

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет химии и высоких технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе,
качеству образования, первый
проректор

Хатула Т.А.

« 27 » 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Б1.В.06 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОМАС-
СОПЕРЕНОСА В ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Направление подготовки _____ 04.04.01 Химия _____

Направленность (профиль) _____ Электрохимия _____

Программа подготовки академическая _____

Форма обучения очная _____

Квалификация (степень) выпускника магистр _____

Краснодар 2018

Рабочая программа дисциплины Б1.В.06 «Математическое моделирование и оптимизация процессов электропереноса в электрохимических системах» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 23.09.2015 № 1042 по направлению подготовки 04.04.01 Химия (уровень магистратуры) и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 04.04.01 Химия, профиль Электрохимия.

Программу составил(и):

Профессор кафедры физической химии,
д-р хим. наук, профессор Никоненко В.В.

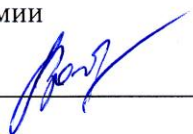


Доцент кафедры физической химии,
канд. хим. наук, Мареев С.А.



Рабочая программа утверждена на заседании кафедры (выпускающей)
физической химии «10» апреля 2018 г., протокол № 11.

Заведующий кафедрой (выпускающей) физической химии
д-р хим. наук,
профессор Заболоцкий В.И



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии
и высоких технологий протокол № 5 от «20» апреля 2018 г.

Председатель УМК факультета
доцент, канд. хим. наук Стороженко Т.П.



Эксперты:

Н.А. Мельник, заместитель руководителя Отраслевого учебно-методического
центра охраны труда работников агропромышленного комплекса
Краснодарского края КРИА ДПО ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ, канд.хим.наук

М.Е. Соколов, Руководитель НОЦ "ДССН"-ЦКП ФГБОУ ВО «КубГУ»,
канд.хим.наук

1 Цели и задачи изучения дисциплины

1.1 Цель освоения дисциплины

Целью дисциплины Б1.В.06 «Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах» является развитие у обучающихся компетенций, относящихся к пониманию физико-химических основ явлений переноса в электрохимических, прежде всего мембранных, системах, подходов и способов математического моделирования и оптимизации.

1.2 Задачи дисциплины.

- Изучить физико-химические основы поведения сложных электрохимических систем на примере мембран и мембранных модулей.
- Изучить и получить практические навыки работы с иерархической системой математических моделей, описывающих электрохимическое поведение мембран и мембранных модулей на разных пространственных уровнях. Освоить программные продукты, реализующие систему математических моделей.
- Провести математическое описание различных явлений переноса: электропроводности и диффузии электролита как функции параметров структуры мембраны; скорости массопереноса в ЭД ячейках. Провести сравнение полученных результатов с экспериментальными данными.
- Провести численную оптимизацию работы ЭД аппаратов.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.06 «Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах» относится к обязательным дисциплинам вариативной части Блока 1 учебного плана направления подготовки 04.04.01 Химия, направленность (профиль) «Электрохимия».

Изучению дисциплины Б1.В.06 «Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах» должно предшествовать изучение таких дисциплин, как «Явления на межфазных границах», «Термодинамика и кинетика электродных процессов». Параллельно с освоением дисциплины Б1.В.06 «Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах» должно проходить изучение дисциплины «Мембранные технологии в решении экологических проблем».

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций: ОК-1, ОПК-2, ПК-2.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОК-1	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	основные приемы упрощения, моделирования, анализа, синтеза	анализировать, упрощать, математически представлять результаты эксперимента	способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
2.	ОПК-2	владением современными компьютерными технологиями при планировании исследований, получении и обработке результатов научных экспериментов, сборе, обработке, хранении, представлении и передаче научной информации	теоретические основы физической химии	проводить основные экспериментальные манипуляции в области физической химии	теорией и навыками практической работы в физической химии и в профессиональной деятельности
3.	ПК-2	владением теорией и навыками практической работы в избранной области химии	теоретические основы физико-химических явлений переноса в электрохимических системах, подходы и способы математического моделирования в физической химии	работать с математическими моделями, описывающим и электрохимическое поведение мембран; сравнивать полученные результаты с экспериментальными данными	программным и продуктами, реализующим и систему математических моделей; навыками математического описания явления переноса

