

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«Владимирский государственный университет имени Александра  
Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

(ВлГУ)



«УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебно-методической работе

А. А. Панфилов

« 01 » \_\_\_\_\_ 04 2015 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

#### ПОЛУЧЕНИЕ МЕМБРАН

Направление подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Программа подготовки: «Рациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов»

Уровень высшего образования бакалавриат

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ ОЧНАЯ

Семестр	Трудоемкость зач. ед, час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экс./зачет)
7	6 (216ч)	36		36	108	Экзамен (36ч)
Итого	6 (216ч)	36		36	108	Экзамен (36ч)

Владимир, 2015

## **I. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения дисциплины «Получение мембран» являются знание классификации полимерных мембран, методов получения мембран, свойства и назначение мембран, и физико-химические основы получения.

## **II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Настоящий курс входит в состав дисциплин бакалавриата по направлению «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Изучение дисциплины базируется на следующих дисциплинах:

- органическая химия
- химия и физика полимеров
- процессы и аппараты химической технологии

Знание данной дисциплины необходимо для глубокого усвоения курсов специальных технологических дисциплин, а также применения знаний курсов дисциплин, в основе которых лежат такие явления как физические и химические явления в гомогенных и гетерогенных системах.

Знания, полученные в данном курсе необходимы для дальнейшего обучения по дисциплинам профессионального цикла и производственной практики.

## **III КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует следующие профессиональные компетенции:

- способность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-1);
- способность применять современные методы исследования технологических процессов и природных сред, использовать компьютерные средства в научно-исследовательской работе (ПК-14);
- способность планировать экспериментальные исследования, получать, обрабатывать и анализировать полученные результаты (ПК-15).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **Знать:**

- методы, способы и средства получения полимерных мембран с помощью, химических, физико-химических и физических процессов, производство на их устройств различного назначения (ПК-14);
- методы и приборы определения свойств мембран, фильтрующих устройств и установок (ПК-15);

**Уметь:**

- провести оценку свойств полученной мембраны с использованием химических и физико-химических методов анализа (ПК-14).
- выбирать возможные варианты проведения процесса получения мембраны (ПК-1).
- рассчитывать основные характеристики технологического процесса получения мембраны (ПК-15).

**Владеть:**

- методами получения полимерных мембран и методами анализа их структуры и порометрических свойств (ПК-14).

#### IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Объем и учебной работы с применением интерактивных методов (в часах/%)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточного аттестата (по семестрам)
				Лекции	Консультации	Семинары	Практ. занятия	Лаб. работы	Конт. Работы, коллоквиумы	СРС		
1	Раздел Введение. Процессы мембранного разделения.	1	7 1-5	6				-		18	6/100%	
2	Раздел 2 Мембраны и характеристики мембран технологии.	2	7 6-10	10				12		30	10/45,4%	Рейтинг – контроль №1
3	Раздел 3 Методы получения мембран. Технологические процессы получения мембран	3	7 11-14	10				12		30	6/45,4%	Рейтинг – контроль №2
4	Раздел 4 Баромембранные процессы	4	7 15-18	10				12		30	4/45,4%	Рейтинг – контроль №3
	Итого			36				36		108	36/50%	Экзамен (36ч.)

#### СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

Овладение студентами теоретическими и прикладными знаниями осуществляется как при изучении лекционного курса, так и при выполнении лабораторных и индивидуальных заданий по выбранным разделам курса. Контроль работы студентов над курсом «Получение мембран» осуществляется по результатам рейтинга, защит отчетов по лабораторным работам, итоговому экзамену. Каждый раздел является автономной частью дисциплины и содержит элементы

теоретического, практического обучения, самостоятельную работу по изучению дисциплины.

**Лекции 1, 2 в которых рассматриваются следующие вопросы раздела 1:**

**Раздел 1.** Введение. Процессы мембранного разделения..

**Лекции 3-5, в которых рассматриваются, следующие вопросы раздела 2:**

**Раздел 2.** Основные понятия мембранной технологии. Классификация мембран. Роль мембранных процессов в развитии науки, техники и технологии. Основные понятия мембранной технологии. Мембраны полупроницаемые. Классификация мембран по методам получения, геометрии, назначению, структурных особенностей, материала, изготовления. Характеристики мембран: Требования к мембранам. Оценка свойств и структуры мембран. Проницаемость (производительность), размер пор, распределение по размерам пор. Требования к мембранам. Атомносиловая, электронная, сканирующая микроскопия\*.

