

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 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

подпись

« 31 »



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.16 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ТЕХНОСФЕРЕ И В ЭКОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМАХ

Направление подготовки/специальность	<u>20.04.01 Техносферная безопасность</u> <small>(код и наименование направления подготовки/специальности)</small>
Направленность (профиль) / специализация	<u>Экологическая и промышленная безопасность</u> <small>(наименование направленности (профиля) специализации)</small>
Форма обучения	<u>очная</u> <small>(очная, очно-заочная, заочная)</small>
Квалификация	<u>магистр</u>

Краснодар 2024

Рабочая программа дисциплины МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ТЕХНОСФЕРЕ И В ЭКОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМАХ составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры)

Программу составил(и):

В. В. Никоненко, проф. каф. физ. химии,
д-р хим. наук, проф.



Рабочая программа дисциплины МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕНОСА В ТЕХНОСФЕРЕ И В ЭКОЗАЩИТНЫХ СИСТЕМАХ утверждена на заседании кафедры физической химии протокол № 12 «23» апреля 2024 г.

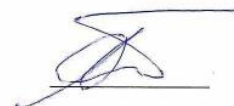
Заведующий кафедрой физической химии Фалина И.В.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий

протокол № 7 «20» мая 2024 г.

Председатель УМК факультета Беспалов А.В.



Рецензенты:

Н.А. Мельник, заместитель руководителя Отраслевого учебно-методического центра охраны труда работников агропромышленного комплекса Краснодарского края КРИО 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 (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины состоит в формировании у студентов знаний о фундаментальных основах процессов переноса в физико-химических системах, об их связи с экологией, о современных методах их математического описания, изучения и практического освоения некоторых методов и алгоритмов математического описания процессов переноса в техносфере.

1.2 Задачи дисциплины

- изучить фундаментальные основы процессов переноса, их классификацию и математическое описание в физико-химических системах.
- получить представление о связи процессов переноса с проблемами загрязнения окружающей среды и ознакомиться с использованием физико-химических систем на примере мембранных аппаратов для защиты окружающей среды.
- ознакомиться с математическими методами, используемыми при моделировании явлений переноса и мембранных методов разделения.
- получить практические навыки работы с программными продуктами по моделированию мембранных процессов разделения.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математическое моделирование процессов переноса в техносфере и в экозащитных системах» относится к обязательной части Блока 1. Дисциплины (модули) учебного плана. В соответствии с рабочим учебным планом дисциплина изучается на 2 курсе по очной форме обучения. Вид промежуточной аттестации: зачет.

Изучение дисциплины изучается параллельно с такими дисциплинами, как «Устойчивость объектов техносферы» и «Защита материалов от воздействия факторов окружающей». Изучение дисциплины опирается на знания, полученные в ходе освоения таких дисциплин, как «Информационные технологии в сфере безопасности» и «Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности».

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

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен самостоятельно приобретать, структурировать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области техносферной безопасности, решать сложные и проблемные вопросы	
ИОПК-1.1. Демонстрирует осуществление поиска, анализа и структурирования математических, естественнонаучных, социально-экономических и профессиональных знаний в области техносферной безопасности	Знает основные принципы формирования поиска, анализа и структурирования научных знаний в области техносферной безопасности, основные физические законы, а также алгоритмы работы программных продуктов мониторинга и контроля безопасности Умеет применять на практике основные принципы формирования поиска, анализа и структурирования в области техносферной безопасности, структурировать знания, решать сложные и проблемные вопросы, самостоятельно обучаться Владеет навыками формирования поиска, анализа и структурирования знаний в области техносферной безопасности, решать сложные и проблемные вопросы, самостоятельно обучаться
ИОПК-1.2. Выбирает, применяет, использует и внедряет математические,	Знает основные подходы к выбору методов и способов внедрения знаний в области техносферной безопасности

