

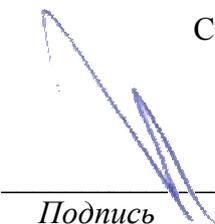
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный
университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

Факультет естественных наук

СОГЛАСОВАНО

Декан ФЕН

Резников В. А.


Подпись

5 октября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
**НАНОКОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

направление подготовки: 04.04.01 Химия
направленность (профиль): Химия

Форма обучения: очная

Разработчик:

д.х.н., проф. Н.Ф. Уваров

Зам. зав. кафедрой

д.х.н., доцент А.А. Хасин

Руководитель программы:

чл.-корр. РАН, проф. Нетесов С.В.

Новосибирск, 2020

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	3
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося	4
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	4
5. Перечень учебной литературы	7
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся..	7
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	7
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	8
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	8
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	9

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
М-ПК-1. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	М-ПК-1.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий НИР или НИОКР М-ПК-1.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи в рамках НИР или НИОКР, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов М-ПК-1.3. Проводит исследования и испытания веществ и материалов, инновационной химической продукции	- <i>знать</i> представление о размерных эффектах, транспортных свойствах индивидуальных веществ и веществ, находящихся в составе композитов, электрохимических процессах с участием материалов различного типа и электрохимических устройствах с нанокompозитными материалами; - <i>знать</i> основные физико-химические процессы, происходящие на поверхности и в объеме твердых электролитов и электродных материалов, в том числе в процессе работы электрохимических устройств;
М-ПК-3. Способен на основе критического анализа результатов НИР и НИОКР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в выбранной области химии, химической технологии или смежных с химией науках	М-ПК-3.1. Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными М-ПК-3.2. Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов	- <i>владеть</i> пониманием особенности протекания транспортных и электрохимических процессов в нанокompозитных материалах; - уметь учитывать специфические свойства наноматериалов при расчете характеристик и проектировании электрохимических устройств.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины «Нанокompозитные материалы для электрохимической энергетики»:

- Физическая химия (термодинамика, электрохимия);
- Строение вещества (строение и свойства атома, строение и свойства молекул, природа химической связи);
- Химия твердого тела (кристаллохимия, дефекты в кристаллах
- Основы компьютерной грамотности (навыки обращения с ПК).

Дисциплины и практики, для изучения которых необходимо освоение дисциплины «Нанокompозитные материалы для электрохимической энергетики»:

- Научный семинар «Актуальные проблемы химической физики углеродных нанотрубок».

3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося

Трудоемкость дисциплины – 2 з.е. (72 ч)

Форма промежуточной аттестации: 1 семестр – экзамен.

№	Вид деятельности	Семестр
		1
1	Лекции, ч	16
2	Практические занятия, ч	16
3	Лабораторные занятия, ч	
4	Занятия в контактной форме, ч из них	36
5	из них аудиторных занятий, ч	32
6	групповая работа с преподавателем, ч	
7	консультаций, час.	2
8	промежуточная аттестация, ч	2
9	Самостоятельная работа, час.	36
10	Всего, ч	72

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

1 семестр

Лекции (16 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
Модуль 1. Наноккомпозиты: термодинамическое описание и размерные эффекты	
Лекция 1. Термодинамическое описание композита. Определение композита, отличие композита от смеси. Классификация композитов по различным критериям. Фазовые диаграммы и фазовые равновесия в бинарных системах, области термодинамической стабильности композитов. Энергия Гиббса бинарной системы, процессы самопроизвольного образования композитов.	1
Лекция 2. Размерные эффекты. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение и его роль в процессах зародышеобразования. Термодинамическое описание частиц простого вещества с учетом конечного размера и морфологии частиц в рамках классической модели. Размерные эффекты в простых веществах. Влияние размера и морфологии частиц на температуры плавления, температуры фазовых переходов, теплоемкость и растворимость веществ. Влияние размера частиц на электронные свойства веществ. Квантовые размерные эффекты.	2
Лекция 3. Размерные эффекты в наноккомпозитах. Энергия Гиббса бинарной системы с учетом размерных эффектов. Роль энергии адгезии в процессах самопроизвольного образования композитов. Изменение физико-химических характеристик веществ в наноккомпозитах. Стабилизация неравновесных фаз и состояний, стабилизированных поверхностным взаимодействием между компонентами наноккомпозита.	1
Модуль 2. Основные типы химико-технологических и теплообменных аппаратов, их конструкции и особенности.	