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зач.ед. (180 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице (для студентов ОФО).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
Контактная работа, в том числе:		
Аудиторные занятия (всего):	72	72
Занятия лекционного типа	36	36
Лабораторные занятия	36	36
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	-	-
Иная контактная работа:		
Контроль самостоятельной работы (КСР)	-	-
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,5	0,5
Самостоятельная работа, в том числе:		
Проработка учебного (теоретического) материала	30	30
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений,	20	20

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры
			1
презентаций)			
Подготовка реферата		20	20
Подготовка к текущему контролю, защите лабораторных работ		10,8	10,8
Контроль:			
Подготовка к экзамену		26,7	26,7
Общая трудоемкость	час.	180	180
	в том числе контактная работа	72,5	72,5
	зач. ед	5	5

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 1 семестре (для студентов ОФО)

№ разд ела	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Виды мембранных процессов и используемые в них мембраны	13	6	-	2	5
2.	Микрогетерогенная модель.	33	10	-	8	15
3.	Конвективно-диффузионная модель	24	8	-	6	10
4.	Приложение теории подобия к электромембранным процессам	30	6	-	4	20
5.	Расчет ЭД аппаратов и комплексных установок по очистке воды	52,8	6	-	16	30,8
	Итого по дисциплине:		36		36	80,8

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Виды мембранных процессов и используемые в них мембраны	Основные свойства и функции мембран. Виды мембранных процессов. Мембрана как нанопористая пленка. Структура мембран. Изменение структуры при набухании. Представления Дрейфюса и Гирке. Современные модели структуры (Кройер, Жебель). Подходы к моделированию связи «структура-свойства».	КР
2	Микрогетерогенная модель	Микрогетерогенная модель. Формулировка модели. Сорбция электролита. Электропроводность и диффузионная проницаемость. Решение прямой и обратной задач; нахождение параметров модели из экспериментальных данных.	УО

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
3	Конвективно-диффузионная модель	Одномерная модель электродиффузии бинарного электролита в мембранной системе. Ламинарное течение жидкости между двумя параллельными пластинами. Решение уравнения Навье-Стокса и профиль скорости в канале между двумя параллельными пластинами. Конвективно-диффузионная модель. Распределение концентрации и плотности тока. Вольтамперная характеристика. Расчет толщины диффузионного слоя. Сравнение расчета с экспериментальными данными. Недостатки модели. Двумерная конвективно-диффузионная модель. Математическая формулировка задачи.	УО, КР, РЗ
4	Приложение теории подобия к электромембранным процессам	Приложение теории подобия к электромембранным процессам. Числа Рейнольдса, Шмидта, Шервуда, Прандтля. Вид зависимости Sh-Re. Роль сепаратора-турбулизатора.	УО
5	Расчет ЭД аппаратов и комплексных установок по очистке воды	Расчет ЭД аппаратов для обессоливания и концентрирования. Подходы к оптимизации ЭД процесса. Использование конвективно-диффузионной модели: выбор геометрических (межмембранное расстояние, форма сепаратора) и гидродинамических (скорость потока раствора) параметров при минимизации себестоимости продукта. Расчет каскадов ЭД аппаратов. Оптимизация электрических и гидродинамических параметров на основе экспериментальных данных для пилотных установок.	Р

Написание реферата (Р), устный опрос (УО), контрольная работа (КР), решение задач (РЗ)

2.3.2 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия - не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3
1.	Сравнение экономической эффективности различных процессов обессоливания	Защита ЛР
2.	Программа MGM, реализующая микрогетерогенную модель. Расчет сорбции электролита.	Защита ЛР
3.	Микрогетерогенная модель. Решение прямой задачи расчета зависимости удельной электропроводности, диффузионной проницаемости и чисел переноса от концентрации электролита. Решение обратной задачи: нахождение параметров микрогетерогенной модели по экспериментальным данным.	Защита ЛР
4.	Решение одномерных задач электродиффузии электролита через мембрану.	Защита ЛР
5.	Решение уравнения Навье-Стокса и профиль скорости в канале	Защита ЛР

