

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Кубанский государственный университет»
(ФГБОУ ВПО «КубГУ»)

Факультет компьютерных технологий и прикладной
математики Кафедра прикладной математики

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по научной работе и
инновациям
Барышев М.Г.
«_____» _____ 2018 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
**Б1.В.ДВ.2.1 Математические модели и инструментальные
средства в экономике**

Направление подготовки 09.06.01 ИНФОРМАТИКА И
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

ПРОФИЛЬ 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы
и комплексы программ

Форма обучения Очная и заочная

Краснодар 2018

Рабочая программа дисциплины Математические методы и модели нанотехнологий составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки Информатика и вычислительная техника (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 875 от 30 июля 2014 г.

Программу составили: Никоненко В.В. – д. х. н., профессор

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры прикладной математики от «18» апреля 2018г., протокол № 7.

Заведующий кафедрой прикладной математики
д.ф.-м.н., профессор М.Х. Уртенев

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета компьютерных технологий и прикладной математики от «20» апреля 2018г., протокол №1.

Председатель УМК факультета компьютерных технологий и прикладной математики
к.ф.-м.н., доцент К.В. Малыхин

Рецензенты:

Шапошникова Татьяна Леонидовна.

Доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, профессор. Почетный работник высшего профессионального образования РФ. Директор института фундаментальных наук (ИФН) ФГБОУ ВО «КубГТУ».

Марков Виталий Николаевич.

Доктор технических наук. Профессор кафедры информационных систем и программирования института компьютерных систем и информационной безопасности (ИКСИБ) ФГБОУ ВО «КубГТУ».

1. Цели и задачи учебной дисциплины

1.1 Цель дисциплины

Целью освоения учебной дисциплины «Математические методы и модели нанотехнологий» является развитие профессиональных компетентностей приобретения практических навыков в моделировании задач электрохимической гидродинамики, реализующих инновационный характер в высшем профессиональном образовании.

В результате изучения настоящей дисциплины аспиранты получают знания, имеющие не только самостоятельное значение, но и являющиеся фундаментом для изучения ряда последующих специальных дисциплин и практической научно-исследовательской работы аспирантов по профилю Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

1.2 Задачи дисциплины:

- сформировать знания о математических методах исследования наноматериалов и нанопроцессов, об основных законах и выражающих уравнениях в области моделирования явлений переноса в электромембранных системах;
- обучить некоторым основным подходам к математическому моделированию и привить навыки работы с иерархической системой математических моделей, описывающих перенос в электромембранных системах;
- привить практические навыки решения задач электрохимической гидродинамики, в том числе с помощью использования программных продуктов, реализующих систему математических моделей.

1.3 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Математические методы и модели нанотехнологий» относится к дисциплинам по выбору вариативной части (Б1.В) учебного плана направления подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника профиля Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Она направлена на формирование у обучающихся знаний и умений, являющихся основой для изучения ряда других специальных дисциплин, а также практической научно-исследовательской деятельности.

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

В результате изучения дисциплины у аспиранта должны сформироваться следующие компетенции, в соответствии с паспортом (п.3 ООП):

ОПК-3: способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности.

ОПК-5: способность объективно оценивать результаты исследований и разработок, выполненных другими специалистами и в других научных учреждениях.

ПК-2: глубоко понимает и творчески использует в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных дисциплин.

ПК-3: способность к методам математического моделирования, численным методам и разработке программных комплексов.

Расшифровка компетенций:

Знать:

- основные принципы планирования и реализации научно-исследовательских и поисковых исследований (**Шифр: З (ОПК-3) - 1**).
- фундаментальные и прикладные разделы математического моделирования, численных методов и комплексов программ (**Шифр З (ПК-2)-1**).
- основные методы математического моделирования (**Шифр З (ПК-3)-1**).

Уметь:

- планировать научно-исследовательские и поисковые исследования в зависимости от поставленных целей и задач (**Шифр: У (ОПК-3) -1**).
- объективно оценивать результаты своих научных разработок, выполненных другими специалистами (**Шифр: У (ОПК-5) -1**).
- понимать и творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов специальных дисциплин (**Шифр: У(ПК-2)-1**).
- использовать методы математического моделирования, численные методы и разрабатывать программные комплексы (**Шифр: У(ПК-3)-1**)

Владеть:

- основными приемами и методами планирования научно-исследовательских и поисковых исследований (**Шифр: В (ОПК-3) - 1**).
- современными методами решения научных задач в области своих научных интересов (**Шифр: В (ОПК-5) - 1**).
- способностью к методам математического моделирования, численным методам и разработке программных комплексов (**Шифр: В (ПК-3)-1**).

2. Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 академических часов), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид работы	Трудоемкость, часов
	2 курс
Общая трудоемкость	108
Аудиторная работа:	
Лекции (Л)	18
Практические работы (ПР)	36
Лабораторные работы (ЛР)	
Самостоятельная работа:	
Курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)	
Расчетно-графическое задание (РГЗ)	
Реферат (Р)	
Эссе (Э)	
КСР	
Контрольная работа (К)	
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	27
Подготовка и сдача экзамена	27
Вид итогового контроля	экзамен

2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 3 семестре.

№ п/п	Наименование раздела, темы	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
	Раздел 1. Математическое моделирование переноса в электромембранных системах с учетом конвективных течений					
1.	Нanomатериалы и нанопроцессы в природе. Связь структуры и свойств. Роль сопряженных эффектов в электрохимических системах. Микро- и нанофлюидика.	6	2	2		2
2.	Декомпозиция системы уравнений Нернста-Планка с учетом условия электронейтральности.	6	2			2

№ п/п	Наименование раздела, темы	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
3.	Математическое моделирование переноса в двумерных электромембранных системах.	14	2	8		4
4.	Математическое моделирование переноса в электромембранных системах с учетом гравитационной конвекции.	10	2	4		4
5.	Математическое моделирование переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции.	10	2	4		4
6.	Анализ конвективно-диффузионной модели электродиализа. Уравнение Левека.	10	2	4		4
	Раздел 2. Математическое моделирование гидродинамики в электромембранных системах с учетом сопряженных химических реакций и свойств поверхности мембран					
7.	Влияние сопряженных химических реакций на перенос в электромембранных системах с учетом электроконвекции.	8		4		2
8.	Условия прилипания и скольжения при моделировании переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции.	8		4		2
9.	Учет степени гидрофобности поверхности при моделировании переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции	9		4		3
	Подготовка и сдача экзамена	27				
	Итого:	108	8	36		27

2.3 Содержание разделов дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела/модуля	Содержание раздела/модуля	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Математическое моделирование переноса в электромембранных системах с учетом конвективных течений	<i>Тема 1.</i> Наноматериалы и нанопроцессы в природе. Связь структуры и свойств. Роль сопряженных эффектов в электрохимических системах. Микро- и нанофлюидика. <i>Тема 2.</i> Декомпозиция системы уравнений Нернста-Планка с учетом условия электронейтральности. <i>Тема 3.</i> Математическое моделирование переноса в двумерных электромембранных системах. <i>Тема 4.</i> Математическое моделирование переноса в электромембранных системах с учетом гравитационной конвекции. <i>Тема 5.</i> Математическое моделирование переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции. <i>Тема 6.</i> Анализ конвективно-диффузионной модели электродиализа. Уравнение Левека.	Устный опрос, аналитический обзор по проблеме.
2	Математическое моделирование гидродинамики в электромембранных системах с учетом сопряженных химических реакций и свойств поверхности мембран	<i>Тема 1.</i> Влияние сопряженных химических реакций на перенос в электромембранных системах с учетом электроконвекции. <i>Тема 2.</i> Условия прилипания и скольжения при моделировании переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции. <i>Тема 3.</i> Учет степени гидрофобности поверхности при моделировании переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции.	Устный опрос, аналитический обзор по проблеме.

2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела/модуля	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Математическое моделирование переноса в электромембранных системах с учетом конвективных течений	<i>Тема 1.</i> Математические модели, описывающие связь структуры наноматериалов с их свойствами. <i>Тема 2.</i> Двумерные модели переноса в электромембранных системах. Вывод формул для расчета предельной плотности тока. <i>Тема 3.</i> Двумерные модели переноса в электромембранных системах. Вывод формул для расчета распределения концентраций и плотности тока.	Доклад по материалам статьи, исследования.

