

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 — проректор  
проректор



« 29 » мая 2020 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### **Б1.В.ДВ.05.01 МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОСФЕРЕ**

Направление подготовки/специальность  
\_\_\_\_\_ 20.03.01 Техносферная безопасность \_\_\_\_\_

Направленность (профиль)/специализация  
\_\_\_\_\_ Безопасность технологических процессов и производств \_\_\_\_\_

Программа подготовки \_\_\_\_\_ академическая \_\_\_\_\_

Форма обучения \_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

Квалификация (степень) выпускника \_\_\_\_\_ бакалавр \_\_\_\_\_

Краснодар 2020

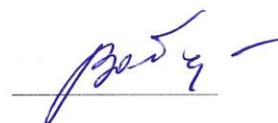
Рабочая программа дисциплины Б1.В.ДВ.05.01 «Моделирование физико-химических процессов в техносфере» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, профиль – Безопасность технологических процессов и производств.

Программу составил(и):

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



Рабочая программа утверждена на заседании кафедры (выпускающей) физической химии протокол № 10 «15» мая 2020 г.  
Заведующий кафедрой физической химии  
д-р хим. наук, профессор Заболоцкий В.И.



Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры (выпускающей) общей, неорганической химии и информационно-вычислительных технологий в химии протокол № 10 «15» мая 2020 г.  
Заведующий кафедрой общей,  
неорганической химии и ИВТ в химии  
д-р хим. наук, профессор Буков Н.Н



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета химии и высоких технологий  
протокол № 5 «25» мая 2020 г.  
Председатель УМК факультета, канд. хим. наук  
Беспалов А.В.



Рецензенты:

М.Х. Уртенев, д-р физ-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики ФГБОУ ВО «КубГУ»

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

## **1 Цели и задачи освоения дисциплины(модуля).**

### **1.1 Цель дисциплины.**

Цель учебной дисциплины Б1.В.ДВ.05.01 «Моделирование физико-химических процессов в техносфере» состоит в формировании у студентов знаний о математических методах исследования физико-химических процессов, освоение некоторых основных подходов к моделированию и получение навыков решения задач прогнозирования подобных процессов в техносфере.

### **1.2 Задачи дисциплины**

- Дать представление о математических методах исследования природных законов, о математическом моделировании как первой ступени создания теории в той или иной области науки.
- Сформировать знания об основных законах и выражающих уравнениях в области моделирования явлений переноса, с целью прогнозирования процессов в техносфере.
- Обучить некоторым основным подходам к моделированию и привить навыки решения задач по прогнозированию физико-химических процессов.
- Привить практические навыки работы с компьютерными программами для типичных физико-химических расчетов в техносфере.

### **1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина Б1.В.ДВ.05.01 «Моделирование физико-химических процессов в техносфере» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность. Изучение данной дисциплины опирается на знания, полученные в ходе освоения таких дисциплин, как «Физика», «Теория горения и взрыва». Дисциплина предшествует изучению дисциплины «Технологии переработки отходов».

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

Процесс изучения дисциплины «Моделирование физико-химических процессов в техносфере» направлен на формирование следующих общекультурных и профессиональных компетенций: ОК-11, ОК-12, ПК-22, ПК-23.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОК-11	способностью к абстрактному и критическому мышлению, исследованию окружающей среды для выявления ее возможностей и ресурсов, способностью к принятию нестандартных решений и разрешению проблемных ситуаций	концептуальные основы предмета, его место в общей системе знаний и ценностей	интегрировать теоретические знания с практикой обучения	приёмами формирования универсальных учебных умений на основе межпредметной интеграции
2.	ОК-12	способностью использования основных программных средств, умением пользоваться глобальными информационными ресурсами,	основные программные средства для описания физико-химических процессов в тех-	применять результаты информатизации в профессиональной деятельности;	навыками работы с информацией из различных источников для решения про-