№	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3
	между двумя параллельными пластинами.	
6.	Пакет программ ELDIAL - «Электродиализ». Конвективно-диффузионная модель. Расчет электродиализаторов для обессоливания и концентрирования. Расчет электродиализаторов с сетчатыми прокладками и с профилированными мембранами. Использование подходов теории подобия и экспериментальных данных.	Защита ЛР
7.	Совместное использование программ ELDIAL и MGM. Оптимизация параметров ЭД аппаратов и гидродинамических параметров.	Защита ЛР
8	Расчет и оптимизация каскадов ЭД аппаратов. Работа с экспертной системой «Электродиализ-менеджер»	Защита ЛР

Защита лабораторной работы (ЛР).

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы - не предусмотрены

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка учебного (теоретического) материала	Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. Долгопрудный: Интеллект. – 2008. 423 с. Замалева З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники. М.: Лань. 2014.
2	Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=64&pl1_id=1019 Методические указания по организации самостоятельной работы. Методические указания к выполнению лабораторных работ. Методические указания по написанию рефератов. Утверждены кафедрой физической химии, протокол № 17 от 11.05.2017 г. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине. Утверждены кафедрой физической химии, протокол № 10 от 13.03.2018 г.
3	Подготовка реферата	
4	Подготовка к текущему контролю, защите лабораторных работ	Методические рекомендации к организации аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы студентов: методические указания / сост. Т.П. Стороженко, Т.Б. Починок, А.В., Беспалов, Н.В. Лоза. – Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2018. 89 с

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

Для формирования профессиональных компетенций в процессе освоения курса используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование и развитие продуктивных познавательных действий студентов (на основе психолого-педагогической теории поэтапного формирования умственных действий).

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
1	ЛР	Работа в малых группах Метод поиска быстрых решений в группе Мозговой штурм	6 6 4
Итого:			16

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Вопросы для контрольной работы по теме «Виды мембранных процессов и используемые в них мембраны»

1. Виды мембранных процессов.
2. Какие мембранные процессы подходят для каких диапазонов концентраций очищаемых растворов?
3. Структура внешних межфазных границ ионообменных мембран.
4. Какова внутренняя структура ионообменных мембран?
5. Строение мембран. Внутреннее разделение мембран по фазам.
6. Структура внутренних межфазных границ ионообменных мембран.
7. Двойной электрический слой (ДЭС). Модели строения двойного электрического слоя.
8. Распределение пор мембраны по радиусам. Микро-, мезо- и макропоры.
9. Чем отличаются мембраны, используемые в баромембранных процессах, от мембран, используемых в электромембранных процессах?
10. Фазовая неоднородность мембран на микроуровне. Изменения структуры мембран при набухании. Перколяция.
11. Представления Дрейфюса и Гирке о структуре мембран. Кластерно-канальная модель Гирке.
12. Модели Кройера и Жебеля

Перечень части компетенции, проверяемых оценочным средством: способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1)

Вопросы для устного опроса по теме «Микрогетерогенная модель»

1. Микрогетерогенная модель. Основные положения и уравнения.
2. Применение микрогетерогенной модели.
3. Точка изоэлектропроводности. Определение точки изоэлектропроводности из данных электропроводности мембран.

4. Расчет доли гелевой и межгелевой фазы из данных электропроводности.
5. Параметр Гнусина и его определение из данных диффузионной проницаемости.