**Лекции 6-7 в которых рассматриваются, следующие вопросы раздела 3:**

**Раздел 3.** Методы получения мембран. Технологические процессы получения мембран. Материалы для полимерных мембран: нитроцеллюлоза, ацетатцеллюлозы, полиамиды, фторсодержащие полимеры, полиэтилентерефталат, полиакрилонитрил, полисульфоны, ароматические полиамиды\*. Технологические процессы получения мембран. Формование из раствора. Спекание. Технологические параметры процессов, концентрация, температура, давление. Трековые мембраны; заряженные мембраны; поликатионы, полианионы. Композитные мембраны: межфазная поликонденсация\*.

**Лекция 7-9, в которой рассматривается, следующие вопросы раздела 4:**

**Раздел 4.** Баромембранные процессы

Ультрафильтрация, микрофильтрация, нанофильтрация, обратный осмос

\* помечены разделы для самостоятельного изучения.

### **ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ**

В процессе выполнения лабораторных работ имеют цель приобретения практических навыков по получению мембран, оценки качества полученной продукции. Подготовку к лабораторной работе и ее оформление студенты выполняют внеаудиторно в соответствии со стандартом университета. Выполненные работы защищают, анализируя полученные результаты и теоретически обосновывая их. Итоги выполнения работ оформляются студентами в виде отчетов, защищаемых перед получением допуска к следующему занятию. При подготовке к лабораторным работам студенты используют конспекты лекций и методические указания, содержащие теоретический материал. Лабораторные работы выполняются на базе лаборатории кафедры химической технологии.

### **Тематика лабораторных работ:**

1. Определение производительности мембран
2. Определение точки пузырька мембран
3. Определение прочности мембран
4. Определение электрокинетического потенциала мембран
5. Определение ресурса мембран при фильтрации водопроводной воды

## **V. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

При освоении лабораторного практикума студентам предлагается работа в малых группах:

- учебная группа разбивается на несколько небольших групп — по 3-4 человека
- каждая группа получает своё задание
- процесс выполнения задания в группе осуществляется на основе обмена мнениями, оценками.

Разделы лекционного курса оформлены в виде слайдов, объяснение к которым дает лектор.

Для закрепления пройденного материала студентам предлагаются **деловые игры**. Цель ролевых игр - имитация студентами реально профессиональной деятельности с выполнением функций специалистов на различных рабочих местах.

Кроме того, используются **методы ИТ**- это применение компьютеров для доступа к Интернет ресурсам, использование обучающих программ с целью расширения информационного поля, повышения скорости обработки и передачи информации. Часть разделов лекционного курса оформлено в виде слайдов, объяснение к которым дает лектор – 35% аудиторных часов.

Некоторые разделы теоретического курса изучаются с использованием **опережающей самостоятельной работы**: студенты получают задание на изучение нового материала до его изложения на лекции.

Для оценки освоения теоретического материала студентами используются традиционные письменные и устные контрольные мероприятия (коллоквиумы). Таким образом, на интерактивные формы изучения данной дисциплины приходится 50% общего количества часов.

## **VI. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Текущий контроль знаний проводится 3 раза за семестр: 5 неделя, 10 неделя и 14 неделя семестра. Рейтинг контроль проводится в виде тестирования.

### **Тест №1 (для рейтинг-контроля №1)**

#### **1 Мембрана - это**

а) процесс и устройство, совмещающие микробный синтез и баромембранное разделение

б) разделяющая фаза, находящаяся между двумя другими фазами и действующая как активный или пассивный барьер в процессе переноса вещества между этими фазами под действием движущей силы.

в) аппарат для осуществления процесса электродеионизации

г) движение жидкости через капилляры или пористые материалы при наложении внешнего электрического поля

#### **2 Найдите соответствие:**

1 Баромембранные процессы

2 Электромембранные процессы

3 Диффузионные мембранные процессы

а) это процессы, которые осуществляются с помощью разности концентраций

б) это процессы, обусловленные градиентом электрического потенциала

в) это процессы, осуществляемые под действием перепада давления

**1-в, 2-б, 3-а**

#### **3. Симметричные мембраны - это**

а) пористые мембраны, изготовленные из силикатного стекла

б) мембраны, выполненные из полимеров природного или синтетического происхождения