№ п.п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		владением современными средствами телекоммуникаций, способностью использовать навыки работы с информацией из различных источников для решения профессиональных и социальных задач	носфере; различные источники информации для решения задач в области моделирования физико-химических процессов в техносфере	производить постановку целей и задач исследования	фессиональных задач, ее анализа и систематизации
3.	ПК-22	способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач	основные законы и выражающие уравнения в области моделирования физико-химических процессов	использовать основные выражающие уравнения для математического моделирования различных физико-химических процессов для решения профессиональных задач	основными подходами к моделированию физико-химических процессов для решения практических задач в научно-исследовательской и профессиональной деятельности
4.	ПК-23	способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных	теоретические и практические основы математического моделирования физико-химических процессов в техносфере; численные методы; вычислительную технику; прикладные программы пользовательского назначения; специализированные программы	анализировать изучаемый объект; проектировать математическую модель; использовать математический аппарат для решения задачи; оптимально использовать вычислительную технику	навыками создания математических моделей, решения математических задач, методами построения математических моделей типовых задач в области физико-химических процессов в техносфере

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

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

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)	
			5	
<b>Контактная работа, в том числе:</b>				
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>		<b>54</b>	<b>54</b>	
Занятия лекционного типа		18	18	
Лабораторные занятия		-	-	
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		36	36	
<b>Иная контактная работа:</b>				
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	4	
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2	
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>				
Самостоятельное изучение разделов		10	10	
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям)		20	20	
Подготовка к текущему контролю		19,8	19,8	
<b>Контроль:</b>				
Подготовка к экзамену		-	-	
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>час.</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>58,2</b>	<b>58,2</b>	
	<b>зач. ед</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	

## 2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины. Разделы дисциплины, изучаемые в семестре 5 (для студентов ОФО)

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Математическое моделирование как метод научного исследования.	20	4	6	-	10
2.	Неравновесная термодинамика. Уравнения Онзагера и Кедем-Качальского.	20	4	6	-	10
3.	Вывод линейных законов из уравнений Онзагера и Кедем-Качальского.	22	4	8	-	10
4.	Линейные законы переноса (законы Ома, Фика, Дарси, Фурье).	22	4	8	-	10
5.	Моделирование процессов переноса с помощью известных программных продуктов.	19,8	2	8	-	9,8
<b>Итого по дисциплине:</b>			18	36		49,8

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторные работы

## 2.3 Содержание разделов дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Математическое моделирование как метод научного исследования.	Понятия: математика, математическое моделирование, численный анализ, аналитическое исследование, теория. Методы численного моделирования.	«Блиц-опрос»
2	Неравновесная термодинамика. Уравнения Онзагера и Кедем-Качальского.	Классическая термодинамика и термодинамика неравновесных процессов. Обоснование уравнений Онзагера, схема вывода уравнений Кедем-Качальского. Сопряжение явлений переноса в мембранных системах.	Устный опрос
3	Вывод линейных законов из уравнений Онзагера и Кедем-Качальского.	Вывод линейных законов Ома, Фика, Дарси, Фурье из уравнений Онзагера и Кедем-Качальского.	«Блиц-опрос»
4	Линейные законы переноса (законы Ома, Фика, Дарси, Фурье).	Расчет скоростей простейших неравновесных процессов, используя законы Ома, Фика, Дарси, Фурье.	Коллоквиум
5	Моделирование процессов переноса с помощью известных программных продуктов.	Изучение принципов работы программных продуктов: «Микрогетерогенная модель» и «ЭлДиал».	Решение задач, коллоквиум

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Тематика практических занятий (семинаров)	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Математическое моделирование как метод научного исследования.	Методы численного моделирования. Использование численного анализа для решения задач.	«Блиц-опрос»
2	Неравновесная термодинамика. Уравнения Онзагера и Кедем-Качальского.	Сопряжение сил и потоков, уравнения Онзагера. Уравнения Кедем-Качальского и практические коэффициенты переноса.	Устный опрос
3	Вывод линейных законов из уравнений Онзагера и Кедем-Качальского.	Вывод линейных законов Ома, Фика, Дарси, Фурье из уравнений Онзагера и Кедем-Качальского.	«Блиц-опрос»
4	Линейные законы переноса (законы Ома, Фика, Дарси, Фурье).	Расчет скорости диффузии и электромиграционного переноса через мембраны. Расчет скорости электродиализа	Коллоквиум