Лекция 4. Общие характеристики электрохимических систем. Гальванический элемент, электроды и электролит, электродный потенциал, уравнение Нернста. Термодинамическое описание гальванического элемента, типы гальванических элементов. Первичные и вторичные химические источники тока, расчет напряжения разомкнутой цепи.	1
Лекция 5. Кинетика электродных процессов. Неравновесные процессы, электродная поляризация, образование двойного электрического слоя. Теоретическое описание кинетики электродной реакции в рамках модели Фольмера-Баттлера. Уравнение Тафеля. Электрохимические реакции различного типа и факторы, влияющие на их кинетику.	1
Лекция 6. Электролиты для электрохимических систем. Электролиты на основе водных растворов. Подвижность ионів и электропроводность электролитов. Числа переноса. Электролитическая диссоциация. Зависимость электропроводности от концентрации растворенного вещества. Ионные расплавы и ионные жидкости. Напряжение электрохимического разложения электролита. Области применения традиционных электролитов.	1
Лекция 7. Твердые электролиты. Ионная проводимость кристаллов. Точечные дефекты Шоттки и Френкеля, собственные и примесные дефекты в кристаллах. Подвижность и проводимость кристаллических соединений, диффузия ионов, соотношение Ненста-Эйнштейна. Соединения со структурным разупорядочением: суперионные проводники, аморфные и полимерные твердые электролиты. Области применения твердых электролитов. Дефекты на поверхности кристалла. Модели Френкеля и Кливера для описания характеристик двойного электрического слоя на поверхности и межзеренных границах ионного кристалла. Ускоренная диффузия ионов по границам зерен с ионных соединений. Замедленная диффузия вдоль границ зерен в суперионных соединениях.	2
Лекция 8. Электродные материалы электрохимических систем. Электронные проводники, подвижность электронов и проводимость металлов и полупроводников. Нестехиометрия, зависимость концентрации ионных и электронных дефектов от активности электрохимически активных частиц в окружающей среде. Влияние электронной структуры материала на его электродный потенциал. Соединения с высокой смешанной электронно-ионной проводимостью. Химическая диффузия. Сопряженный перенос ионов и электронов. Транспортные свойства материалов со смешанной проводимостью под воздействием градиента химического потенциала.	1
Модуль 3. Нанокompозитные материалы: электролиты и электродные материалы.	
Лекция 9. Транспортные свойства обычных композитов. Проводимость композитов: описание с помощью точных моделей, теории эффективной среды, перколяционных подходов. Влияние морфологии на характеристики материалов. Использование уравнений смешения. Диэлектрическая проницаемость композитов.	1
Лекция 10. Нанокompозитные твердые электролиты. Дефекты на границе раздела фаз ионная соль/оксид. Модели Вагнера-Майера и Штерна, описывающие процесс образования двойного электрического слоя на интерфейсе в результате селективной адсорбции ионов. Ускоренная диффузия ионов вдоль межфазных границ, композиционные твердые электролиты. Размерные эффекты в нанокompозитных твердых электролитах: стабилизация аморфных фаз на границе раздела фаз. Влияние морфологии нанокompозита на его транспортные свойства. Описание транспортных свойств нанокompозитных твердых электролитов.	1

Лекция 11. Нанокompозитные электродные материалы. Размерные эффекты в нанокompозитных электродных материалах. Изменение каталитической активности электродов в зависимости от размера частиц металла-катализатора. Транспортные свойства нанокompозитов на основе нестехиометрических соединений со смешанной электронно-ионной проводимостью.	1
Модуль 4. Электрохимические устройства с нанокompозитными компонентами	
Лекция 12. Батареи и аккумуляторы. Литиевые аккумуляторы. Катоды, аноды и электролиты для литиевых аккумуляторов. Литий-серные и натрий-серные аккумуляторы. Металл-воздушные батареи и аккумуляторы. Катодные, анодные материалы и электролиты. Экспериментальные методы исследования характеристик аккумуляторов.	1
Лекция 13. Топливные элементы и другие химические источники тока. Топливные элементы. Типы топливных элементов: кислотные, щелочные, карбонатные, твердооксидные. Преимущества и недостатки. Нанокompозитные материалы для топливных элементов: электролиты, катодные и анодные материалы. Экспериментальные методы исследования характеристик топливных элементов. Другие типы химических источников тока: проточные элементы, фотоэлектрохимические системы.	1
Лекция 14. Суперконденсаторы. Традиционные конденсаторы и двойнослойные суперконденсаторы. Электролиты и электродные материалы. Эффект псевдоемкости. Гибридные суперконденсаторы. Экспериментальные методы исследования характеристик суперконденсаторов.	1