в) мембраны, размер пор у которых с обеих сторон одинаковый

г) мембраны, размер пор со стороны пермеата больше

#### **4. Микрофльтрационные мембраны задерживают**

а) органические соединения с молекулярной массой выше 300

б) задерживают все бактерии и вирусы, большую часть растворенных солей и органических веществ

в) задерживают мелкие взвеси и коллоидные частицы

г) крупные органические молекулы (молекулярный вес больше 10 000), бактерии и вирусы, не задерживая при этом растворенные соли

**5. Обратноосмотические мембраны задерживают**

а) органические соединения с молекулярной массой выше 300

**б) задерживают все бактерии и вирусы, большую часть растворенных солей и органических веществ**

в) задерживают мелкие взвеси и коллоидные частицы

г) крупные органические молекулы (молекулярный вес больше 10 000), бактерии и вирусы, не задерживая при этом растворенные соли

**6. На основе какого материала, мембраны обладают гидрофобностью:**

а) на основе целлюлозы

б) на основе фторуглеродов

**в) на основе полисульфона**

г) на основе полиамида

**7. Требования к полимерам для мембран**

а) эластичность

б) цвет

в) плохая растворимость полимера при получении мембран из растворов

г) полимер должен обладать хорошими пленкообразующими свойствами

**8. Порометрическими характеристиками являются**

а) производительность

б) заряд мембраны

**в) точка пузырька**

г) бактерицидность

**9. Изоэлектрическая точка - это**

а) минимальное давление газа, необходимое для выдавливания жидкости из пор мембраны максимального диаметра

**б) кислотность среды, при которой поверхность мембраны не имеет электрического заряда**

в) электрический потенциал, возникающий на единице площади мембраны в результате диссоциации ионогенных групп материала мембраны

**10. Опишите фазоинверсионный метод мокрого формования мембран**

**11. Каким методом получают мембраны с одинаковым размером пор**

а) мокрое формование

б) спекание порошков



- в) травление треков
- г) сухое формование

### Тест № 2 (для рейтинг-контроля №2)

#### 1 Пермеат - это

- а) поток вещества, проходящий через полупроницаемую мембрану в процессе мембранного разделения
- б) поток веществ, не прошедших через мембрану в процессе мембранного разделения
- в) поток жидкости, входящий в мембрану
- г) количественная характеристика мембраны по её разделительным свойствам или пористой структуре

#### 2 Селективность – это

- а) отношение концентрации выделенного вещества в пермеате к концентрации примесей в исходном растворе в процентах
- б) движение жидкости через капилляры или пористые материалы при наложении внешнего электрического поля
- в) срок службы мембраны до её замены
- г) количественная характеристика мембраны по её разделительным свойствам или пористой структуре

#### 3 Ассиметричные мембраны - это

- а) пористые мембраны, изготовленные из силикатного стекла
- б) мембраны, выполненные из полимеров природного или синтетического происхождения
- в) мембраны, размер пор со стороны пермеата больше
- г) мембраны, размер пор у которых с обеих сторон одинаковый

#### 4 Ультрафильтрационные мембраны задерживают

- а) органические соединения с молекулярной массой выше 300
- б) задерживают все бактерии и вирусы, большую часть растворенных солей и органических веществ
- в) задерживают мелкие взвеси и коллоидные частицы
- г) крупные органические молекулы (молекулярный вес больше 10 000), бактерии и вирусы, не задерживая при этом растворенные соли

#### 5 Метод получения графитовых мембран

- а) получение из растворов полимеров
- б) обугливание полимерных мембран
- в) метод сухого формования
- г) метод мокрого формования

**6 Существенный недостаток мембран на основе политетрафторэтилена**

- а) гидрофобность
- б) чувствительность к биологическому разложению
- в) разлагается с образованием токсичных продуктов, при нагревании свыше 200°C
- г) узкий рабочий диапазон температур

**7 Методом определения характеристик мембран не является**

- а) Сканирующая электронная микроскопия
- б) Ртутная (интрузионная) порометрия
- в) Титриметрический анализ
- г) атомно-силовая микроскопия

**8 Соотнесите метод и его принцип**

- 1 гидродинамический метод
  - 2 термопорометрия
  - 3 пермепорометрия
  - 4 метод точки пузырька
- а) основан на калориметрических измерениях фавового перехода твердое тело — жидкость в пористом материале
  - б) основан на эффекте капиллярности
  - в) основан на расчете размеров пор путем совместного решения уравнений Хагена-Пуазейля и Лапласа по кривой давление-расход
  - г) основан на блокировании пор газом, способным к конденсации с одновременным измерением потока газа через мембрану
- 1-в 2-а 3-г 4-б**