5	Моделирование процессов переноса с помощью известных программных продуктов.	Освоение программных продуктов: «Микрогетерогенная модель» и «ЭлДиал». Проведение расчетов электропроводности, коэффициента диффузионной проницаемости и чисел переноса, построение концентрационных профилей.	Решение задач, коллоквиум
---	---	--	---------------------------

### 2.3.3 Лабораторные занятия

Не предусмотрены учебным планом.

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом.

## 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	Самостоятельное изучение разделов	Трифонов К.И. Физико-химические процессы в техносфере: учебник для студентов вузов / К. И. Трифонов, В. А. Девисилов. - М.: ИНФРА-М: ФОРУМ, 2007. - 239 с.
2	Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям)	Математическое моделирование экологических процессов распространения загрязняющих веществ: учебное пособие для студентов вузов / В. А. Бабешко, А. В. Павлова, О. М. Бабешко, О. В. Евдокимова; М-во образования и науки Рос. Федерации; Кубанский гос. ун-т. - Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2009. - 138 с. Методические указания к самостоятельной работе студентов. Утверждены кафедрой физической химии, протокол № 17 от 11.05.2017 г.
3	Подготовка к текущему контролю	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).

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализуются индивидуальные образовательные технологии, которые позволяют полностью индивидуализировать содержание, методы и темпы учебной деятельности инвалида, вносить вовремя необходимые коррективы как в деятельность студента-инвалида, так и в деятельность преподавателя. 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 «блиц-опроса» по теме «Математическое моделирование как метод научного исследования»**

1. Как классифицируются физико-химические системы и процессы переноса?
2. Чем отличаются макроскопический и микроскопический механизмы переноса?
3. Какие основные законы сохранения существуют?
4. Какие уравнения относятся к уравнениям баланса?
5. Что описывают уравнения баланса массы и баланса количества вещества?
6. В чем особенность уравнения баланса количества движения?

##### **Вопросы для устного опроса по теме «Неравновесная термодинамика. Уравнения Онзагера и Кедем-Качальского»**

1. Из каких уравнений и предположений вытекает уравнение Нернста-Планка?
2. Как выразить плотность потока ионов через градиент электрохимического потенциала?
3. В чем заключается условие равновесия?
4. Какие существуют основные элементы ТНП?
5. Что из себя представляет уравнения Онзагера?
6. Какова формулировка и физический смысл потоков, движущих сил и коэффициентов переноса в уравнении Кедем-Качальского?

*Перечень компетенций, проверяемых оценочными средствами: ОК-11, ОК-12*

##### **Вопросы для «блиц-опроса» по теме «Вывод линейных законов из уравнений Онзагера и Кедем-Качальского»**

1. Каким образом возможно осуществить вывод линейных законов переноса Фика, Ома и Дарси из уравнения Кедем-Качальского?
2. В чем основная идея баромембранных процессов?
3. Какие уравнения переноса вытекают из уравнений Кедем-Качальского?
4. Как звучит закон Фика?
5. Как звучит закон Ома?
6. Как звучит закон Фурье?

*Перечень компетенций, проверяемых оценочным средством: ПК-22, ПК-23*

**Пример Задачи для коллоквиума по теме «Линейные законы переноса (законы Ома, Фи-**

ка, Дарси, Фурье)»

*Задача 1. Теплообмен*

Человек оказался за бортом судна  $t(v)=14\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Найдите, на сколько градусов понизится  $t^{\circ}$  его тела за 10 мин, если энергетика дыхания возрастёт в 3,5 раза, при этом в нормальном состоянии скорость превращения энергии 72 ккал/час. Принять коэффициент теплопроводности  $\alpha=0,06\text{ кДж}/(\text{м}^2\cdot\text{К}\cdot\text{с})$ ; теплоемкость тела:  $C=0,86\text{ ккал}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ , площадь поверхности тела  $1,8\text{ м}^2$ . Масса тела 70 кг.