Перечень части компетенции, проверяемых оценочным средством: владение современными компьютерными технологиями при планировании исследований, получении и обработке результатов научных экспериментов, сборе, обработке, хранении, представлении и передаче научной информации (ОПК-2)

Вопросы для устного опроса и контрольной работы по теме «Конвективно-диффузионная модель»

1. Чем отличаются макроскопический и микроскопический механизмы переноса?
2. Какие основные законы сохранения существуют?
3. Какие уравнения относятся к уравнениям баланса?
4. Что описывают уравнения баланса массы и баланса количества вещества?
5. В чем особенность уравнения баланса количества движения?
6. В чем основное отличие процесса диффузии в условиях наложенного электрического поля и без?
7. Из каких уравнений и предположений вытекает уравнение Нернста-Планка?
8. Как выразить плотность потока ионов через градиент электрохимического потенциала?
9. В чем заключается условие равновесия?
10. Чем ламинарное течение жидкости отличается от турбулентного? По каким параметрам можно определить, является ли течение ламинарным или турбулентным?
11. Из каких уравнений и предположений вытекает уравнение Нернста-Планка?
12. Что такое диффузионный пограничный слой? Гидродинамический пограничный слой? Как они соотносятся между собой?
13. Понятие о диффузионном слое: слой Нернста, полная толщина диффузионного слоя, гидродинамический погранслой.
14. Чему равна скорость течения жидкости в ядре потока? У стенки трубы или плоской пластинки?
15. Какие слагаемые входят в уравнение Нернста-Планка?
16. В чем преимущества использования двумерной модели? В чем недостатки?
17. Как математически записывается уравнение Нернста-Планка для двумерного случая?
18. Какие граничные условия применяются для двумерной конвективно-диффузионной модели?

Перечень части компетенции, проверяемых оценочным средством: владение навыками составления планов, программ, проектов и других директивных документов (ПК-2)

Примеры задач для контрольной работы по теме «Конвективно-диффузионная модель»

Вариант 1

Задача. Найти оптимальное напряжение и себестоимость воды, получаемой при ЭД раствора NaCl с концентрацией 0.01 моль/л. Принять, что скорость течения раствора 1.6 см/с, коэффициент диффузии соли $D_{NaCl}=1.6 \times 10^{-5}$ см²/с. Стоимость мембран 1000 руб./м². Стоимость эл. энергии равна 2 руб. за кВт×час. Затратами электроэнергии на перекачку раствора пренебречь. Число рабочих часов в году 5840, стоимость оборудования без стоимости мембран 200 000 рублей. Производительность установки 1 м³/ч по дилуату и 0.2 м³/ч по концентрату. Ширина рабочей части мембраны (=ширина камеры обессоливания) 40 см, расстояние между соседними мембранами $h=0.5$ мм.

Степень обессоливания 0,8. Максимальное число лет эксплуатации 12 лет. Предусмотреть замену мембраны каждые 4 года.

Вариант 2

Задача. Найти оптимальное напряжение и себестоимость воды, получаемой при ЭД раствора NaCl с концентрацией 0.01 моль/л. Принять, что скорость течения раствора 1.6 см/с, коэффициент диффузии соли $D_{NaCl}=1.6 \times 10^{-5}$ см²/с. Стоимость мембран 1000 руб./м². Стоимость эл. энергии равна 2 руб. за кВт×час. Затратами электроэнергии на перекачку раствора пренебречь. Число рабочих часов в году 5840, стоимость оборудования без стоимости мембран 200 000 рублей. Производительность установки 1 м³/ч по диалюату и 0.2 м³/ч по концентрату. Ширина рабочей части мембраны (=ширина камеры обессоливания) 40 см, расстояние между соседними мембранами $h=0.5$ мм. Степень обессоливания 0,8. Максимальное число лет эксплуатации 12 лет. Предусмотреть замену мембраны каждые 4 года.

