

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Российский химико-технологический университет имени
Д.И. Менделеева»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке
РХТУ им. Д.И. Менделеева


А. А. Щербина
20 dd г.



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

2.6.15. Мембраны и мембранная технология

Москва 2022 г

Программа составлена Каграмановым Георгием Гайковичем, д.т.н., профессор, зав. кафедрой, кафедры мембранной технологии.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры мембранной технологии «20» апреля 2022 г. протокол № 8.

Общие положения

Программа вступительных испытаний по научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология разработана учетом требований к поступающим, определёнными правилами приема.

Цель проведения экзамена - оценка уровня знаний поступающих в области научной специальности 2.6.15. Мембраны и мембранная технология для отбора наиболее подготовленных поступающих для обучения по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

Задачей вступительного испытания в аспирантуру является оценка уровня владения специальной дисциплиной, в том числе способности поступающего понимать мембранные процессы разделения, умения анализировать и применять имеющиеся знания к реальным процессам мембранного разделения, знания современных и перспективных мембранных материалов и полимеров.

Разделы программы

1. Форма проведения вступительного испытания.
2. Язык проведения вступительного испытания.
3. Содержание вступительного испытания.
4. Структурированное по разделам (областям) содержание вступительного испытания.
5. Шкала оценивания и фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания вступительного испытания
6. Типовые задания, вопросы, иные материалы для проведения вступительного испытания.
7. Рекомендуемая литература для подготовки к вступительному испытанию.

1. Форма проведения вступительного испытания.

Вступительное испытание проводится в устной форме.

2. Язык проведения вступительного испытания.

Язык проведения экзамена – русский.

3. Содержание вступительного испытания.

1. Оценка соответствия содержания ответа вопросу в экзаменационном билете, оценка владения понятийным аппаратом, аргументированность выводов и доказательств, ясность, четкость и логика изложения материала.

2. Применение полученных теоретических знаний к решению практических вопросов химической технологии, способность к аналитической деятельности; системность мышления и систематичность знания, гибкость и самостоятельность мышления.

4. Структурированное по разделам (предметным областям) содержание вступительного испытания.

Терминология. Основные понятия и размерности величин.

Технология мембран. Принципы классификации мембран; требования к мембранам; методы исследования структуры мембран; методы производства мембран; мембранный рынок – мировой и российский.

Баромембранные процессы. Массоперенос через мембрану. Модели и уравнения переноса. Движущая сила баромембранных процессов Основные характеристики процессов разделения жидких смесей. Удельная производительность, влияние основных технологических параметров (состав и концентрация исходного раствора, величина рН, температура, рабочее давление). Понятие наблюдаемой и истинной селективности мембран, способы их измерения и расчета. Влияние состава и концентрации исходного раствора, величины рН, температуры, рабочего давления на селективность мембран. Явление концентрационной поляризации. Мембранные аппараты, классификация, основные требования и характеристики. Технологические особенности и сферы оптимального применения аппаратов с рулонными, трубчатыми, полволоконными мембранными элементами и аппаратов типа «фильтр пресс». Влияние и расчет гидравлического сопротивления мембранных аппаратов. Методы очистки и регенерации мембран. Технологический расчет установок мембранного разделения смесей. Секционирование мембранных аппаратов. Многоступенчатые схемы (простые и с рециклом). Расчет баромембранных процессов. Примеры промышленного применения баромембранных процессов.

Диффузионные мембранные процессы. Движущая сила и уравнения массопереноса. Пористые и непористые мембраны Массоперенос через непористые мембраны. Структурно морфологические особенности непористых мембран. Механизм массопереноса растворимость, диффузия и проницаемость компонентов. Влияние температуры, давления и состава разделяемой смеси

жидкостей и газов на проницаемость и концентрационной поляризации. селективность разделения. Диффузионное разделение газов. Мембраны и мембранные системы. Разделение на непористых мембранах: влияние основных технологических параметров на производительность и селективность разделения газовых смесей. Особенности разделения газов на пористых мембранах. Поверхностные явления в пористых средах. Способы организации процесса. Материальный баланс. Расчет мембранных модулей (аппаратов) и установок. Промышленное применение мембранного разделения газов. Техно-экономическая оценка процесса, сравнение с другими способами: криогенным, абсорбционным и адсорбционным.