*Задача 2. Выведение продуктов метаболизма*

Работу почек оценивают по концентрации креатинина в крови. Нормальная концентрация креатинина в крови  $C_{\text{кр}}=10\text{ мг/л}$ . Гематокрит крови  $H=0.4$  (объемная доля эритроцитов в крови). Концентрация креатинина в тканевой и внутриклеточной жидкости примерно такая же, как и в плазме крови. Креатинин выводится вместе с мочой,  $V_{\text{м}}=2,4\text{ л/сут}$ . Определить скорость производства креатинина  $G$  (мг/час), общую массу креатинина в организме  $M$  (мг).

**Перечень компетенций, проверяемых оценочным средством: ПК-23**

**Примеры задач для практических занятий и коллоквиума по теме «Моделирование процессов переноса с помощью известных программных продуктов»**

**1.1.** 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  $1\text{ м}^3$  обессоленной воды; учесть вклады, приходящиеся собственно на электродиализ и на работу насоса. Принять, что основным компонентом раствора является NaCl ( $D=1.6\cdot 10^{-5}\text{ см}^2/\text{с}$ ,  $\square=10^{-2}\text{ см}^2/\text{с}$ ,  $c^0=0.02\text{ моль/л}$ ); 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:  $A_{\text{ED}}=I U$ , где  $I$  – сила тока в А, а  $U$  – напряжение на всем аппарате в В, на перекачку:  $A_{\text{помп}}=\square_{\text{р}} W/\square_{\text{р}}$ , где  $\square_{\text{р}}$  – падение давления в Н/м<sup>2</sup>,  $W$  – объемная скорость в м<sup>3</sup>/час, а  $\square_{\text{р}}$  – КПД насоса.

**1.2.** 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.

**1.3.** Дан электродиализный аппарат, содержащий 100 парных камер. Межмембранное 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.

**1.4.** 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 м<sup>3</sup>/час. Найти число парных камер в аппарате.

**1.5.** 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 м<sup>3</sup>/час.

Найти длину канала обессоливания и число парных камер в аппарате.

**Перечень компетенций, проверяемых оценочным средством: ПК-22, ПК-23**

### **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 результатов быстрого письменного опроса на практическом занятии («блиц-опрос»):**

Каждому студенту выдается свой собственный, узко сформулированный вопрос. Ответ должен быть четким и кратким, содержащим все основные характеристики описываемого понятия.

#### **Шкала оценивания:**

**«Отлично»** - вопрос раскрыт полностью, точно обозначены основные понятия и характеристики по теме.

**«Хорошо»** - вопрос раскрыт, однако нет полного описания всех необходимых элементов.

**«Удовлетворительно»** - вопрос раскрыт не полно, присутствуют грубые ошибки, однако есть некоторое понимание раскрываемых понятий.

**«Неудовлетворительно»** - ответ на вопрос отсутствует или в целом не верен.

### **Критерии оценивания результатов коллоквиума.**

Оценка **«отлично»** - глубокое и прочное усвоение программного материала - полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания, - свободно справляющиеся с поставленными задачами, знания материала, - правильно обоснованные принятые решения, - владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.

Оценка **«хорошо»** - знание программного материала – грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос, - правильное применение теоретических знаний - владение необходимыми навыками при выполнении практических задач.

Оценка **«удовлетворительно»** - усвоение основного материала – при ответе допускаются неточности - при ответе недостаточно правильные формулировки - нарушение последовательности в изложении программного материала - затруднения в выполнении практических заданий.