**9 Опишите получение трековых мембран**

**10 Каким методом формования мембран получают мембраны с ярко выраженной анизотропией?**

- а) мокрое формование
- б) сухо-мокрое формование
- в) сухое формование
- г) спекание порошков

**11 На какой стадии формования мембран мокрым способом происходит образование пористой структуры**

- а) отмывка
- б) осаждение

- в) отжиг
- г) сушка

### Тест № 3 (для рейтинг-контроля №3)

#### 1 Ретентат - это

- а) поток вещества, проходящий через полупроницаемую мембрану в процессе мембранного разделения
- б) отношение содержания компонента в исходной смеси к его содержанию в пермеате
- в) **поток веществ, не прошедших через мембрану в процессе мембранного разделения**
- г) элемент мембранной установки, обеспечивающий возврат пермеата или концентрата на любую стадию технологического процесса

#### 2 Удельная производительность - это

- а) отношение содержания компонента в концентрате к его содержанию в исходной смеси
- б) доведение технических параметров изготовленной мембраны до заданного уровня
- в) **количество пермеата прошедшего за единицу времени через единицу площади мембраны**
- г) зависимость задерживающей способности мембраны от молекулярной массы задерживаемых компонентов или размера частиц задерживаемых компонентов

#### 3 Соотнесите баромембранный процесс с размером пор мембраны

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1 Ультрафилтрация | а) 0,0001-0,001мкм |
| 2 Обратный осмос  | б) 0,01-0,1 мкм    |
| 3 Микрофилтрация  | в) 0,001-0,01 мкм  |
| 4 Нанофилтрация   | г) 0,1 -1,0мкм     |

**1-б ,2-а 3-г 4-в**

#### 4 Нанофилтрационные мембраны задерживают

- а) **органические соединения с молекулярной массой выше 300**
- б) задерживают все бактерии и вирусы, большую часть растворенных солей и органических веществ
- в) задерживают мелкие взвеси и коллоидные частицы
- г) крупные органические молекулы (молекулярный вес больше 10 000), бактерии и вирусы, не задерживая при этом растворенные соли

#### 5 По геометрической форме мембраны подразделяют на:

- а) **половолоконные**

- б) непористые
- в) плоские**
- г) пористые

**6 Диапазон рН для мембран на основе полиамида:**

- а) 4-6,5
- б) 6,6-10
- в) 2-13**
- г) 2-4,5

**7 Точка пузырька - это**

а) метод очищения крови посредством пропускания её через ультрафильтрационные мембраны с одновременным замещением удаляемого пермеата физиологическим раствором

**б) минимальное давление газа, необходимое для выдавливания жидкости из пор мембраны максимального диаметра**

в) необратимое увеличение плотности мембранной структуры под действием рабочего давления

г) движение жидкости через капилляры или пористые материалы при наложении внешнего электрического поля

**8 Метод установления степени анизотропности мембраны**

- а) термопорометрия
- б) фитильное испытание**
- в) метод точки пузырька
- г) титриметрический анализ

**9 Соотнесите**

- 1 Общая пористость
- 2 Эффективная пористость
- 3 Плотность пор
- 4 Пористость

а) степень открытости мембраны, которая характеризуется количественно величиной объема пустот в ней

б) часть пор, которая участвует в процессе переноса жидкости или газа через мембрану

в) общий объем пор в материале

г) число пор на единице площади мембранной поверхности

**1- в 2-б 3- г 4-а**

**10 Опишите фазоинверсионный метод сухого формования мембран**

**11 Каким методом получают мембраны, если полимер малорастворим в большинстве растворителей**

- а) сухое формование
- б) травление треков
- в) спекание порошков**
- г) из расплавов полимеров