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области техносферной безопасности	Умеет осуществлять выбор методов и способов внедрения и контроль за решением сложных и проблемных вопросов с использованием приобретенных знаний
	Владеет навыками выбора методов и способов внедрения и контроля решения сложных и проблемных вопросов в сфере техносферной безопасности
ПК-4 Способность использовать цифровые технологии, профессиональные компьютерные программы и базы данных для хранения, систематизации, обработки, передачи информации и подготовки документов в области техносферной безопасности	
ИПК-4.1. Демонстрирует способность использовать цифровые технологии, профессиональные компьютерные программы и базы данных в области техносферной безопасности	Знает и осуществляет выбор цифровых технологий, профессиональных компьютерных программ и баз данных для хранения, систематизации, обработки, передачи информации, методы построения математических моделей реальных объектов, принципы расчётов основных аппаратов и систем обеспечения техносферной безопасности
	Умеет анализировать и использовать цифровые технологии, профессиональные компьютерные программы и базы данных для хранения, систематизации, обработки, передачи информации, обобщать и аргументированно отстаивать принятые решения, качественно оценивать количественные результаты, их математически формулировать
	Владеет и обеспечивает использование цифровых технологий, профессиональных компьютерных программ и баз данных для хранения, систематизации, обработки, передачи информации, навыками создания и анализа математических моделей исследуемых процессов и объектов, современными программными продуктами в области предупреждения риска
ИПК-4.2. Обладает навыками подготовки документов в области техносферной безопасности с использованием цифровых технологий и профессиональных компьютерных программ	Знает способы приемы и средства при подготовке документов в области техносферной безопасности с использованием цифровых технологий и профессиональных компьютерных программ, современные программные продукты, позволяющие осуществлять численное моделирование процессов, протекающих в техносфере
	Умеет анализировать и использовать способы приемы и средства при подготовке документов в области техносферной безопасности с использованием цифровых технологий и профессиональных компьютерных программ, анализировать изучаемый объект; проектировать математическую модель; использовать математический аппарат для решения задачи; оптимально использовать вычислительную технику
	Владеет и обеспечивает использование способов приемов и средств при подготовке документов в области техносферной безопасности с использованием цифровых технологий и профессиональных компьютерных программ, современными математическими и машинными методами моделирования, принципами системного анализа и синтеза безопасности процессов и объектов технологического оборудования, навыками создания математических моделей, решения математических задач, методами построения математических моделей типовых задач в области физико-химических процессов в техносфере

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

2 Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

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

Виды работ		Всего часов	Форма обучения
			очная
			3 семестр (часы)
Контактная работа, в том числе:			
Аудиторные занятия (всего):		60	60
занятия лекционного типа		30	30
практические занятия		30	30
Иная контактная работа:			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		-	-
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:		119,8	119,8
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим, коллоквиумам и т.д.)		50	50
Подготовка к текущему контролю		69,8	79,8
Контроль:			
Подготовка к экзамену		-	-
Общая трудоемкость	час.	180	180
	в том числе контактная работа	60,2	60,2
	зач. ед	5	5

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины. Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 3 семестре (очная форма обучения)

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
					СРС	
1	Основные понятия. Законы сохранения.	60	10	10	-	40
2	Уравнения переноса	60	10	10	-	40
3	Конвективно-диффузионная модель электролиза	59,8	10	10	-	39,8
	<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>	179,8	30	30	-	119,8
	Контроль самостоятельной работы (КРП)	-	-	-	-	-
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2	-	-	-	-
	Подготовка к экзамену	-	-	-	-	-
	Общая трудоемкость по дисциплине	180	-	-	-	-

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

2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1	Основные понятия. Законы сохранения	Классификация физико-химических систем и процессов переноса. Связь с процессами загрязнения и очистки окружающей среды. Макроскопический и микроскопический механизмы переноса. Уравнения баланса: баланс массы; баланс вещества; баланс количества движения. Уравнение динамики сплошной среды в напряжениях. Уравнение Навье-Стокса. Закон сохранения тепловой энергии	УО
2	Уравнения переноса	Микроскопический перенос: законы Фика, Ома, Фурье. Их обобщения в рамках неравновесной термодинамики. Электро-диффузионный перенос: уравнение Нернста-Планка	БО
3	Конвективно-диффузионная модель электродиализа	Схема электродиализной (ЭД) ячейки и суть процесса обессоливания и концентрирования. Конвективно-диффузионная модель электродиализа: формулировка задачи и схема численного решения задачи. Анализ решения задачи. Распределение концентраций и плотности тока. Толщина диффузионного слоя и степень обессоливания раствора. Вольтамперная характеристика и предельный ток	КР