Практические занятия (16 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
Семинар 1. Ознакомление с фазовыми диаграммами различного типа. Определение фаз, их состава и агрегатного состояния. Определение типа фазовых превращений и областей стабильности композитов.	1
Семинар 2. Расчет изменения различных характеристик веществ вследствие размерных эффектов. Количественная оценка размера частиц на температуры плавления, температуры фазовых переходов и растворимость веществ.	1
Семинар 3. Оценка влияния энергии адгезии на процессы самопроизвольного образования композитов в результате поверхностного взаимодействия между компонентами нанокompозита.	1
Семинар 4. Расчет напряжения гальванического элемента с использованием значений стандартных электродных потенциалов, уравнения Нернста и концентраций реагентов в растворе или газе.	1
Семинар 5. Расчет кинетики типичной электрохимической реакции с помощью уравнения Тафеля. Оценка предельного диффузионного тока и сопротивления стадии разряда.	1
Семинар 6. Расчет подвижности ионов и электропроводности растворов сильных электролитов с использованием табличных данных. Оценка чисел переноса.	1
Семинар 7. Оценка равновесной концентрации точечных дефектов Шоттки и Френкеля. Оценка температуры перехода от собственной проводимости к примесной в ионных кристаллах.	1
Семинар 8. Расчет концентрации дефектов на поверхности и межзеренных границах ионных кристаллов.	1
Семинар 9. Расчет концентрации электронных и ионных дефектов в зависи-	1

мости от парциального давления компонентов в нестехиометрических веществах.	
Семинар 10 Расчет проводимости различных материалов с использованием уравнений смешения.	1
Семинар 11. Расчет проводимости и диффузии ионов в нанокompозитных твердых электролитах с учетом вклада интерфейсов в общую проводимость.	1
Семинар 12. Расчет транспортных свойств нанокompозитов на основе нестехиометрических соединений со смешанной электронно-ионной проводимостью.	1
Семинар 13. Расчет теоретической емкости и мощности литиевых аккумуляторов с различными катодными и анодными материалами.	1
Семинар 14. Построение вольтамперной характеристики топливного элемента. Исследование влияния сопротивления стадии разряда, адсорбции газов на электродах и сопротивления электролита на вид кривой.	1
Семинар 15. Расчет теоретических характеристик суперконденсатора с электродными материалами, обладающими различными значениями удельной поверхности.	1
Семинар 16. Контрольная работа по тематике курса.	

Самостоятельная работа студентов (36 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Подготовка к практическим занятиям.	12
Изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	20
Подготовка к экзамену (экзамен)	4

5. Перечень учебной литературы

1. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложение: В 2-х Ч./Пер.с англ.. М.: Мир, 1988, т.1, 558 с.; т.2, 336 с.
2. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. "Мир", Москва, 1979 г., , 568 стр.
3. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А.. Электрохимия. Москва: Химия: Колосс, 2008 669 стр.
4. Будников Г. К., Майстренко В. Н., Вяселев М. Р. Основы современного электрохимического анализа. М.: Мир: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. 591 стр.
5. Чеботин В.Н. Физическая химия твердого тела. М.: Химия, 1982. — 320 с

6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

7. Уваров Н.Ф. Композиционные твердые электролиты. Новосибирск, 2008, 258 с.
8. Справочник по электрохимии / [А.М. Сухотин, Р.К. Астахова, А.А. Белюстин и др.] ; Под ред. А.М. Сухотина. Л. : Химия, 1981, 486 с.
9. Рабинович В.А. Краткий химический справочник / Под общ.ред.А.А.Потехина,А.И.Ефимова 3-е изд.,перераб.и доп. Л. : Химия, 1991, 432 с.

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

7.1 Ресурсы сети Интернет

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС, электронную почту, программное обеспечение BlueJeans.

7.2 Современные профессиональные базы данных:

1. Химический каталог. Неорганическая химия. Сайты и книги www.ximicat.com
2. Chemnet - официальное электронное издание Химического факультета
<http://www.chem.msu.ru/rus>
3. Справочно-информационный сайт по химии <http://www.alhimikov.net>

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.1 Перечень программного обеспечения

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office, ПО BlueJeans.

Использование специализированного программного обеспечения для изучения дисциплины не требуется.