### **ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

1. Основные понятия (Мембрана, селективность, производительность, фильтрат, концентрат).
2. Классификация мембран.
3. Материалы для получения мембран. Эфиры целлюлозы
4. Материалы для получения мембран. Алифатические полиамиды
5. Материалы для получения мембран. Ароматические полиамиды
6. Материалы для получения мембран. Фторсодержащие полимеры
7. Материалы для получения мембран. Полиакрилонитрил
8. Материалы для получения мембран. Полисульфон
9. Керамические мембраны
10. Требования к полимерам для мембран, требования к мембранам
11. Оценка свойств полимерных мембран.
12. Фазоинверсионный метод сухого формования
13. Фазоинверсионный метод мокрого формования
14. Получение мембран из расплавов полимеров Сухо-мокрое формование.
15. Получение композитных мембран: межфазная поликонденсация
16. Спекание порошков.
17. Получение трековых мембран
18. Баромембранные процессы. Ультрафильтрация
19. Баромембранные процессы. Микрофильтрация
20. Баромембранные процессы. Нанофильтрация
21. Баромембранные процессы. Обратный осмос

### **САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Самостоятельная работа студентов проводится в соответствии с тематическим планом курса. Студентам выдаются вопросы по каждой теме с указанием источников информации. Контроль знаний осуществляется в виде устного опроса при защите лабораторных работ и на семинарах, тестирования и написания реферата.

### **ВОПРОСЫ ДЛЯ СРС**

1. «Заряженные» УФ мембраны

2. «Заряженные» МФ мембраны
3. Мембраны на основе полиэлектролитных комплексов
4. Электродиализные мембраны
5. Протонопроводящие мембраны
6. Керамические мембраны. Металлические мембраны
7. Стационарная (тупиковая) фильтрация
8. Кросс-флоу (тангенциальные) фильтрация
9. Терминология в мембранных технологиях
10. Мембраны в медицине и фармацевтике
11. Модификация мембраны
12. Мембраны для концентрирования и выделения микробиологических загрязнений
13. Получение композитных обратноосмотических мембран методом межфазной поликонденсацией.
14. Получение стерильной воды (для инъекций).
15. Получение особо чистой воды для котлов высокого давления или электронной промышленности.
16. Технологический процесс получения ультрафильтрационных мембран на подложке.
17. Технология получения микрофильтрационных полиамидных мембран.
18. Холодная стерилизация пива.
19. Удаление пирогенов из воды (получение апиrogenной воды).
20. Получение высококачественной питьевой воды.

Вопросы, которые вынесены на самостоятельное изучение, (каждый раздел) проверяются тестированием:

### **Раздел 1. Введение. Процессы мембранного разделения.**

1. Какая задача не является задачей разделения газовых и жидких смесей?
  - а) Концентрирование.
  - б) Очистка.
  - в) Концентрационная поляризация.**
  - г) Фракционирование.
  
2. Поток, поступающий в мембранный модуль, называется:
  - а) сырье;**
  - б) пенетрант;
  - в) ретентат;
  - г) пермеат.
  
3. Поток, прошедший через мембрану, называется:
  - а) ретентат;

- б) сырьё;
- в) пенетрант;
- г) пермеат.**

4. Поток, не прошедший через мембрану, называется:

- а) пермеат;
- б) ретентат;**
- в) сырьё;
- г) пенетрант.

5. Какая из пар фаз не разделяется мембранами?

- а) Твёрдая–твёрдая.
- б) Жидкая–жидкая.
- в) Жидкая–газ.
- г) Газ–газ.

6. Принцип разделения пористыми мембранами:

- а) ситовый механизм;
- б) растворение–диффузия;
- в) сорбция–десорбция;
- г) диффузия.

7. Принцип разделения непористыми мембранами:

- а) сорбция–десорбция;
- б) кнудсеновский поток;
- в) растворение–диффузия;
- г) ситовый механизм.

## **Раздел 2. Мембраны и характеристики мембран**

1. Важнейшим классом мембранных материалов является:

- а) керамика;
- б) стекло;
- в) металлы;
- г) полимеры.

2. Полисилоксаны – силиконовые каучуки содержат в своей цепи атомы:

- а) углерода;
- б) серы;
- в) кремния;
- г) азота.

3. Полимеры – полифосфазены содержат в своей основной цепи атомы:

- а) углерода;
- б) фосфора;
- в) кремния;
- г) серы.