Оценка **«неудовлетворительно»** - не знание программного материала, -при ответе возникают ошибки - затруднения при выполнении практических работ.

### **Критерии оценивания результатов практического занятия с решением задач.**

Оценка **«отлично»** выставляется, если студент имеет глубокие знания учебного материала по теме практической работы, показывает усвоение взаимосвязи основных по-

нятий, 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.

#### **4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации**

##### **Вопросы для подготовки к зачету**

##### **Перечень компетенций, проверяемых оценочным средством: ОК-11 ОК-12**

1. Диффузия в условиях наложенного электрического поля. Уравнение Нернста-Планка.
2. Выражение плотности потока ионов через градиент электрохимического потенциала. Условие равновесия.

##### **Перечень компетенций, проверяемых оценочным средством: ОК-11 ОК-12, ПК-22, ПК-23**

3. Элементы ТНП. Уравнения Онзагера.
4. Уравнения Кедем-Качальского. Формулировка и физический смысл потоков, движущих сил и коэффициентов переноса.
5. Уравнения Кедем-Качальского. Вывод линейных законов переноса Фика, Ома и Дарси.
6. Уравнения Кедем-Качальского. Многообразие явлений переноса в мембранных системах.
7. Баромембранные процессы. Уравнения переноса, вытекающие из уравнений Кедем-Качальского.
8. Классификация баромембранных процессов. Механизм разделения в обратном осмосе и в других баромембранных процессах.
9. Параметры, определяющие качество разделения в баромембранных процессах (фактор задержки, коэффициент экстракции). Уравнения баланса.
10. Математическое описание осмоса и обратного осмоса.
11. Зависимость фактора задержки  $R$  от давления в обратном осмосе.
12. Диффузионные процессы в гемодиализаторе. Расчет площади мембраны, необходимой для одного сеанса очистки крови.
13. Расчет обратноосмотического процесса обессоливания морской воды.
14. Электромембранные процессы. Схема электродиализа.

15. Электродиализ. Уравнения переноса (уравнение переноса ионов Кедем-Качальского. Уравнение Нернста-Планка. Вывод из уравнений Онзагера. Связь с уравнениями Кедем-Качальского.)
16. Одномерная модель ЭД. Концентрационная поляризация при электродиализе.
17. Расчет скачка потенциала в мембранной системе.
18. Конвективная диффузия при электродиализе. Двумерная модель. Формулировка задачи.
19. Двумерная конвективно-диффузионная модель ЭД. Преобразование уравнений.
20. Вывод уравнения конвективной диффузии в частных производных. Уравнение Нернста-Планка и уравнение материального баланса.
21. Двумерная конвективно-диффузионная модель ЭД. Граничные условия.
22. Двумерная конвективно-диффузионная модель ЭД. Переход к безразмерным переменным.
23. Двумерная конвективно-диффузионная модель ЭД. Решение краевой задачи.
24. Распределение концентрации и плотности тока в ЭД. Вольтамперная характеристика.
25. Конвективно-диффузионная модель ЭД. Предельный ток и диффузионный слой.

### **Методические рекомендации определяющие процедуры оценивания на зачете.**

Студенты обязаны сдать зачет в соответствии с расписанием и учебным планом. Зачет 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.

#### **Критерии оценивания результатов зачета.**

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.

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.

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 зачете;
- 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 (модуля)**

### **5.1. Основная литература**

1. Трифонов К.И. Физико-химические процессы в техносфере: учебник для студентов вузов / К. И. Трифонов, В. А. Девисилов. - М.: ИНФРА-М: ФОРУМ, 2007. - 239 с.
2. Математическое моделирование экологических процессов распространения загрязняющих веществ: учебное пособие для студентов вузов / В. А. Бабешко, А. В. Павлова, О. М. Бабешко, О. В. Евдокимова; М-во образования и науки Рос. Федерации; Кубанский гос. ун-т. - Краснодар: [Кубанский государственный университет], 2009. - 138 с.
3. 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>