8.2 Информационные справочные системы

Не используются

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для реализации дисциплины используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Для проведения занятий лекционного типа предлагаются следующие наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий:

- комплект лекций-презентаций по темам дисциплины.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

Текущий контроль

Текущий контроль осуществляется в ходе семестра путем проверки ответов на вопросы для проверки знания материала предыдущей лекции. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде экзамена.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме сдачи 10 домашних заданий и 1 контрольной работы. Максимальные оценки за выполнение каждого задания - 3 балла, контрольной работы – 30 баллов. Максимальное количество баллов, которое может набрать студент в течение семестра – 60 баллов. Если студент набрал более 25 баллов, то он получает допуск к сдаче экзамена. Каждое домашнее задание представляет собой набор письменных задач, которые студент решает самостоятельно и сдает преподавателю строго по графику, определяемому контрольными сроками преподавателем. Правильное решение задания, выполненное в контрольный срок, оценивается на 3 балла. Выполнение задания позднее контрольного срока является основанием для снижения балла. Контрольная работа проводится в середине семестра и представляет собой набор письменных задач, которые студент решает в течение 2 академических часов. Контрольная работа содержит 5 задач, правильное решение каждой задачи оценивается в 2 балла. Ошибки в решении при общем правильном ходе решения является основанием для снижения балла. Общий балл за выполнение контрольной работы получается суммированием баллов за все задачи.

Промежуточная аттестация

Освоение компетенций оценивается согласно шкале оценки уровня сформированности компетенции. Положительная оценка по дисциплине выставляется в том случае, если заявленные компетенции ПК-1 и ПК-3 сформированы не ниже порогового уровня.

Окончательная оценка работы студента в течение семестра происходит на экзамене. Экзамен проводится в форме теста, экзаменационные билеты содержат как теоретические вопросы, так и задачи по курсу. За успешную сдачу экзамена студент может получить максимальное количество - 40 баллов. Баллы, полученные в течение семестра, суммируются с баллами, полученными на экзамене. Оценка «отлично» выставляется, если студент набрал более 80 баллов, оценка хорошо – от 60 до 80 баллов, «удовлетворительно» - от 30 до 60 баллов. Если студент набрал менее 30 баллов, то ему ставится оценка «неудовлетворительно». Во время пересдачи экзамена оценка выше «удовлетворительно» не выставляется. Вопросы билета подбираются таким образом, чтобы проверить уровень сформированности компетенций ПК-1 и ПК-3.

Вывод об уровне сформированности компетенций принимается преподавателем. Каждый вопрос билета оценивается от 0 до 5 баллов. Положительная оценка ставится, когда все компетенции освоены не ниже порогового уровня. Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине

Таблица 10.1

Код компе-	Индикатор	Результат обучения по дис-	Оценочное
------------	-----------	----------------------------	-----------

тенции		циплине	средство
М-ПК-1	<p>М-ПК-1.1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий НИР или НИОКР</p> <p>М-ПК-1.2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи в рамках НИР или НИОКР, исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p> <p>М-ПК-1.3. Проводит исследования и испытания веществ и материалов, инновационной химической продукции</p>	<p>- <i>знать</i> представление о размерных эффектах, транспортных свойствах индивидуальных веществ и веществ, находящихся в составе композитов, электрохимических процессах с участием материалов различного типа и электрохимических устройствах с нанокompозитными материалами;</p> <p>- <i>знать</i> основные физико-химические процессы, происходящие на поверхности и в объеме твердых электролитов и электродных материалов, в том числе в процессе работы электрохимических устройств;</p>	Экзамен.
М-ПК-3	<p>М-ПК-3.1. Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР и НИОКР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными</p> <p>М-ПК-3.2. Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов</p>	<p>- <i>владеть</i> пониманием особенности протекания транспортных и электрохимических процессов в нанокompозитных материалах;</p> <p>- <i>уметь</i> учитывать специфические свойства наноматериалов при расчете характеристик и проектировании электрохимических устройств.</p>	

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<p>Экзамен:</p> <ul style="list-style-type: none"> – фундированность теоретическим и фактическим материалом, подкрепленным ссылками на научную литературу и источники, – полнота понимания и изложения причинно-следственных связей, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, отсутствие затруднений в объяснении процессов и явления, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий науки, – наличие исчерпывающих ответов на дополнительные вопросы. <p>При изложении ответа на вопрос(ы) экзаменационного билетаобу-</p>	Отлично