2.3.2 Занятия семинарского типа (практические / семинарские занятия/ лабораторные работы)

Практические занятия

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1	Основные понятия. Законы сохранения	Решение уравнений баланса в простейших случаях. Распределение скоростей течения жидкости вблизи пластины и в трубах/мембранных каналах при ламинарном течении жидкости. Уравнение Пуазейля	УО Р
2	Уравнения переноса	Решение задач диффузии, электрического переноса и теплопроводности. Макроскопический перенос: Конвективный перенос. Уравнения конвективной электродиффузии и конвективного теплопереноса	БО Р
3	Конвективно-диффузионная модель электродиализа	Расчет параметров ЭД аппарата по заданным характеристикам процесса обессоливания. Решение задачи оптимизации: поиск параметров процесса ЭД, обеспечивающих минимальную себестоимость очищенной воды	КР Р

Контрольная работа (КР), реферат (Р), блиц-опрос (БО), устный опрос (УО).

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

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
2	Самостоятельное изучение разделов,	

	самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим работам, коллоквиумам и т.д.)	<p>Степаненко, Евгений Антонович (КубГУ). Математические методы оценивания надежности технических систем и техногенного риска [Текст]: учебное пособие. Ч. 1 / Е. А. Степаненко; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2017. - 200 с.</p> <p>Коваленко, А.В. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде Comsol Multiphysics 5.2 [Электронный ресурс]: учеб. 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</p>
3	Подготовка к текущему контролю	<p>Методические указания по организации самостоятельной работы. Методические указания по написанию рефератов. Утверждены кафедрой физической химии, протокол № 17 от 11.05.2017 г</p> <p>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</p>

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, применяемые при освоении дисциплины (модуля)

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).

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, лабораторные занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Математическое моделирование процессов переноса в техносфере и в экозащитных системах».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме тестовых заданий, доклада-презентации по проблемным вопросам, разноуровневых заданий, ситуационных задач и **промежуточной аттестации** в форме вопросов и заданий к зачету.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИОПК-1.1. Демонстрирует осуществление поиска, анализа и структурирования математических, естественнонаучных, социально-экономических и профессиональных знаний в области техносферной безопасности	<p>Знает основные принципы формирования поиска, анализа и структурирования научных знаний в области техносферной безопасности, основные физические законы, а также алгоритмы работы программных продуктов мониторинга и контроля безопасности</p> <p>Умеет применяет на практике основные принципы формирования поиска, анализа и структурирования в области техносферной безопасности, структурировать знания, решать сложные и проблемные вопросы, самостоятельно обучаться</p> <p>Владет навыками формирования поиска, анализа и структурирования знаний в области техносферной безопасности, решать сложные и проблемные вопросы, самостоятельно обучаться</p>	УО Р	Вопрос на зачете
2	ИОПК-1.2. Выбирает, применяет, использует и внедряет математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в области техносферной безопасности	<p>Знает основные подходы к выбору методов и способов внедрения знаний в области техносферной безопасности</p> <p>Умеет осуществлять выбор методов и способов внедрения и контроль за решением сложных и проблемных вопросов с использованием приобретенных знаний</p> <p>Владет навыками выбора методов и способов внедрения и контроля решения сложных и проблемных вопросов в сфере техносферной безопасности</p>	БО Р	Вопрос на зачете
3	ИПК-4.1. Демонстрирует способность использовать цифровые технологии, профессиональные компьютерные программы и базы данных в области техносферной безопасности	<p>Знает и осуществляет выбор цифровых технологий, профессиональных компьютерные программ и баз данных для хранения, систематизации, обработки, передачи информации, методы построения математических моделей реальных объектов, принципы расчётов основных аппаратов и систем обеспечения техносферной безопасности</p> <p>Умеет анализировать и использовать цифровые технологии, профессиональные компьютерные программы и базы данных для хранения, систематизации, обработки,</p>	КР Р	Вопрос на зачете