№	Наименование раздела/модуля	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
		<i>Тема 4.</i> Постановка задачи и алгоритм численного анализа переноса в электромембранных системах с учетом гравитационной конвекции. <i>Тема 5.</i> Постановка задачи и алгоритм численного анализа переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции. <i>Тема 6.</i> Математическое описание конвективно-диффузионной модели электродиализа. Уравнение Левека.	
2	Математическое моделирование гидродинамики в электромембранных системах с учетом сопряженных химических реакций и свойств поверхности мембран	<i>Тема 1.</i> Учет сопряженных химических реакций при моделировании переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции. <i>Тема 2.</i> Математическое выражение условия прилипания и скольжения при моделировании переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции. <i>Тема 3.</i> Введение условия степени гидрофобности поверхности в модель переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции.	1. Доклад по материалам статьи, исследования. 2. Защита проектного задания

2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела/модуля	Наименование лабораторной работы	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Математическое моделирование переноса в электромембранных системах с учетом конвективных течений	Декомпозиция систем Шапошникова Татьяна Леонидовна. Доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, профессор. Почетный работник высшего профессионального образования РФ. Директор института фундаментальных наук (ИФН) ФГБОУ ВО «КубГТУ». Марков Виталий Николаевич. Доктор технических наук. Профессор кафедры информационных систем и программирования института компьютерных систем и информационной безопасности (ИКСИБ) ФГБОУ ВО «КубГТУ». Шапошникова Татьяна Леонидовна. Доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, профессор. Почетный работник высшего профессионального образования РФ. Директор института фундаментальных наук (ИФН) ФГБОУ ВО	Опрос по результатам индивидуального задания

		«КубГТУ».	
		Марков Виталий Николаевич. Доктор технических наук. Профессор кафедры информационных систем и программирования института компьютерных систем и информационной безопасности (ИКСиИБ) ФГБОУ ВО «КубГТУ».	
		ы уравнений Нернста-Планка с учетом условия электронейтральности.	
		Расчет предельной плотности тока в двумерной модели переноса.	
		Расчет распределения концентраций и плотности тока в двумерной модели переноса.	
		Построение алгоритма численного анализа и решение задач по моделированию переноса в электроmemбранных системах с учетом гравитационной конвекции.	
2	Математическое моделирование гидродинамики в электроmemбранных системах с учетом сопряженных химических реакций и свойств поверхности мембран	Построение алгоритма численного анализа и решение задач по моделированию переноса в электроmemбранных системах с учетом электроконвекции.	Опрос по результатам индивидуального задания
		Изучение роли граничных условий при моделировании переноса в электроmemбранных системах с учетом электроконвекции.	
		Решение задач по моделированию переноса в электроmemбранных системах с учетом степени гидрофобности поверхности мембраны	

2.3.4 Курсовые работы – не предусмотрены

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающегося по дисциплине

Целью самостоятельной работы студента является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий. Вырабатываются навыки самостоятельной работы. Закрепляются опыт и знания, полученные во время лабораторных занятий.

Обеспечение обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возмож-

ностями здоровья учебно-методическими ресурсами осуществляется в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Математическое моделирование переноса в электро-мембранных системах с учетом конвективных течений	Мембраны и мембранные технологии, отв. ред. А.Б. Ярославцев, – М.: Научный мир, 2013. – 611 с.
2.	Математическое моделирование гидродинамики в электро-мембранных системах с учетом сопряженных химических реакций и свойств поверхности мембран	Узденова А.М., Коваленко А.В., Уртенев М.Х. Математическое моделирование мембранных процессов с использованием Comsol Multiphysics: Учебное пособие. – Карачаевск: КЧГУ, 2012. – 182 с.

3. Образовательные технологии

С точки зрения применяемых методов используются как традиционные информационно-объяснительные лекции, так и интерактивная подача материала с мультимедийной системой. Компьютерные технологии в данном случае обеспечивают возможность разнопланового отображения алгоритмов и демонстрационного материала. Такое сочетание позволяет оптимально использовать отведенное время и раскрывать логику и содержание дисциплины.

Лекции представляют собой систематические обзоры основных аспектов инноваций в математическом моделировании, при этом аспиранты получают глубокие знания и представления о сущности, направлениях и формах математических методов и моделей нанотехнологий.