чающийся мог допустить непринципиальные неточности.	
<p>Экзамен:</p> <ul style="list-style-type: none"> – обоснованность теоретическим и фактическим материалом, подкрепленным ссылками на научную литературу и источники, – полнота понимания и изложения причинно-следственных связей, – самостоятельность, осмысленность, структурированность, логичность и аргументированность изложения материала, наличие затруднений в объяснении отдельных процессов и явления, а также при формулировке собственных суждений, – точность и корректность применения терминов и понятий науки при наличии незначительных ошибок, – наличие полных ответов на дополнительные вопросы с возможным присутствием ошибок. 	<i>Хорошо</i>
<p>Экзамен:</p> <ul style="list-style-type: none"> – теоретический и фактический материал в слабой степени подкреплен ссылками на научную литературу и источники, – частичное понимание и неполное изложение причинно-следственных связей, – самостоятельность и осмысленность в изложении материала, наличие ошибок в логике и аргументации, в объяснении процессов и явлений, а также затруднений при формулировке собственных суждений, – корректность применения терминов и понятий науки, при наличии незначительных ошибок, – наличие неполных и/или содержащих существенные ошибки ответов на дополнительные вопросы. 	<i>Удовлетворительно</i>
<p>Экзамен:</p> <ul style="list-style-type: none"> – фрагментарное и недостаточное представление теоретического и фактического материала, не подкрепленное ссылками на научную литературу и источники, – непонимание причинно-следственных связей, – отсутствие осмысленности, структурированности, логичности и аргументированности в изложении материала, – грубые ошибки в применении терминов и понятий науки, – отсутствие ответов на дополнительные вопросы 	<i>Неудовлетворительно</i>

Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

Перечень задач для домашних заданий:

Задача 1. Оценить значение точки ликвидуса бинарной системы состава $90\text{NaCl}-10\text{CsCl}$ если значения энтальпии и температуры плавления NaCl равны $28,5 \text{ кДж/моль}$ и 801 оС , соответственно. Считать, что в системе не образуется твердых растворов.

Задача 2. Значения удельной поверхностной энергии кристаллического и жидкого серебра равны 1.1 и 0.9 Дж/м^2 , соответственно. Пользуясь справочными данными, оценить температуру плавления серебра с размером частиц 10 нм .

Задача 3. Определить растворимость карбоната бария с размером частиц 10 нм , если стандартное значение произведения растворимости равно $PP = 5 \cdot 10^{-9}$, а значение удельной поверхностной энергии равно 6.5 Дж/м^2 .

Задача 4. Оценить размер частиц меди, если экспериментально наблюдаемое значение температуры плавления снизилось на 100 К. Значения удельной поверхностной энергии кристаллического и жидкого серебра равны 1.37 и 1.15 Дж/м², соответственно.

Задача 5. Оценить размер критического зародыша серебра, если значение удельной поверхностной энергии равно 1.1 Дж/м², а плотность равна 10,5 г/см³.

Задача 6. Как изменится цвет селенида цинка, имеющего ширину запрещенной зоны 2 эВ при уменьшении его размера до значений ниже 10 нм?

Задача 7. Из справочных термодинамических данных оценить ЭДС гальванического элемента Pb / (водный раствор 1М PbCl₂+ 1М ZnCl₂) /Zn.

Задача 8. Из справочных термодинамических данных оценить ЭДС твердотельного гальванического элемента Pb/PbI₂/AgI/Ag .

Задача 9. Из справочных данных оценить как изменится ЭДС топливного элемента H₂,Pt / (водный раствор H₂SO₄) / O₂,Pt при изменении следующих параметров:

- уменьшении температуры от 25 до -50 оС;
- увеличении концентрации кислоты от 0.1 до 10 М
- изменении парциального давления водорода от 10⁻¹⁰ до 1 атм (давление кислорода равно 1 атм).

Задача 10. Рассчитать стандартное значение энергии Гиббса образования ΔG⁰ хлорида свинца, если значения ЭДС гальванических элементов Pb/(водный раствор 1М PbSO₄ + 1М ZnSO₄) / Zn и Zn / (водный раствор 1М ZnSO₄) /Pt, Cl₂ (0.01 атм) равны 0.652 и 1.576 В, соответственно.

Задача 11. Как изменятся токи обмена электрохимической реакции, протекающей в топливном элементе H₂,Pt / (водный раствор H₂SO₄) / O₂,Pt , если

- уменьшить на порядок размер частиц платины на одном из электродов
- уменьшить на порядок размер частиц платины на обоих электродах

Задача 12. Определить значение подвижности ионов, электропроводности и чисел переноса в водном растворе [(CH₃)₂NH₂]ClO₄ с концентрацией 0.001 М по значениям предельной ионной электропроводности λ⁰: 51.87 и 67,36 Ом⁻¹см²/моль, для катиона и аниона, соответственно.