		<p>передачи информации, обобщать и аргументированно отстаивать принятые решения, качественно оценивать количественные результаты, их математически формулировать</p> <p>Владеет и обеспечивает использование цифровых технологий, профессиональных компьютерных программ и баз данных для хранения, систематизации, обработки, передачи информации, навыками создания и анализа математических моделей исследуемых процессов и объектов, современными программными продуктами в области предупреждения риска</p>		
4	<p>ИПК-4.2. Обладает навыками подготовки документов в области техносферной безопасности с использованием цифровых технологий и профессиональных компьютерных программ</p>	<p>Знает способы приемы и средства при подготовке документов в области техносферной безопасности с использованием цифровых технологий и профессиональных компьютерных программ, современные программные продукты, позволяющие осуществлять численное моделирование процессов, протекающих в техносфере</p> <p>Умеет анализировать и использовать способы приемы и средства при подготовке документов в области техносферной безопасности с использованием цифровых технологий и профессиональных компьютерных программ, анализировать изучаемый объект; проектировать математическую модель; использовать математический аппарат для решения задачи; оптимально использовать вычислительную технику</p> <p>Владеет и обеспечивает использование способов приемов и средств при подготовке документов в области техносферной безопасности с использованием цифровых технологий и профессиональных компьютерных программ, современными математическими и машинными методами моделирования, принципами системного анализа и синтеза безопасности процессов и объектов технологического оборудования, навыками создания математических моделей, решения математических задач, методами построения математических моделей типовых задач в области физико-химических процессов в техносфере</p>	КР, Р	Вопрос на зачете

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примерный перечень вопросов и заданий

Вопросы для устного опроса по теме «Основные понятия. Законы сохранения.»

1. Как классифицируются физико-химические системы и процессы переноса?
2. Какова связь процессов переноса с процессами загрязнения и очистки окружающей среды?
3. Чем отличаются макроскопический и микроскопический механизмы переноса?
4. Какие основные законы сохранения существуют?

5. Какие уравнения относятся к уравнениям баланса?
6. Что описывают уравнения баланса массы и баланса количества вещества?
7. В чем особенность уравнения баланса количества движения?
8. Как звучит закон Фика?
9. Как звучит закон Ома?
10. Как звучит закон Фурье?

Вопросы для быстрого письменного опроса («блиц-опроса») на практическом занятии (семинаре) по теме «Уравнения переноса»

1. В чем основное отличие процесса диффузии в условиях наложенного электрического поля и без?
2. Из каких уравнений и предположений вытекает уравнение Нернста-Планка?
3. Как выразить плотность потока ионов через градиент электрохимического потенциала?
4. В чем заключается условие равновесия?
5. Какие существуют основные элементы ТНП?
6. Что из себя представляет уравнения Онзагера?
7. Какова формулировка и физический смысл потоков, движущих сил и коэффициентов переноса в уравнении Кедем-Качальского?
8. Каким образом возможно осуществить вывод линейных законов переноса Фика, Ома и Дарси из уравнения Кедем-Качальского?
9. В чем основная идея баромембранных процессов?
10. Какие уравнения переноса вытекают из уравнений Кедем-Качальского?
11. Как классифицируются баромембранные процессы? Какие механизмы разделения используются в обратном осмосе и в других баромембранных процессах?
12. Какие параметры определяют качество разделения в баромембранных процессах?
13. Какие процессы протекают в гемодиализаторе?
14. Как осуществить расчет площади мембраны, необходимой для одного сеанса очистки крови?
15. Каким образом осуществляется расчет обратноосмотического процесса обессоливания морской воды?

Контрольная работа по теме «Конвективно-диффузионная модель электродиализа»

Вариант №1

1. Электромембранные процессы. Схема электродиализа.
2. Одномерная модель ЭД. Концентрационная поляризация при электродиализе.
3. Расчет скачка потенциала в мембранной системе.
4. Конвективная диффузия при электродиализе. Двумерная модель. Формулировка задачи.

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 дилюату 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

1. Двумерная конвективно-диффузионная модель ЭД. Решение краевой задачи.
2. Распределение концентрации и плотности тока в ЭД. Вольтамперная характеристика.
3. Конвективно-диффузионная модель ЭД.
4. Предельный ток и диффузионный слой

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.