4. Химическая и термическая стабильность аморфных стеклообразных полимеров определяется:
- а) температурой стеклования;
  - б) температурой плавления;
  - в) температурой кипения;
  - г) температурой замерзания.
5. Химическая и термическая стабильность кристаллических полимеров определяется:
- а) температурой замерзания;
  - б) температурой кипения;
  - в) температурой плавления;
  - г) температурой стеклования.
6. Эластомеры – это класс полимеров, у которых температура стеклования:
- а)  $T_{ст} = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
  - б)  $T_{ст} > 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
  - в)  $T_{ст} < 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
  - г)  $T_{ст} = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
7. Эластомер при переходе через температуру стеклования:
- а) переходит в аморфное стеклообразное состояние;
  - б) переходит в высокоэластическое состояние;
  - в) остаётся неизменным до температуры плавления;
  - г) переходит в газообразное состояние.
8. Синтетические мембраны не могут быть:
- а) твердыми полимерными;
  - б) жидкими полимерными;
  - в) газообразными полимерными;
  - г) твердыми неорганическими.
9. Полиэлектролитами называются полимеры:
- а) имеющие пористую структуру;
  - б) имеющие ионогенные группы;
  - в) имеющие в основной цепи вместо углерода другие элементы;
  - г) имеющие частично-кристаллическую структуру.
10. Что происходит с кристаллическими полимерами при переходе через температуру стеклования?
- а) Переходит в высокоэластическое состояние.
  - б) Переходит в аморфное стеклообразное состояние.
  - в) Остаётся неизменным до температуры плавления.
  - г) Становится газообразным



11. Какое утверждение не верно по отношению к полимерным мембранам:
- а) высокая химическая стойкость;
  - б) высокая механическая прочность;
  - в) устойчивость в широком диапазоне рН;
  - г) устойчивость в широком диапазоне температур.
12. Проницаемость более высокая:
- а) у аморфных полимеров;
  - б) высокоэластических полимеров;
  - в) кристаллических полимеров;
  - г) стеклообразных полимеров.
13. Селективность более высокая:
- а) у стеклообразных аморфных полимеров;
  - б) частично-кристаллических полимеров;
  - в) кристаллических полимеров;
  - г) высокоэластических полимеров.
14. Введение каких атомов (групп атомов) в основную цепь полимера делает ее химически и термически более устойчивой:
- а) атома кислорода;
  - б) атома водорода;
  - в)  $-CH_3$ ;
  - г) ароматических и гетероциклических групп.
15. Неорганическими полимерами являются:
- а) полиимиды;
  - б) полифосфазены;
  - в) полиэфиры;
  - г) полиамиды.
16. Какие материалы не являются мембранными:
- а) металлические;
  - б) стеклянные;
  - в) деревянные;
  - г) керамические.
17. Мембраны не могут быть:
- а) пористыми;
  - б) газообразными;
  - в) непористыми;
  - г) жидкими.
18. Неорганические мембраны стабильны до температуры:
- а) 200 °С;
  - б) 400 °С;
  - в) 800 °С;

г) 600 °С.

19. Полимерные мембраны стабильны до температуры:

- а) 500 °С;
- б) 300 °С;
- в) 650 °С;
- г) 800 °С.

20. Поток, прошедший через пористые мембраны, полученные методом травления ядерных треков, описывается уравнением:

- а) Кирхгофа;
- б) Козени–Кармана;
- в) Менделеева–Клапейрона;
- г) Хагена–Пуазейля.

21. Поток, прошедший через пористые мембраны, полученные методом спекания, описывается уравнением:

- а) Хагена–Пуазейля;
- б) Менделеева–Клапейрона;
- в) Козени–Кармана;
- г) Гиббса.

22. Какой из методов определения характеристик микрофльтрационных мембран является основным?

- а) Точка пузырька.
- б) Ртутная порометрия.
- в) Проницаемость газов.
- г) Сканирующая электронная микроскопия.

23. Какой из методов определения ультрафльтрационных мембран является основным?

- а) Сорбция–десорбция газов.
- б) Просвечивающая электронная микроскопия.
- в) Термопорометрия.
- г) Пермопорометрия.

24. Эффективность работы мембраны определяется двумя факторами: ее селективностью и

- а) потоком сырья;
- б) толщиной мембраны;
- в) потоком пермеата (производительностью).

25. Что не является важнейшей характеристикой пористой мембраны?

- а) Размер пор.
- б) Распределение пор по размерам.
- в) Площадь мембраны.
- г) Производительность мембраны

26. Осмотическое давление определяется по закону:

- а) Кирхгофа;
- б) Генри;
- в) Клаузиуса–Клапейрона;
- г) Вант-Гоффа.