Семинары-практикумы предполагают использование множества взаимосвязанных и взаимно-дополняющих методов, в том числе:

- доклад по материалам статьи (исследования);
- проблемная микролекция – лекционная форма, в которой процесс обучения студентов приближен к поисковой, исследовательской деятельности;
- «круглый стол», ориентированный на выработку умений обсуждать проблемы, обосновывать предполагаемые решения и отстаивать свои убеждения;
- «мозговой штурм», актуализирующий организацию коллективной мыслительной деятельности по поиску нетрадиционных путей и способов решения конкретной проблемы.

Индивидуальные задания проектного типа связаны с настоящей или будущей профессиональной деятельностью студента. В этом качестве могут использоваться:

- задания на компьютерное моделирование различных методов и моделей нанотехнологий;

- задания на разработку программного продукта для математического моделирования электрохимических процессов и систем;
- задания на разработку проектной документации программного продукта для математического моделирования различных электрохимической процессов и систем.

Лабораторное занятие позволяет научить аспирантов применять теоретические знания при решении и исследовании конкретных задач. Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах, при этом практикуется работа в группах. Подход разбора конкретных ситуаций широко используется как преподавателем, так и аспирантами при проведении анализа результатов самостоятельной работы. Это обусловлено тем, что в процессе исследования часто встречаются задачи, для которых единых подходов не существует. Каждая конкретная задача при своем исследовании имеет множество подходов, а это требует разбора и оценки целой совокупности конкретных ситуаций. Этот подход особенно широко используется при определении адекватности математической модели и результатов моделирования для математических методов и моделей нанотехнологий.

Предпочтительным является проведение экзамена в форме конференции аспирантов, посвященной обзору происходящих в области математических методов и моделей нанотехнологий инновационных процессов и, одновременно, проектированию оригинальных инновационных решений.

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
1	Л	Интерактивная подача материала с мультимедийной системой. Обсуждение сложных и дискуссионных вопросов.	8
	ПР	«Круглый стол», мозговой штурм, защита проектного задания	10
	ЛР	Компьютерные занятия в режимах взаимодействия «преподаватель - студент».	6
ИТОГО			24

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего

контроля и итоговой аттестации (экзамена).

В качестве оценочных средств, используемых для текущего контроля успеваемости, предлагается перечень вопросов, которые прорабатываются в процессе освоения курса. Данный перечень охватывает все разделы курса. Кроме того, важным элементом технологии является самостоятельное решение задач, а также выполнение лабораторных работ в компьютерном классе, представляющих собой индивидуальные задания для каждого аспиранта.

Вопросы для устного опроса по разделу «Математическое моделирование переноса в электромембранных системах с учетом конвективных течений»

1. Что включает в себя понятие наноматериалы?
2. Приведите примеры нанопроцессов, происходящих в природе.
3. Как связана структура наноматериалов с их свойствами?
4. Каким образом отражается связь структуры наноматериалов с их свойствами в математических моделях?
5. Расскажите о роли сопряженных эффектов в электрохимических системах.
6. Раскройте понятия микро- и нанофлюидики.
7. Какие уравнения, характеризующие концентрации заряженных частиц (ионов и катионов) в электролите, составляют основу математической модели процессов электро- и массопереноса?
8. Как осуществляется декомпозиция системы уравнений Нернста-Планка с учетом условия электронейтральности?
9. Расскажите о принципах математического моделирования переноса ионов в двумерных электромембранных системах.
10. Как производится расчет предельной плотности тока в двумерных моделях переноса в электромембранных системах?
11. Как производится расчет распределения концентраций в двумерных моделях переноса в электромембранных системах?
12. Каким образом можно учесть влияние гравитационной конвекции в моделях переноса ионов?
13. Постановка задачи в модели переноса ионов в электромембранных системах с учетом электроконвекции.
14. Какова роль граничных условий при моделировании переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции?
15. Что отражает уравнение Левека?
16. Что представляет собой конвективно-диффузионная модель электродиализа?

Вопросы для устного опроса по разделу «Математическое моделирование гидродинамики в электромембранных системах с учетом сопряженных химических реакций и свойств поверхности мембран»

1. Какие химические реакции могут протекать при переносе ионов в элек-

тромембранных системах?

