности растворов электролитов. Теория растворов электролитов.
3. Структура межфазной границы заряженный металл/раствор электролита. Поверхностные и межфазные слои. Электрическое строение межфазных слоев. Адсорбция в электрохимических системах.
4. Гальваническая цепь. Два направления тока через ячейку. Электроды и электродные реакции. Типы гальванических цепей. Расчет ЭДС для разных типов гальванических элементов. Закон Фарадея.
5. Диффузионные потенциалы. Особенности водных и неводных электролитов. Перенос вещества в электролите. Система знаков для тока. Потоки вещества.
6. Характеристика основных видов проводников. Электродный потенциал при прохождении тока. Стационарный и равновесный потенциал.
7. Стационарный режим процесса. Области потенциалов предельного диффузионного тока и кинетики замедленного разряда на вольтамперных кривых.
8. Контактные межфазные потенциалы. Токи обмена. Напряжение разомкнутой цепи. Неравновесные электродные потенциалы. Уравнение для ЭДС гальванической цепи. Зависимость электродного потенциала от концентрации.
9. Двух и трехэлектродные электрохимические ячейки. Типы электродов, используемых на практике. Типы используемых в водных и неводных электролитах и электродов сравнения.
10. Скорость электрохимической реакции. Общий и парциальные токи реакции. Активационная и концентрационная поляризации электрода. Общее кинетическое уравнение.

11. Взаимосвязь параметров прямой и обратной реакции. Связь кинетических параметров в областях малых и больших поляризаций. Зависимость тока обмена от концентраций. Нестационарные процессы.

Дополнительные вопросы:

1. Вывести уравнение Батлера-Фольмера для тока.
2. Записать уравнение Рэндлса-Шевчека. Показать решение для тока пика
3. Записать уравнение Гендерсона для 1-1 зарядного электролита.
4. Вывести уравнение Нернста для водородного электрода.
5. Записать уравнение Тафеля, показать область применимости.
6. Записать уравнение Левича, объяснить физический смысл.

Примеры экзаменационных билетов.

Пример 1:

1. Применение I закона термодинамики к химическим процессам. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса.
2. Двух и трехэлектродные электрохимические ячейки. Типы электродов, используемых на практике. Типы используемых в водных и неводных электролитах и электродов сравнения.

Пример 2:

1. Термодинамические потенциалы (свободная энергия Гиббса и Гельмгольца). Связь термодинамических потенциалов с работой. Критерии возможности протекания самопроизвольного процесса и равновесия в неизолированных системах.
2. Контактные межфазные потенциалы. Напряжение разомкнутой цепи. Неравновесные электродные потенциалы. Уравнение для ЭДС гальванической цепи. Зависимость электродного потенциала от концентрации.

Пример 3:

1. Связь энергии Гиббса с электродным потенциалом и ЭДС электрохимической цепи. Энтальпия, энтропия и температурный коэффициент ЭДС.
2. Закон Фарадея. Природа заряда на границе электрод/электролит при поляризации электрода. Емкость ДЭС. Псевдоемкость. Фарадеевская реакция.

Пример 4:

1. Особенности кинетики электрохимической реакции в сравнении с химической кинетикой. Константа скорости электродной реакции. Коэффициент переноса, его влияние на вид вольтамперограмм. Концентрационная и активационная поляризации.
2. Массоперенос в электрохимической системе. Движущие силы. Общий поток. Возможность контроля миграции и конвекции. Влияние конвекции на диффузионный поток. Вращающийся дисковый электрод как инструмент изучения диффузионно-контролируемых процессов.

Пример 5:

1. Стационарный режим процесса. Поляризационные кривые. Области потенциалов предельного диффузионного тока и кинетики замедленного разряда. Хроноамперо- и хронопотенциометрия.
2. Диффузионно-контролируемые реакции. Предельный ток. Определение лимитирующей стадии электродной реакции по вольтамперограммам.

Пример 6:

1. Понятие удельной электропроводности. Зависимость удельной электропроводности от концентрации раствора и природы вещества.
2. Кинетика переноса заряда. Уравнение вольтамперной кривой для обратимой электродной реакции.

Пример 7:

1. Методика определения постоянных уравнения Тафеля, плотности тока обмена и коэффициента переноса по экспериментальным поляризационным кривым.
2. Кинетика переноса заряда. Уравнение вольтамперной кривой для необратимой электродной реакции.

Пример 8:

1. Кулонометрия и кулонометрический метод анализа. Закон Фарадея и постоянная Фарадея. Условия для кулонометрии и кулонометрическая ячейка.
2. Электропроводность электролитов. Особенности электропроводности твердых, бинарных и гелевых полимерных электролитов. Неводные электролиты и особенности их проводимости.

Пример 9:

1. Кинетика переноса заряда. Частные случаи. Уравнение Коутецкого-Левича. Определение кинетического тока реакции.
2. Двух и трехэлектродные электрохимические ячейки. Типы электродов, используемых на практике. Типы используемых в водных и неводных электролитах электродов сравнения.

Пример 10:

1. Ток обмена. Катодный и анодный парциальные токи. Общий ток реакции. Общий ток в двухэлектродной системе. Трехэлектродные схемы.
2. Структура двойного электрического слоя. Емкость межфазной границы. Зависимости емкости и заряда электрода от межфазной разности потенциалов.

### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

В осеннем семестре предусмотрен дифференцированный зачет (устный, который проводится по вопросам программы (в билете два теоретических вопроса). Опрос по билету не может превышать 40 минут, на подготовку выделяется не более 30 минут.

В весеннем семестре предусмотрен устный экзамен, проводимый по билетам. В экзаменационном билете два вопроса. Опрос по билету не должен превышать 40 минут, время на подготовку у ответу не более 40 минут.