27. Какая размерность не используется для производительности мембран

- а)  $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{сек}$
- б)  $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сек}$
- в)  $\text{м}^2/\text{м}^3 \cdot \text{сек}$
- г)  $\text{моль}/\text{м}^2$

### **Раздел 3: Методы получения мембран. Технологические процессы получения мембран**

1. Какой из методов получения синтетических мембран позволяет получать мембраны, имеющие структуру с параллельными цилиндрическими порами с узким распределением пор по размерам?

- а) Спекание.
- б) Травление ядерных треков.
- в) Выщелачивание из пленки.
- г) Инверсия фаз.

2. Какой метод производства мембран в настоящее время является основным?

- а) Спекание.
- б) Вытяжка.
- в) Выщелачивание из пленки.
- г) Инверсия фаз.

### **Раздел 4: Баромембранные процессы**

1. Движущей силой баромембранных процессов является:

- а) градиент концентрации;
- б) градиент электрического потенциала;
- в) градиент давления;
- г) градиент температуры.

2. Какой из мембранных процессов не является баромембранным:

- а) ультрафильтрация;
- б) микрофильтрация;
- в) обратный осмос;
- г) мембранная дистилляция.

3. Баромембранным процессом является:

- а) первапорация;
- б) пьезодиализ;
- в) диализ;
- г) газоразделение.

4. Движущей силой процесса микрофильтрации является:

- а) градиент давления;
- б) градиент концентрации;
- в) градиент электрического потенциала;
- г) градиент температуры.

5. Движущей силой процесса ультрафильтрации является:

- а) градиент концентрации;
- б) градиент температуры;
- в) градиент давления;
- г) градиент электрического потенциала.

6. Уравнение потока при микрофильтрации:

- а)  $J_v = l K_s D_s \Delta P$ ;
- б)  $J_v = K_{\text{прониц}} \Delta P$ ;
- в)  $J_v = (D_k \Delta P) / l$ ;
- г)  $J_v = D_s l \Delta P$ .

7. Уравнение потока при ультрафильтрации:

- а)  $J_v = A K_s D_s \Delta P$ ;
- б)  $J_v = K_s S D_k \Delta P$ ;
- в)  $J_v = K_{\text{прониц}} \Delta P$ ;
- г)  $J_v = (K_s S D_k) / \Delta P$ .

8. Движущей силой процесса обратного осмоса является:

- а) градиент концентрации;
- б) градиент электрического потенциала;
- в) градиент температуры;
- г) градиент давления.

9. Давление в обратном осмосе равно:

- а)  $\Delta P < 2$  бар;
- б)  $\Delta P = 100$  бар;
- в)  $\Delta P = 10$  бар;
- г)  $\Delta P < 0,5$  бар.

10. Давление в микрофильтрации равно:

- а)  $\Delta P < 2$  бар;
- б)  $\Delta P > 2$  бар;
- в)  $\Delta P > 10$  бар;
- г)  $\Delta P = 20$  бар.

11. Давление в ультрафильтрации равно:

- а)  $\Delta P = 1$  бар;
- б)  $\Delta P < 2$  бар;
- в)  $\Delta P = 10$  бар;
- г)  $\Delta P = 20$  бар.

12. Процесс обратного осмоса будет протекать, если приложенное давление будет:

- а)  $\Delta P < \Delta \Pi$ ;
- б)  $\Delta P > \Delta \Pi$ ;
- в)  $\Delta P = \Delta \Pi$ ;
- г)  $\Delta P \ll \Delta \Pi$ .

13. Основное применение обратного осмоса:

- а) концентрирование солей;
- б) концентрирование молока;
- в) обессоливание морской воды;
- г) концентрирование сточных вод.

14. Коэффициент задержания растворенного вещества в обратном осмосе определяется уравнением:

- а)  $B = J \Delta P / SL$ ;
- б)  $B = \Delta P \Delta C_s / L$ ;
- в)  $B = D_s K_s / L$ ;
- г)  $B = D_s K_{\text{прониц}} / S$ .

15. Движущей силой мембранного процесса газоразделения является:

- а) градиент давления;
- б) градиент температуры;
- в) градиент концентрации;
- г) градиент электрического потенциала.

16. Принцип разделения газов пористыми мембранами:

- а) кнудсеновский поток;
- б) ситовый механизм;
- в) «растворение–диффузия»;
- г) «сорбция–десорбция».

17. Проницаемость различных полимеров по отношению к молекулам определенного газа отличаются друг от друга:

- а) на 2 порядка;
- б) 6 порядков;
- в) 10 порядков;
- г) 4 порядка.