Перечень части компетенции, проверяемых оценочным средством: владение навыками составления планов, программ, проектов и других директивных документов (ПК-2)

Вопросы для устного опроса по теме «Приложение теории подобия к электромембранным процессам»

1. Что такое критерии подобия? Какие критерии подобия вы знаете?
2. Из каких геометрических параметров выводятся числа Рейнольдса, Шмидта, Шервуда, Прандтля? С какими физическими процессами они связаны?
3. Вид зависимости $Sh-Re$.
4. Какова роль сепаратора-турбулизатора в мембранной системе? В чем его положительное влияние? Отрицательное? В каких случаях целесообразно применять сепаратор-турбулизатор, а в каких – иное наполнение канала?

Перечень части компетенции, проверяемых оценочным средством: способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1)

Примерные темы рефератов по разделу «Расчет ЭД аппаратов и комплексных установок по очистке воды»

1. Влияние межмембранного расстояния на эффективность ЭД процесса.
2. Наиболее широко используемые в процессе ЭД сепараторы. Их параметры, влияние на эффективность ЭД процесса.
3. Гидродинамический режим ЭД модулей, используемых при обессоливании растворов в допредельных и сверхпредельных токовых режимах.
4. Гидродинамический режим ЭД модулей, используемых в электродиализном концентрировании.
5. Влияние стоимости электроэнергии на конечную стоимость воды, очищенной электродиализом.
6. Выход по дистилляту в процессах обратного осмоса и электродиализа.
7. Мембраны, используемые в промышленных электродиализных аппаратах: МК-40, МА-40, МА-41, СМХ, АМХ, СМН, АМН. Их достоинства и недостатки.
8. Расчет стоимости сопутствующего оборудования, используемого при электродиализе.

Перечень части компетенции, проверяемых оценочным средством: владение современными компьютерными технологиями при планировании исследований, получении и обработке результатов научных экспериментов, сборе, обработке, хранении, представлении и передаче научной информации (ОПК-2)

Критерии оценивания результатов устного опроса.

Оценка **«отлично»** ставится, если студент полно излагает материал (отвечает на вопрос), дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

Оценка **«хорошо»** ставится, если студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если студент обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

Оценка **«неудовлетворительно»** ставится, если студент обнаруживает незнание большей части соответствующего вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «2» отмечает такие недостатки в подготовке, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.

Критерии оценивания контрольных работ.

Контрольная работа проводится в письменной форме.

Оценка «отлично» выставляется, если студент выполнил работу без ошибок и недочетов, допустил не более одного недочета.

Оценка «хорошо», если студент выполнил работу полностью, но допустил в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух недочетов.

Оценка «удовлетворительно», если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил не более двух грубых ошибок, или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета, или не более двух-трех негрубых ошибок, или одной негрубой ошибки и трех недочетов, или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов, плохо знает текст произведения, допускает искажение фактов.

Оценка «неудовлетворительно», если студент допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3», или если правильно выполнил менее половины работы.

Критерии оценивания лабораторных работ.

«5» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (не зачтено): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Критерии оценивания результатов лабораторного занятия с решением задач.

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий, используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы. Студент демонстрирует знания теоретического и практического материала по

теме практической работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания.

Оценка **«хорошо»** выставляется, если студент показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Студент демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе алгоритма решения задания.

Оценка **«удовлетворительно»** выставляется, если студент в целом освоил материал практической работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы. Студент затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала практической работы, который полностью не раскрыл содержание вопросов, не смог ответить на уточняющие и дополнительные вопросы. Студент даёт неверную оценку ситуации, неправильно выбирает алгоритм действий.

Критерии оценки рефератов:

Оценка **«отлично»** ставится, если выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.

Оценка **«хорошо»** ставится, если основные требования к реферату и его защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.

Оценка **«удовлетворительно»** ставится, если имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности, тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.

Оценка **«не удовлетворительно»** ставится, если тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы, или реферат не представлен.

Критерии оценивания презентации.

Оценка **«отлично»** выставляется студенту, если:

- презентация соответствует теме самостоятельной работы;
- оформлен титульный слайд с заголовком (тема, цели, план и т.п.);
- сформулированная тема ясно изложена и структурирована;
- использованы графические изображения (фотографии, картинки и т.п.), соответствующие теме;
- выдержан стиль, цветовая гамма, использована анимация, звук; работа оформлена и предоставлена в установленный срок.