### **5.2. Дополнительная литература**

1. Белов П.Г. Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере [Текст] : учебное пособие для студентов вузов / П. Г. Белов. - М. : Академия, 2003. - 506 с.
2. Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева, – М.: Наука, 2013. – 612 с.
3. Узденова А.М., Коваленко А.В., Уртенев М.Х. Математическое моделирование мембранных процессов с использованием Comsol Multiphysics: Учебное пособие. – Карачаевск: КЧГУ, 2012. – 182 с.
4. 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**

1. Журнал «Мембраны и мембранные технологии».
2. 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. Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>
2. Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>
3. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>
4. База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>

5. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>
6. База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
7. Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>
8. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>
9. База данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ) РАН <http://www2.viniti.ru/>
10. Базы данных в сфере интеллектуальной собственности, включая патентные базы данных [www.rusnano.com](http://www.rusnano.com)
11. Базы данных и аналитические публикации «Университетская информационная система РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru/>
12. Справочно-правовая система «Консультант Плюс» <http://www.consultant.ru>
13. Единая база гостов РФ - <http://gostexpert.ru/>
14. Ресурсы по термодинамике (Martindale's calculators chemistry on-line center) - <http://www.martindalecenter.com/Calculators3B.html>
15. Российская мембранная сеть Russian membrane network [www.rusmembrane.net](http://www.rusmembrane.net)
16. Электронные учебники кафедры Мембранной Технологии Российского Химико-Технологического Университета им. Д.И. Менделеева, <http://www.membranemsk.ru/ychposob.html>  
<http://www.gumfak.ru/kse.shtml>

## 7. Методические указания и материалы по видам занятий

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 «Моделирование физико-химических процессов в техносфере» 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 «Моделирование физико-химических процессов в техносфере».

2. Выполнение самостоятельных работ и решение задач.

3. Сдача зачета в устной или письменной форме (по усмотрению преподавателя).

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.

С целью контроля и подготовки студентов к изучению новой темы вначале каждого практического 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.

Коллоквиум может проводиться в устной и письменной форме.

Устная форма. Ответы оцениваются одновременно в традиционной шкале («неудовлетворительно» — «отлично»). Билеты содержат как теоретические вопросы, так и задачи практического характера. На коллоквиум выносятся часть материала зачета. Оценка за коллоквиум учитывается при принятии зачета. Коллоквиум не переписывается, но студенты, набравшие менее пяти баллов, сдают письменный зачет по отдельным вариантам, содержащим, в том числе и вопросы коллоквиума. Задачи коллоквиума. Коллоквиум ставит следующие задачи:

- проверка и контроль полученных знаний по изучаемой теме;
- расширение проблематики в рамках дополнительных вопросов по данной теме;
- углубление знаний при помощи использования дополнительных материалов при подготовке к занятию;
- студенты должны продемонстрировать умения работы с различными видами исторических источников;
- формирование умений коллективного обсуждения (поддерживать диалог в микрогруппах, находить компромиссное решение, аргументировать свою точку зрения, умение слушать оппонента, готовность принять позицию другого учащегося).

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) (при необходимости)**

### **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 Windows
2. Microsoft Office
3. Программный пакет Comsol Multiphysics
4. Программное обеспечение для слабовидящих

**9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом учебной и специализированной мебели, универсальной доской-экраном, подвесным проектором и ноутбуком. (ауд. 101а, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149)
2.	Семинарские занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, оснащенная комплектом учебной и специализированной мебели, универсальной доской-экраном, подвесным проектором и ноутбуком. (ауд. 101а, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149)
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Учебная аудитория для проведения занятий групповых и индивидуальных консультаций, оснащенная комплектом учебной и специализированной мебели, универсальной доской-экраном, подвесным проектором и ноутбуком. (ауд. 101а, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149)
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом учебной и специализированной мебели, универсальной доской-экраном, подвесным проектором и ноутбуком. (ауд. 101а, 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, 401с, г. Краснодар, ул. Ставропольская, 149)