Диализ. Принцип осуществления процесса, движущая сила. Простой и Доннановский диализ. Равновесный и динамический (непрерывный) И процессы. Требования к мембранам. Особенности массообмена, уравнения переноса. Влияние внешних факторов на проницаемость и степень разделения. Гемодиализ и его характеристики.

Электромембранные процессы. Типы электромембранных процессов. Области применения. Мембраны для электромембранных процессов. Основные характеристики мембран (функциональная группа, число переноса, толщина, набухаемость). Перенос через мембраны: осмос, элетроосмос, диффузия. Доннановское исключение. Концентрационная поляризация. Влияние основных технологических параметров концентрационную поляризацию (температура, гидродинамические режимы и т.д.). Электродиализное обессоливание и концентрирование. Модификации электродиализа (электродеионизация, электродиализ с биполярными мембранами, реверсивный электродиализ) особенности протекания данных процессов. Энергозатраты на процесс электродиализного разделения. Конструктивные особенности аппаратов для электромембранных процессов; схема организации потоков; геометрия канала. Методика расчета электродиализных установок. Промышленное применение электромембранных процессов примеры, технико-экономические показатели. Сравнительная характеристика электромембранных и других методов обессоливания.

Мембранные процессы с инверсией фаз. Первапорация (испарение через мембрану). Задачи разделения, типы и способы проведения, варианты аппаратного оформления. Характеристики эффективности разделения. Принципы выбора мембран и материалов для мембран и способы их модификации. Механизм и факторы, определяющие эффективность разделения: природа и состав разделяемой смеси: И температура; толщина мембраны; внешнедиффузионные сопротивления и остаточное давление под мембраной.

Методы исследования и расчета, примеры практического применения и их анализ, технико-экономические показатели.

5. Критерии оценки.

Билет состоит из 2 вопросов, каждый из вопросов оценивается в 40 баллов. Ответы на дополнительные вопросы оцениваются в 20 баллов.

Шкала оценивания:

Ответ на вопросы билета	Всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Систематическое и глубокое знание материала, усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Не систематическое знание материала, не до конца усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии	Не систематическое знание материала, практически не усвоил взаимосвязь основных понятий физической химии
Количество баллов	40	30	20	10

6. Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Приведите пример применения установок очистки на основе баромембранных процессов. Приведите технико-экономическую оценку предложенной системы по сравнению с традиционными методами очистки.

2. Влияние основных технологических параметров на эффективность разделения (селективность и удельная производительность мембран) в баромембранных процессах.

3. Приведите пример применения установок разделения на основе диффузионных мембранных процессов. Приведите технико-экономическую оценку предложенной системы по сравнению с традиционными методами.

4. Методика расчета установок разделения на основе баромембранных процессов.

5. Приведите пример применения установок разделения на основе мембранных процессов с фазовым переходом. Приведите технико-экономическую оценку предложенной системы по сравнению с традиционными методами.

6. Влияние основных технологических параметров на эффективность разделения (селективность и удельная производительность мембран) в диффузионных мембранных процессах.

7. Механизм разделения в баромембранных процессах.

8. Методика расчета установок разделения на основе диффузионных мембранных процессов.

9. Механизм разделения в электромембранных процессах.

10. Механизм разделения в диффузионных мембранных процессах.

11. Влияние основных технологических параметров на эффективность разделения (селективность и удельная производительность мембран) в мембранных процессах с фазовым переходом.

12. Механизм разделения в мембранных процессах с фазовым переходом.

13. Методика расчета установок разделения на основе мембранных процессов с фазовым переходом.

14. Укажите основные типы конструкций мембранных модулей, их достоинства и недостатки.

15. Методика расчета установок разделения на основе электромембранных процессов.

7. Список рекомендуемой литературы

1. Дытнерский Ю. И., Брыков В. П., Каграманов Г. Г. Мембранные процессы разделения жидких смесей -М., Химия, 1991. - 272 с.

2. Дытнерский Ю.И. Баромембранные процессы. Теория и расчет - М.: Химия, 1986 - 272 с.

3. Дибров Г. А. Первапорация: учебное пособие. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2018. - 52 с.

4. Трошкина И. Д., Майборода А. Б., Чекмарев А. М. Электродиализ в технологии редких и радиоактивных элементов - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2010. - 62 с.