Задача 13. Определить значение электропроводности раствора, находящегося в равновесии с осадком хлорида серебра. Значение произведения растворимости AgCl равно ПР = 1.8·10⁻¹⁰; значения предельной ионной электропроводности ионов серебра и хлора λ⁰ равны 61,90 и 78,14 Ом⁻¹см²/моль, соответственно.

Задача 14. Оценить концентрацию точечных дефектов Шоттки и анти-Френкеля в PbF₂ при 1000 К, если значения энергии образования соответствующих дефектов равны 2.3 и 1.6 эВ. Энтропийным вкладом пренебречь.

Задача 15. Рассчитать значение концентрации точечных дефектов Шоттки в оксиде алюминия при 1000 К, если энергия образования дефектов равна 3 эВ. Энтропийным вкладом пренебречь.

Задача 16. Частота ионных перескоков в ионном соединении при 1000 К равна 10⁶ Гц. Расстояние перескока равно 0.3 нм. Оценить значение коэффициента диффузии вакансий.

Задача 17. Значение поверхностного потенциала на межзеренных границах ионного соединения типа NaCl равно 0.1 В. Оценить, насколько возрастет проводимость соединения при переходе от монокристалла к поликристаллическому образцу с размером зерен 100 нм.

Задача 18. Диоксид титана является электронным полупроводником. Оценить как изменится проводимость TiO_2 при изменении парциального давления кислорода от 1 атм до 10-10 атм, написать уравнение квазихимического равновесия.

Задача 19. Оксид ванадия V_2O_3 является дырочным полупроводником. Оценить как изменится проводимость V_2O_3 при изменении парциального давления кислорода от 1 атм до 10-10 атм, написать уравнения квазихимического равновесия.

Задача 20. Значения ионной и электронной проводимости оксида при 1000 К равны 10^{-3} и 10^{-2} См/см, соответственно. Оценить значение потока кислорода, протекающего через мембрану толщиной 1 мм, изготовленную из этого оксида.

Задача 21. Рассчитать значения проводимости композита типа проводник-диэлектрик при значениях концентрации диэлектрической фазы, равных 30 и 70%. Значения проводимости равны 1 См/см и 10^{-6} См/см, соответственно. При расчете использовать

- уравнение Максвелла-Гарнета (для сферических частиц)
- уравнение Брюггеманна (для асимметричной среды)
- перколяционное уравнение с порогом перколяции, равным 0.85 ($t = 1.5$; $s = 0.7$)
- уравнение смешения при $\alpha_1 = 2/3$; $\alpha_2 = -1/3$

Задача 22. Оценить изменение проводимости композиционного твердого электролита MX-A при уменьшении размера частиц гетерогенного допанта А на порядок, если проводимость поверхностной фазы на три порядка превышает объемную проводимость соли, а коэффициенты α_1 и α_2 в уравнении смешения составляют $2/3$ и $-1/3$.

Задача 23. Сравнить значения удельных значений накопленной энергии в расчете на единицу веса металла для литий-воздушного и алюминий-воздушного аккумуляторов.

Задача 24. Значение удельной емкости литиевого аккумулятора с катодом из LiCoO_2 равно 140 мА ч/г. Рассчитать предельный химический состав катода, достигаемый при зарядке аккумулятора.

Задача 25. Рассчитать предельное значение удельной емкости двойного слоя моно-слоистого графена (в расчете на единицу площади и единицу веса), если расстояние С-С в графене равно 0.142 нм.

Перечень вопросов для контрольной работы

1. Значения удельной поверхностной энергии кристаллического и жидкого олова равны 1.1 и 0.9 Дж/м², соответственно. Пользуясь справочными данными, оценить температуру плавления серебра с размером частиц 10 нм.
2. Определить растворимость карбоната бария с размером частиц 10 нм, если стандартное значение произведения растворимости равно $\text{PP} = 5 \cdot 10^{-9}$, а значение удельной поверхностной энергии равно 6.5 Дж/м².
3. Оценить размер критического зародыша серебра, если значение удельной поверхностной энергии равно 1.1 Дж/м², а плотность равна 10,5 г/см³.
4. Из справочных термодинамических данных оценить ЭДС твердотельного гальванического элемента $\text{Pb/PbI}_2/\text{AgI/Ag}$.
5. Рассчитать стандартное значение энергии Гиббса образования ΔG_f^0 хлорида свинца, если значения ЭДС гальванических элементов $\text{Pb}/(\text{водный раствор } 1\text{M PbSO}_4 + 1\text{M ZnSO}_4) / \text{Zn}$ и $\text{Zn} / (\text{водный раствор } 1\text{M ZnSO}_4) / \text{Pt}, \text{Cl}_2 (0.01 \text{ атм})$ равны 0.652 и 1.576 В, соответственно.
6. Определить значение электропроводности раствора, находящегося в равновесии с осадком хлорида серебра. Значение произведения растворимости AgCl равно $\text{PP} = 1.8 \cdot 10^{-10}$; значения предельной ионной электропроводности ионов серебра и хлора λ^0

равны 61,90 и 78,14 Ом⁻¹см²/моль, соответственно.