Оценка **«хорошо»** выставляется студенту, если:

- презентация соответствует теме самостоятельной работы; оформлен титульный слайд с заголовком (тема, цели, план и т.п.);
- сформулированная тема ясно изложена и структурирована;

- использованы графические изображения (фотографии, картинки и т.п.), соответствующие теме;
- работа оформлена и предоставлена в установленный срок.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется студенту, если работа не выполнена или содержит материал не по вопросу.

Во всех остальных случаях работа оценивается на «удовлетворительно»

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вопросы к экзамену

1. Классификация энергоресурсов.
2. Энергия, энергетика, энергосбережение, энергетические ресурсы (основные термины и определения).
3. Энергетические ресурсы. Основные термины и понятия. Традиционные и нетрадиционные ресурсы.
4. Возобновляемые и невозобновляемые ресурсы.
5. Ресурсная обеспеченность мировой энергетики и перспективы ее развития.
6. Состояние и функции состояния. Процессы и их условия. Первый и второй законы термодинамики.
7. Закон сохранения энергии, изменение энтропии системы и окружающей среды.
8. Эксергетический баланс. Физическая эксергия. Эксергия смешения. Количество и качество теплоты. Химическая эксергия.
9. Классификация и виды топлив. Происхождение, способы добычи и применение различных видов топлив. Основные современные виды и характеристика топлив.
10. Нефтехимия и катализ. Анализ фракционного состава нефти и модельных смесей углеводородов.
11. Классификация сорбентов для очистки окружающей среды от углеводородных загрязнений.
12. Принципы и основные направления построения безотходных химико-технологических производств.
13. Классификация полимеров. Синтез полимеров: реакции полимеризации и поликонденсации.
14. Нетрадиционная энергетика и ее характеристика: ветроэнергетика, геотермальная энергетика, солнечная энергетика, малая гидроэнергетика, биоэнергетика, энергия морей и океанов.
15. Классификация, виды и основные характеристики топливных элементов.
16. Фильтрующие элементы и сорбенты. Классификация сорбентов. Методы получения и применение сорбентов.
17. Электромембранные процессы. Диализ, электродиализ, ионный обмен.
18. Баромембранные процессы. Осмос обратный осмос и мембраны для обратного осмоса.
19. Общие вопросы управления энергосбережением на предприятиях. Энергетический менеджмент.

Перечень компетенций, проверяемых оценочным средством: способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1) - вопросы 1,2,3,11,12; владение современными компьютерными технологиями при планировании исследований, получении и обработке результатов научных экспериментов, сборе, обработке, хранении, представлении и передаче научной информации (ОПК-2) - вопросы 4,5,7,13,14,15; владение навыками составления планов, программ, проектов и других директивных документов (ПК-2) - вопросы 6,8,9,10.

Пример экзаменационного билета:

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»**

Химия

Электрохимия

Кафедра физической химии

**Дисциплина «Математическое моделирование и оптимизация процессов
электромассопереноса в электрохимических системах»**

Экзаменационный билет № 1

1. Классификация энергоресурсов.
2. Закон сохранения энергии, изменение энтропии системы и окружающей среды.
3. Электромембранные процессы. Диализ, электродиализ, ионный обмен.

Заведующий кафедрой _____

В.И. Заболоцкий

Критерии оценки по промежуточной аттестации в форме зачета и экзамена.

При оценке учитываются следующие качественные показатели ответов:

- глубина (соответствие изученным теоретическим обобщениям); широта;
- осознанность (соответствие требуемым в программе умениям применять полученную информацию);
- полнота (соответствие объёму программы);
- число и характер ошибок.

Зачет.

Оценки «зачтено» заслуживает студент, обнаруживший знание основного программного материала в объёме, необходимом для дальнейшей учёбы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «зачтено» выставляется студентам, допустившим погрешности непринципиального характера в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий;

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «не зачтено» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Экзамен.