Темы рефератов

1. Вывод законов Фика, Ома, Фурье, уравнения Нернста-Планка.
2. Вывод уравнений конвективной электродиффузии и конвективного теплопереноса.
3. Решение задач переноса. Задача растворения плоской пластины.
4. Решение задач по диффузии в физико-химических системах. Задачи диализа.
5. Уравнения переноса в баромембранных процессах.
6. Анализ и решение конвективно-диффузионной модели электродиализа. Использование разработанных ранее программных продуктов.
7. Расчет распределения концентраций и плотности тока в каналах обессоливания и концентрирования электродиализного аппарата.
8. Изучение свойств мембранных систем методами хронопотенциометрии, вольтамперометрии и импедансометрии.
9. Одномерное моделирование пятислойных мембранных систем.

Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)

Вопросы для подготовки к зачету

1. Как классифицируются физико-химические системы и процессы переноса?
2. Какова связь процессов переноса с процессами загрязнения и очистки окружающей среды?
3. Чем отличаются макроскопический и микроскопический механизмы переноса?
4. Какие основные законы сохранения существуют?
5. Какие уравнения относятся к уравнениям баланса?
6. Что описывают уравнения баланса массы и баланса количества вещества?
7. В чем особенность уравнения баланса количества движения?
8. Как звучит закон Фика?
9. Как звучит закон Ома?
10. Как звучит закон Фурье?
11. В чем основное отличие процесса диффузии в условиях наложенного электрического поля и без?
12. Из каких уравнений и предположений вытекает уравнение Нернста-Планка?
13. Как выразить плотность потока ионов через градиент электрохимического потенциала?
14. В чем заключается условие равновесия?
15. Какие существуют основные элементы ТНП?
16. Что из себя представляет уравнения Онзагера?

17. Какова формулировка и физический смысл потоков, движущих сил и коэффициентов переноса в уравнении Кедем-Качальского?
18. Каким образом возможно осуществить вывод линейных законов переноса Фика, Ома и Дарси из уравнения Кедем-Качальского?
19. В чем основная идея баромембранных процессов?
20. Какие уравнения переноса вытекают из уравнений Кедем-Качальского?
21. Как классифицируются баромембранные процессы? Какие механизмы разделения используются в обратном осмосе и в других баромембранных процессах?
22. Какие параметры определяют качество разделения в баромембранных процессах?
23. Какие процессы протекают в гемодиализаторе?
24. Как осуществить расчет площади мембраны, необходимой для одного сеанса очистки крови?
25. Каким образом осуществляется расчет обратноосмотического процесса обессоливания морской воды?
26. Что относится к электромембранным процессам?
27. Какова принципиальная схема электродиализа?
28. Как выглядит одномерная физическая модель ЭД?
29. Что такое концентрационная поляризация?
30. Как осуществляется расчет скачка потенциала в мембранной системе?
31. Что такое конвективная диффузия в электродиализе?
32. Что из себя представляет двумерная модель электродиализа?
33. Что из себя представляет двумерная конвективно-диффузионная модель ЭД.
34. Как осуществляется решение краевой задачи?
35. Что такое вольтамперная характеристика? Какие процессы она описывает?
36. Что такое предельный ток и диффузионный слой?

Критерии оценивания результатов обучения

Критерии оценивания контрольных работ.

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 рефератов

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

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

Оценка «удовлетворительно» – 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 «неудовлетворительно» – тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.

Критерии дифференцированной оценки реферата

Критерии оценки	Максимальная оценка в баллах
Логичность изложения	3
Раскрытие темы	3
Использование широкой информационной базы	3
Наличие собственных выводов, обобщений, критического анализа	3
Соблюдение правил цитирования	2
Правильность оформления	1
Итого:	15

13-15 баллов – отлично;

10-12 баллов – хорошо;

8-9 баллов - удовлетворительно;

0 баллов – неудовлетворительно.

Критерии оценивания результатов устного опроса

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.

5 Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

5.1 Учебная литература

1. Степаненко, Евгений Антонович (КубГУ). Математические методы оценивания надежности технических систем и техногенного риска [Текст]: учебное пособие. Ч. 1 / Е. А. Степаненко; М-во образования и науки Рос. Федерации, Кубанский гос. ун-т. - Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2010. - 200 с.