7. Рассчитать значение концентрации точечных дефектов Шоттки в оксиде алюминия при 1000 К, если энергия образования дефектов равна 3 эВ. Энтروпийным вкладом пренебречь.
8. Частота ионных перескоков в ионном соединении при 1000 К равна 10⁶ Гц. Расстояние перескока равно 0.3 нм. Оценить значение коэффициента диффузии вакансий.
9. Диоксид титана является электронным полупроводником. Оценить как изменится проводимость TiO₂ при изменении парциального давления кислорода от 1 атм до 10⁻¹⁰ атм, написать уравнение квазихимического равновесия.
10. Значения ионной и электронной проводимости оксида при 1000 К равны 10⁻³ и 10⁻² См/см, соответственно. Оценить значение потока кислорода, протекающего через мембрану толщиной 1 мм, изготовленную из этого оксида.
11. Рассчитать значения проводимости композита типа проводник-диэлектрик при значениях концентрации диэлектрической фазы, равных 30 и 70%. Значения проводимости равны 1 См/см и 10⁻⁶ См/см, соответственно. При расчете использовать
 - уравнение Максвелла-Гарнета (для сферических частиц)
 - уравнение Брюгеманна (для асимметричной среды)
 - перколяционное уравнение с порогом перколяции, равным 0.85 (t = 1.5; s = 0.7)
 - уравнение смешения при $\alpha_1 = 2/3$; $\alpha_2 = -1/3$
12. Рассчитать предельное значение удельной емкости двойного слоя монослойного графена (в расчете на единицу площади и единицу веса), если расстояние С-С в графене равно 0.142 нм,

Вариант теста №1 для экзамена

1. Табличные значения температуры и энтальпии плавления олова равны 232 °С и 12 кДж/моль. Если значения удельной поверхностной энергии кристаллического и жидкого олова равны 1.1 и 0.9 Дж/м², соответствующие значения плотности равны 10,5 и 9,3 г/см³, то температура плавления наночастиц олова размером 10 нм будет равна:
 - 252 К
 - 231 °С
 - 217 С
 - 195 °С
2. Растворимость частиц карбоната бария размером 10 нм (стандартное значение произведения растворимости ПР = 5·10⁻⁹; а значение удельной поверхностной энергии 0,65 Дж/м²) равно:
 - 1·10⁻⁵
 - 2·10⁻⁶
 - 6·10⁻⁷
 - 4·10⁻⁸
3. Экспериментально наблюдаемое значение температуры плавления меди снизилось с 1358 до 1258 К. Значения удельной поверхностной энергии кристаллического и жидкого металла равны 2 и 1.8 Дж/м², соответственно. Энтальпия плавления металла равна 13 кДж/моль, молекулярная масса равна 64 г/моль, плотности твердой и жидкой фаз считать равными 8.9 г/см³. Размер частиц металла равен:
 - 2 нм
 - 240 нм
 - 12 нм
 - 24 нм