- отметка «**отлично**» выставляется студенту, если ответ полный, правильный, самостоятельный, материал изложен в определенной логической последовательности демонстрируется многосторонность подходов, многоаспектность обсуждения проблемы, умение аргументировать собственную точку зрения, находить пути решения познавательных задач, устанавливать причинно-следственные связи между строением, свойствами и применением веществ, в логическом рассуждении и решении задачи нет ошибок, задача решена рациональным способом;

- отметка «**хорошо**» выставляется студенту, если ответ полный и правильный на основе изученных теорий, материал изложен в определённой логической последовательности, при этом допускаются несущественные ошибки в ответах на теоретические вопросы или в решении задачи, которые студент может исправить по указанию преподавателя

- отметка «**удовлетворительно**» выставляется студенту, если ответ полный, но при этом допущена существенная ошибка или ответ неполный, несвязный, не проявляются умения применять теоретические знания при решении практических проблем; за знание

предмета с заметными пробелами, неточностями, но такими, которые не служат препятствием для дальнейшего обучения

- отметка **«неудовлетворительно»** выставляется, если ответ обнаруживает незнание основного содержания учебного материала.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

5.1 Основная литература:

1. Лукомский Ю.Я., Гамбург Ю.Д. Физико-химические основы электрохимии. Долгопрудный: Интеллект. – 2008. 423 с.
2. Замалеев З.Х., Посохин В.Н., Чефанов В.М. Основы гидравлики и теплотехники. М.: Лань. 2014. http://www.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=64&pl1_id=1019

5.2 Дополнительная литература:

1. Данилов, В.Г. Математическое моделирование эмиссии из катодов малых размеров [Электронный ресурс] / В.Г. Данилов, В.Ю. Руднев, Р.К. Гайдуков, В.И. Кретов. — Электрон. дан. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2014. — 232 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/63225>.
2. Коваленко, А.В. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде Comsol Multiphysics 5.2 [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.В. Коваленко, А.М. Узденова, М.Х. Уртенев, В.В. Никоненко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 228 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93695>.

5.3. Периодические издания:

- Журнал «Мембраны и мембранные технологии»
- Журнал «Физическая химия»

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, необходимые для освоения дисциплины (модуля).

1. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» <http://www.consultant.ru>
2. Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>
3. База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>
4. База данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ) РАН <http://www2.viniti.ru/>
5. Базы данных в сфере интеллектуальной собственности, включая патентные базы данных www.rusnano.com
6. Базы данных и аналитические публикации «Университетская информационная система РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru/>
7. «Лекториум ТВ» - видеолекции ведущих лекторов России <https://www.lektorium.tv>
8. Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ [http://212.192.128.113/MarcWeb/Work.asp?ValueDB=41&DisplayDB=Электронный каталог](http://212.192.128.113/MarcWeb/Work.asp?ValueDB=41&DisplayDB=Электронный%20каталог)
9. Электронная библиотечная система «РУКОНТ» <http://www.rucont.ru>
10. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
11. Российская государственная библиотека. <http://www.rsl.ru>
12. Российская мембранная сеть Russian membrane network www.rusmembrane.net/
13. Электронные учебники кафедры Мембранной Технологии Российского Химико-Технологического Университета им. Д.И. Менделеева, <http://membrane.msk.ru/index.php?pageID=77>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Успешное освоение дисциплины предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы.

Общие рекомендации

Изучение дисциплины следует начинать с проработки рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса.

Имеется электронная версия лекций по данной дисциплине.

Основной формой обучения студентов является самостоятельная работа над учебным материалом. Процесс изучения дисциплины “Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах” состоит из следующих этапов:

1. Проработка теоретического материала по рекомендованному учебнику и конспектам лекций, предоставленных преподавателем в электронном виде. В случае недоступности данного пособия необходимо обратиться к списку литературы, приведенного в рабочей программе дисциплины “Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в электрохимических системах”.
2. Выполнение и защита самостоятельных и лабораторных работ.
3. Подготовка и представление перед однокурсниками презентаций на заданную тему.
4. Сдачи экзамена в устной или письменной форме (по усмотрению преподавателя).