2. Коваленко, А.В. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде Comsol Multiphysics 5.2 [Электронный ресурс]: учеб. 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>

3. Повышение пожарной и экологической безопасности эксплуатации котельных при использовании электроозонных установок [Текст]: монография / Д. А. Нормов, Е. А. Федоренко, В. А. Драгин, В. Н. Загнитко; Негос. частное образоват.

учреждение высшего проф. образования "Кубанский соц.-эконом. ин-т", Каф. пожарной безопасности и защиты в чрезвычайных ситуациях. - Краснодар: [КСЭИ], 2012. - 117 с.

4. Гумеров, А.М. Математическое моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.М. Гумеров. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2014. — 176 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/41014>

5. Свитцов, Алексей Александрович. Введение в мембранную технологию [Текст]: [пособие] / А. А. Свитцов. - М.: ДеЛи принт, 2007. - 207 с.

5.2 Периодические литература

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>
3. А.Б. Ярославцев, В.В. Никоненко, Ионообменные мембранные материалы: свойства, модификация и практическое применение, обзор. Российские нано-технологии, 2009, Т.4, №3-4, С. 33-53
4. V.V. Nikonenko, N.D. Pismenskaya, E.I. Belova, P. Sizat, P. Huguet, G. Pourcelly, C. Larchet, Intensive current transfer in membrane systems: modelling, mechanisms and application in electro dialysis, *Advances Colloid Interface Sci.* 160 (2010) 101–123.

5.3 Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

Профессиональные базы данных:

1. Scopus <http://www.scopus.com/>
2. ScienceDirect <https://www.sciencedirect.com/>
3. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
4. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
5. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
6. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
7. База данных CSD Кембриджского центра кристаллографических данных (CCDC) <https://www.ccdc.cam.ac.uk/structures/>
8. Springer Journals: <https://link.springer.com/>
9. Springer Journals Archive: <https://link.springer.com/>
10. Nature Journals: <https://www.nature.com/>
11. Springer Nature Protocols and Methods: <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
12. Springer Materials: <http://materials.springer.com/>
13. Nano Database: <https://nano.nature.com/>
14. Springer eBooks (i.e. 2020 eBook collections): <https://link.springer.com/>
15. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
16. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

Информационные справочные системы:

Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки).

Ресурсы свободного доступа:

1. КиберЛенинка <http://cyberleninka.ru/>;
2. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
3. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
4. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
6. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
7. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
8. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
9. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
10. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы http://xn--273--84d1f.xn--plai/voprosy_i_otvety

Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы КубГУ:

1. Электронный каталог Научной библиотеки КубГУ <http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/Web>
2. Электронная библиотека трудов ученых КубГУ <http://megapro.kubsu.ru/MegaPro/UserEntry?Action=ToDb&idb=6>
3. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
4. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://infoneeds.kubsu.ru/>
5. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
6. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
7. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

6 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

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

Текущий контроль знаний осуществляется на каждом лекционном занятии и лабораторной работе. Итоговая форма контроля – зачет.

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 состоит из следующих этапов:

- 1 Проработка теоретического материала по рекомендованным учебникам и конспектам лекций, предоставленных преподавателем в электронном виде.
- 2 Выполнение самостоятельных работ.
- 3 Сдачи зачета в устной или письменной форме (по усмотрению преподавателя).

Работа с конспектом лекций. Просмотрите конспект сразу после занятий, отметьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попробуйте найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Если самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь за помощью к преподавателю на консультации или ближайшей лекции. Регулярно отводите

время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Лекции. Методика чтения лекций. Лекции являются одним из основных методов обучения по дисциплине, которые должны решать следующие задачи:

– изложить важнейший материал программы курса, освещающий основные моменты;

– развить у студентов потребность к самостоятельной работе над учебной и научной литературой.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее главных положений. Рекомендуется на первой лекции довести до внимания студентов структуру курса и его разделы, а в дальнейшем указывать начало каждого раздела, суть и его задачи, а, закончив изложение, подводить итог по этому разделу, чтобы связать его со следующим. Содержание лекций определяется рабочей программой курса. Крайне желательно, чтобы каждая лекция охватывала и исчерпывала определенную тему курса и представляла собой логически вполне законченную работу. Лучше сократить тему, но не допускать перерыва ее в таком месте, когда основная идея еще полностью не раскрыта.

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.