2. Каким образом можно учесть сопряженные химические реакции при моделировании процесса переноса в электромембранных системах?
3. Как отражается условие осадкообразования в моделях переноса ионов через мембрану?
4. Каким граничным условием отражают движение (скольжение) жидкости относительно неподвижной поверхности при моделировании переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции?
5. Как математически отражается условие прилипания на границе мембрана/раствор?
6. Что называют гидрофобностью поверхности мембраны?
7. К каким эффектам приводит гидрофобизация поверхности мембраны?
8. Как учитывается степень гидрофобности поверхности в моделях переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции?

Примеры задач для самостоятельного решения на семинарах-практикумах

Задача 1.

В плоском канале электродиализатора скорость течения раствора 1.6 см/с, расстояние между мембранами 0.8 мм. Рассчитать падение давления и объемную скорость раствора в канале шириной 40 см. Построить концентрационный профиль и найти степень обессоливания раствора в сечении на расстоянии 40 см от входа в канал. Рассчитать расход электроэнергии, необходимой для получения 1 м³ обессоленной воды; учесть вклады, приходящиеся собственно на электродиализ и на работу насоса. Принять, что основным компонентом раствора является NaCl ($D = 1.6 \cdot 10^{-5}$ см²/с, $\nu = 10^{-2}$ см²/с, $c^0 = 0.02$ моль/л); числа переноса противоионов через анионо- и катионообменную мембраны принять 0.95, КПД насоса 0.6. Расход электроэнергии в расчете на 1 час работы аппарата (в Вт×час) равен:

на ЭД: $A_{ED} = I U$, где I – сила тока в А, а U – напряжение на всем аппарате в В;
на перекачку: $A_{pomp} = \Delta p W / \eta_p$, где Δp – падение давления в Н/м², W – объемная скорость в м³/час, а η_p – КПД насоса.

Задача 2.

Определить минимальную длину канала обессоливания электродиализатора, на котором достигается степень обессоливания 50 %, если

- числа переноса = 0,98;
- межмембранное расстояние = 0,45 мм;
- скорость течения раствора 3,2 см/с;

Считать, что в растворе имеется только натрий-хлор.

Задача 3.

Дан электродиализный аппарат, содержащий 100 парных камер. Меж-

мембранное расстояние = 0,5 мм. Длина канала 60 см. Размер мембраны 60 на 40 см. Определить производительность аппарата, при которой степень обессоливания достигается равной 60 %. Нужно найти скорость работы аппарата.

Задача 4.

Требуется спроектировать электродиализный аппарат, который бы обеспечивал 80% обессоливания раствора хлорида натрия. Размер мембран 60 на 40. Расстояние между мембранами = 0,4 мм. Аппарат должен иметь производительность 2 м³/час. Найти число парных камер в аппарате.

Задача 5.

Требуется спроектировать электродиализный аппарат, который бы обеспечивал 80% обессоливания раствора хлорида натрия. Известно, что при скорости течения жидкости 2 см/с на каждые 10 см длины канала концентрация убывает на 20%. Ширина мембран 40 см. Расстояние между мембранами = 0,4 мм. Аппарат должен иметь производительность 2 м³/час.

Найти длину канала обессоливания и число парных камер в аппарате.

Текущий контроль на лабораторных занятиях осуществляется с помощью распределения индивидуальных различных наборов входных данных для работы в программах «Эл-Диал», «ED Manager».

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Наноматериалы и нанопроцессы в природе.
2. Математические модели, описывающие связь структуры наноматериалов с их свойствами
3. Роль сопряженных эффектов в электрохимических системах.
4. Микро- и нанофлюидика. Общие понятия.
5. Декомпозиция системы уравнений Нернста-Планка с учетом условия электронейтральности.
6. Математическое моделирование переноса в двумерных электро-мембранных системах.
7. Двумерные модели переноса в электромембранных системах. Расчет предельной плотности тока.
8. Двумерные модели переноса в электромембранных системах. Расчет распределения концентраций и плотности тока.
9. Математическое моделирование переноса в электромембранных системах с учетом гравитационной конвекции.
10. Постановка задачи и алгоритм численного анализа переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции.