С целью контроля и подготовки студентов к изучению новой темы вначале каждой практической занятия преподавателем проводится индивидуальный или фронтальный

устный опрос по выполненным заданиям предыдущей темы. Критерии оценки: – правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

- полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);
- сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);
- логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);
- использование дополнительного материала (обязательное условие);
- рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей студентов).

Развернутый ответ студента должен представлять собой связанное, логически последовательное сообщение на заданную тему, показывать его умение применять определения, правила в конкретных случаях.

Презентации на заданную тему выполняются в программе Power Point. Она должна состоять из 5-8 слайдов и содержать основные определения, фактический иллюстрированный материал, выводы и список использованных источников.

Материал для сообщения необходимо искать в книгах, журналах и интернет-источниках, опубликованных в последние 3 года.

Доклад, сопровождающий презентации, должен занимать 7-10 минут.

И доклад, и презентации предварительно присылаются преподавателю по электронной почте на проверку.

Самостоятельные работы выполняются каждым студентом на отдельных листках. Не допускается использование любых средств коммуникации (ноутбуки, мобильные телефоны с выходом в интернет и пр.

Допускается использование рабочих тетрадей, в которых законспектированы наиболее важные с точки зрения каждого из студентов моменты, выделенные при самостоятельной проработке каждой из тем.

Лабораторная работа выполняется студентом в составе группы, подгруппы или индивидуально. Все вычисления желательно проводить во время занятия. При недостаточном количестве времени их можно выполнять в часы самостоятельной работы с обязательным представлением результатов преподавателю на последующих занятиях или консультациях.

Оформление отчетов должно проводиться после окончания работы. Для подготовки к защите отчета следует проанализировать результаты, сопоставить их с известными теоретическими положениями или справочными данными, обобщить результаты исследований в виде выводов по работе, подготовить ответы на вопросы. После завершения выполнения лабораторных работ производится их защита.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

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

8.1 Перечень информационных технологий.

1. Использование слайд-презентаций при проведении лекционных занятий.
2. Организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты (проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты).

8.2 Перечень необходимого лицензионного программного обеспечения

1. Microsoft Word
2. Microsoft Windows
3. COMSOL Multiphysics
4. Программное обеспечение для слабовидящих

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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом учебной мебели, доской-экраном универсальной, переносным проектором, ноутбуком и соответствующим программным обеспечением для демонстрации презентаций. (ауд. 332с, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149)
2.	Лабораторные занятия	Учебная лаборатория физической химии, укомплектованная специализированной мебелью, вытяжной системой вентиляции, меловой доской, средствами пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, переносными ноутбуками. (ауд. 334с, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149)
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, оснащенные комплектом учебной мебели, доской-экраном универсальной, переносным проектором, ноутбуком и соответствующим программным обеспечением для демонстрации презентаций. (ауд. 328с, 334с, 416с, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149)
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенные комплектом учебной мебели, доской-экраном универсальной, переносным проектором, ноутбуком и соответствующим программным обеспечением для демонстрации презентаций. (ауд. 328с, 334с, 416с, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149)
5.	Самостоятельная работа	Помещения для самостоятельной работы студентов, оснащенные учебной мебелью и компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета. (ауд. 329с, 400с, 431с корп. С, г. Краснодар ул. Ставропольская, 149)

Приложение 1.

Пример оформления титульного листа реферата

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кубанский государственный университет»

Реферат
по дисциплине

**Математическое моделирование и оптимизация процессов электромассопереноса в
электрохимических системах**

(Тема реферата)

Выполнил: _____

(Фамилия И.О.)

студент _____ курса, спец. _____

группа _____

Подпись: _____

Преподаватель: _____

(Фамилия И.О.)

Оценка: _____ Дата _____

Подпись: _____

Краснодар 201_