4. Величины стандартных электродных потенциалов Pb^{2+}/Pb и Ni^{2+}/Ni равны 0,126 и -0,230 В, соответственно. Значение ЭДС гальванического элемента $Pb / (водный раствор 1M PbCl_2 + 0.001M NiCl_2) / Ni$ (), равно
- 0.356 В
 - 0.104 В
 - 0.268 Вм
 - 0.104 В
5. ЭДС топливного элемента $H_2, Pt / \text{твердый электролит} / O_2, Pt$ при увеличении температуры:
- увеличится
 - уменьшится
 - не изменится
6. В гальваническом элементе катодом является
- электрод с наименьшим значением электродного потенциала
 - электрод с наиболее высоким значением стандартного электродного потенциала
 - электрод с меньшим значением стандартного электродного потенциала
 - электрод с меньшим значением электродного потенциала
7. При уменьшении частиц платины ток обмена электрохимической реакции, протекающей на аноде H_2, Pt топливного элемента
- увеличится
 - уменьшится
 - не изменится
8. Значение произведения растворимости $AgCl$ равно $PP = 1.8 \cdot 10^{-10}$; значения предельной ионной электропроводности ионов серебра и хлора λ^0 равны 61,90 и 78,14 $Om^{-1} cm^2/моль$, соответственно). Удельная электропроводность раствора, находящегося в равновесии с осадком хлорида серебра, равна:
- $2 \cdot 10^{-4} Cm/cm$
 - $1 \cdot 10^{-5} Cm/cm$
 - $2 \cdot 10^{-6} Cm/cm$
 - $5 \cdot 10^{-7} Cm/cm$
9. Частота ионных перескоков при 1000 К в ионном соединении при вакансионном механизме переноса равна 10^6 Гц. Расстояние перескока равно 0.3 нм. Значение коэффициента диффузии вакансий равно:
- $2 \cdot 10^{-14} cm^2/c$
 - $4 \cdot 10^{-12} cm^2/c$
 - $1 \cdot 10^{-10} cm^2/c$
 - $3 \cdot 10^{-8} cm^2/c$
10. При переходе от монокристалла к поликристаллическому образцу с размерами зерен 100 нм проводимость ионной соли при 300 К возрастает на порядок. При толщине поверхностного слоя 10 нм значение поверхностного потенциала равно:
- 0.1 мВ
 - 3 мВ
 - 20 мВ
 - 120 мВ
11. Диоксид титана является электронным полупроводником. При изменении парциального давления кислорода от 1 атм до 10^{-10} атм проводимость TiO_2 :
- не изменится
 - увеличится
 - уменьшится

12. Оксид ванадия V_2O_3 является дырочным полупроводником. При изменении парциального давления кислорода от 1 атм до 10^{-10} атм проводимость этого соединения
- не изменится
 - увеличится
 - уменьшится
13. Значения ионной и электронной проводимости оксида при 1000 К равны 10^{-5} и 10^{-3} См/см, соответственно. Общая концентрация ионов равна 10^{21} см⁻³. Если перенос лимитируется диффузией, то при градиенте концентрации кислорода 10 моль/см⁴ оценочное значение потока кислорода, протекающего через мембрану, изготовленную из этого оксида, равно
- $1 \cdot 10^{-7}$ моль/(см²·с)
 - $4 \cdot 10^{-6}$ моль/(см²·с)
 - $3 \cdot 10^{-5}$ моль/(см²·с)
 - $2 \cdot 10^{-3}$ моль/(см²·с)
14. Указать значение проводимости композита, образованного фазами проводника с проводимостью $\sigma_1 = 1$ См/см и диэлектрика $\sigma_2 = 0$ при объемной концентрации диэлектрической фазы, равной 50 %. При расчете использовать уравнение смешения при $\alpha_1 = 2/3$; $\alpha_2 = -1/3$
- $2,0 \cdot 10^{-4}$ См/см
 - $3,2 \cdot 10^{-3}$ См/см
 - $1,5 \cdot 10^{-2}$ См/см
 - $2,1 \cdot 10^{-1}$ См/см
15. Проводимость композиционного твердого электролита МХ-А возрастает в сравнении с чистой ионной солью МХ, если
- соль МХ обладает высокой проводимостью
 - концентрация компонента А высока
 - на поверхности раздела фаз образуется слой с высокой проводимостью
 - соль МХ входит в поры соединения А
16. Метод импедансной спектроскопии позволяет
- провести отдельное определение вкладов объемной проводимости и сопротивления границ зерен
 - определить вклад электронной проводимости
 - определить числа переноса
 - исследовать эффект Холла
17. Методом гальваностатического заряда-разряда можно определить
- удельную зарядную емкость
 - удельную разрядную емкость
 - величину удельной накопленной энергии
 - все указанные выше параметры
18. Указать тип аккумулятора, обладающего наиболее высокими значениями накопленной энергии в расчете на единицу веса металла
- литий-воздушный
 - свинцовый
 - литий-марганцевый
 - алюминий-воздушный

19. Значение удельной емкости литиевого аккумулятора с катодом из LiCoO_2 равно 136 мА ч/г . Предельный химический состав катода, достигаемый при зарядке аккумулятора можно записать в виде:

- $\text{Li}_{0.9}\text{CoO}_2$
- $\text{Li}_{1.2}\text{CoO}_2$
- CoO_2
- $\text{Li}_{0.5}\text{CoO}_2$

20. При увеличении удельной поверхности материала значение удельной емкости двойного слоя

- не изменится
- увеличится
- уменьшится

Оценочные материалы по промежуточной аттестации, предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины
«Нанокompозитные материалы для электрохимической энергетики»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета ФЕН	Подпись ответственного