Методика написания рефератов. Написание реферата является одной из форм обучения студентов, направленной на организацию и повышение уровня самостоятельной работы студентов; одной из форм научной работы студентов, целью которой является расширение научного кругозора студентов, ознакомление с методологией научного поиска.

Основные задачи студента при написании реферата: с максимальной полнотой использовать литературу по выбранной теме (как рекомендуемую, так и самостоятельно подобранную) для правильного понимания авторской позиции; верно (без искажения смысла) передать авторскую позицию в своей работе; уяснить для себя и изложить причины своего согласия (несогласия) с тем или иным автором по данной проблеме.

Структура реферата

1. Титульный лист

2. Оглавление

Оглавление - это план реферата, в котором каждому разделу должен соответствовать номер страницы, на которой он находится.

3. Текст реферата.

Он делится на три части: введение, основная часть и заключение.

а) Введение - раздел реферата, посвященный постановке проблемы, которая будет рассматриваться и обоснованию выбора темы.

б) Основная часть - это звено работы, в котором последовательно раскрывается выбранная тема. Основная часть может быть представлена как цельным текстом, так и разделена на главы. При необходимости текст реферата может дополняться иллюстрациями, таблицами, графиками, но ими не следует "перегружать" текст.

в) Заключение - данный раздел реферата должен быть представлен в виде выводов, которые готовятся на основе подготовленного текста. Выводы должны быть краткими и четкими. Также в заключение можно обозначить проблемы, которые "высветились" в ходе работы над рефератом, но не были раскрыты в работе.

4. Список источников и литературы. В данном списке называются как те источники, на которые ссылается студент при подготовке реферата, так и все иные, изученные им в связи с его подготовкой. В работе должно быть использовано не менее 5 разных

источников. Работа, выполненная с использованием материала, содержащегося в одном научном источнике, является явным плагиатом и не принимается. Оформление Списка источников и литературы должно соответствовать требованиям библиографических стандартов. Объем и технические требования, предъявляемые к выполнению реферата.

Презентации на заданную тему выполняются в программе Power Point. Она должна состоять минимум из 6 слайдов и содержать основные определения, фактический иллюстрированный материал, выводы и список использованных источников.

Доклад, сопровождающий презентации, должен занимать 5-7 минут.

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

Методика подготовки к контрольным работам и написания контрольных работ. При подготовке к контрольной работе и итоговому тестированию необходимо внимательно прочитать составленные ранее конспекты лекций, просмотреть порядок выполнения лабораторных работ и основные полученные в ходе лабораторных работ выводы. Ответить на контрольные вопросы. Сверить список вопросов с имеющейся информацией. Недостающую информацию необходимо найти в учебниках (учебных пособиях) или в других источниках информации.

Контрольная работа проводится в письменной форме.

Контрольные работы обычно содержат несколько вопросов и имеют несколько вариантов. Студент либо сам выбирает один из предложенных вариантов, либо преподаватель закрепляет за каждым студентом определенный вариант.

Методические рекомендации для проведения зачета. Студенты обязаны сдать зачет в соответствии с расписанием и учебным планом. Экзамен по дисциплине преследует цель оценить работу студента за курс, получение теоретических знаний, их прочность, развитие творческого мышления, приобретение навыков самостоятельной работы, умение применять полученные знания для решения практических задач.

Форма проведения зачета: устно или письменно устанавливается решением кафедры. Результат сдачи зачета заносится преподавателем в зачетную книжку.

7 Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. 332с, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows Microsoft Office Professional Plus COMSOL Multiphysics
Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (ауд. 332, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149)	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Microsoft Windows COMSOL Multiphysics

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы	WinSvrDCCore ALNG LicSAPk MVL 2Lic CoreLic EES

	Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Microsoft Office Professional Plus КонсультантПлюс
Помещение для самостоятельной работы обучающихся ауд. 401с, 400с, 329с, 431с) улица Ставропольская, 149	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Microsoft Office Professional Plus Microsoft Windows Специализированное программное обеспечение серии «ЭКОЛОГ» (УПРЗА «ЭКОЛОГ», ПДВ-ЭКОЛОГ, ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ, МАГИСТРАЛЬ-ГОРОД, АТП-ЭКОЛОГ, НДС-ЭКОЛОГ) Fenix Server Academy