11. Роль граничных условий при моделировании переноса в электро-мембранных системах с учетом электроконвекции.
12. Анализ конвективно-диффузионной модели электродиализа. Уравнение Левека.
13. Влияние сопряженных химических реакций на перенос в электро-мембранных системах с учетом электроконвекции.
14. Условия прилипания и скольжения при моделировании переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции.
15. Учет степени гидрофобности поверхности при моделировании переноса в электромембранных системах с учетом электроконвекции.

Пример экзаменационного билета:

Дисциплина «Математические методы и модели нанотехнологий»

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Микро- и нанофлюидика. Общие понятия.
2. Двумерные модели переноса в электромембранных системах. Расчет распределения концентраций и плотности тока.
3. Влияние сопряженных химических реакций на перенос в электро-мембранных системах с учетом электроконвекции.

Зав. кафедрой прикл. математики

Д-р. физ-мат. наук, профессор

М.Х. Уртенев

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

5.1 Основная литература

1. Мембраны и мембранные технологии / . - Москва : Издательство Научный мир, 2013. - 611 с. - ISBN 978-5-91522-366-9 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=468334>
2. Узденова А.М., Коваленко А.В., Уртенев М.Х. Математическое моделирование мембранных процессов с использованием Comsol Multiphysics: Учебное пособие. – Карачаевск: КЧГУ, 2012. – 182 с.

5.2 Дополнительная литература

1. А. М. Узденова, А. В. Коваленко, М. Х. Уртенев. Математические модели электроконвекции в электромембранных системах. - Карачаевск : [КЧГУ], 2011. - 154 с.
2. Цивадзе, А.Ю. Химия растворов биологически активных веществ: (Проблемы химии растворов) / А.Ю. Цивадзе. - Иваново : Издательство Ивановский издательский дом, 2016. - 527 с. - ISBN 978-5-904580-41-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL:

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

1. Горячий Н.В. Электромембранные процессы. Учебное пособие – М: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007 [Электронный ресурс].
http://www.membrane.msk.ru/books/?id_b=14
2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань».
<http://e.lanbook.com>
3. Российская мембранная сеть Russian membrane network
<http://www.rusmembrane.net/>
4. Коллекция журналов издательства Elsevier на портале ScienceDirect.

7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

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

Неотъемлемой частью процесса обучения аспирантов является самостоятельная работа над учебным материалом. Процесс изучения дисциплины «Математические методы и модели нанотехнологий» состоит из следующих этапов:

1. Проработка теоретического материала по конспектам лекций и рекомендованным учебникам, список которых приведен в рабочей программе дисциплины «Математические методы и модели нанотехнологий».
2. Решение задач и выполнение заданий на компьютерное моделирование.
3. Доклад по материалам статьи (исследования).
4. Индивидуальные задания проектного типа.
5. Сдача экзамена в устной или письменной форме (по усмотрению преподавателя).

При решении задач на семинарах-практикумах допускается использование рабочих тетрадей, в которых законспектированы наиболее важные с точки зрения каждого обучающегося моменты, выделенные при самостоятельной проработке каждой из тем. Задания на компьютерное моделирование выполняются на лабораторных занятиях в компьютерных классах.

Каждый аспирант получает задание провести анализ статьи (исследования), посвященной математическим методам и моделям нанотехнологий. Аспирант осуществляет поиск работ самостоятельно. Критерием выбора в

первую очередь должна быть новизна и актуальность темы статьи (исследования). Аспирант представляет свою работу в виде доклада на семинарских занятиях.

В качестве индивидуального задания проектного типа могут быть использованы задания на компьютерное моделирование различных методов и моделей нанотехнологий, задания на разработку программного продукта для математического моделирования электрохимических процессов и систем, задания на разработку проектной документации программного продукта для математического моделирования различных электрохимической процессов и систем.

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

8.1 Перечень необходимого программного обеспечения

1. Операционная система MS Windows.
2. Интегрированное офисное приложение MS Office.
3. Программные продукты «Эл-Диал», «ED Manager».

8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

1. Википедия, свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]. – <http://ru.wikipedia.org>
2. Электронная библиотека КубГУ.

9. Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Класс для проведения практических занятий, оснащенный персональными компьютерами с предустановленным программным обеспечением, указанным в п. 8.1. Также необходима мультимедийная система, включающая стационарный или мобильный экран, цифровой проектор, подключаемый к компьютеру, и лазерную указку.