18. Проницаемость одного и того же полимера по отношению к молекулам различных газов отличаются:

- а) на 5 порядков;
- б) 10 порядков;
- в) 4 порядка;
- г) 6 порядков.

19. Газоразделение не применяется при разделении:

- а) водорода и гелия;
- б) природного газа и  $\text{CO}$ ;

- в) природного газа и водорода;
- г) дымовых газов и SO.

20. В каком виде модулей не используются трубчатые мембраны?

- а) Капиллярный.
- б) Половолоконный.
- в) Трубчатый.
- г) Рулонный.

21. В каком из модулей используются плоские мембраны?

- а) Капиллярный.
- б) Трубчатый.
- в) Спиральный.
- г) Половолоконный.

**Темы рефератов для СРС:**

1. Устанoвка для получения мембран на основе полиамида методом мокрого формования

2. Устанoвка для получения мембран на основе полисульфона методом сухого формования

3. Устанoвка для получения мембран на основе полисульфона методом мокрого формования

4. Устанoвка для получения мембран на основе полиэфирсульфона методом мокрого формования

5. Устанoвка для получения мембран на основе поливинилиден фторида методом формования

6. Устанoвка для получения мембран мембран на основе ацетатцеллюлозы методом сухого формования

## VI. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Физико-химические основы синтеза полимерных сорбентов [Электронный ресурс] / Ю.А. Лейкин. – 2-е изд. (эл.) – М.: БИНОМ, - (Учебник для высшей школы), 2014 — 166 с.
2. Процессы массопереноса с участием твердой фазы [Электронный ресурс] / А.И. Разинов, П.П. Суханов - Казань: Издательство КНИТУ, 2012.
3. Водоподготовка [Электронный ресурс]: Учеб. для вузов / Фрог Б.Н., Первов А.Г. - М. : Издательство АСВ, 2014г.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Беляева Н.П., Браяловский Г.П. Промышленные применение мембранных процессов: учеб. пособие / Под общ. ред. Ю.Т. Панова, А.А. Поворова, Н.С. Попова. - Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А. В., 2011. - 82с. (Библиотека ВлГУ).
2. Мембраны и мембранные процессы: учеб. пособие в 2 частях / Под общ. ред. Ю.Т. Панова, Н.С. Попова – Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2011 – 148 с.
3. Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой воды и технической воды с применением мембран: обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация. [Электронный ресурс]. Монография / Первов А.Г. – Издательство АСВ, 232с., 2009.
4. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчеты [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов / Копылов А.С., Очков В.Ф., Чудова Ю.В. - М. : Издательский дом МЭИ, 2009.

## VIII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

При изучении основных разделов лекционного курса дисциплины используются мультимедийные технологии в аудиториях, оборудованных средствами их проведения, а также презентации самостоятельной работы студентов по выполненным рефератам по предложенной тематике. Используется комплект слайдов к лекционному курсу. Лабораторные работы проводятся в специализированной лаборатории кафедры «Химические технологии». В преподавании используются имеющиеся в составе УМК материалы. При обработке экспериментальных данных применяют навыки компьютерной обработки.

#### **Теоретический курс:**

1. Мультимедийные средства.
2. Слайды-лекции.

#### **Лабораторный практикум:**

1. лабораторный практикум проводится в лаборатории 125

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 18.03.02. «Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и профилю подготовки «Рациональное использование сырьевых и энергетических ресурсов»

Рабочую программу составила к.х.н., доцент Федотов Ю.А.  
Рецензент к.х.н ОАО «Владисарт», ген. директор Каталевский Е.Е.

*Федотов Ю.А.*  
*Каталевский Е.Е.*

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Химические технологии» от 1.04.15 года, протокол № 8

Заведующий кафедрой



Ю.Т. Панов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления

протокол № 9 от 1.04.15 года.

Председатель комиссии



Ю.Т. Панов

*Программа переведена  
на 2018/19 уч. год  
пр № от 3.09.18*





**Рецензия**  
**на рабочую программу дисциплины «Получение мембран»**  
**для студентов направления 18.03.02 «Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической**  
**технологии, нефтехимии и биотехнологии» очной (заочной) формы обучения**  
**доцента Федотова Юрия Александровича**

На рецензирование представлена рабочая программа дисциплины «Получение мембран» доцента Федотова Юрия Александровича для студентов направления 18.03.02 «Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» очной (заочной) формы обучения.

В рабочей программе четко сформулирована цель освоения студентами данной дисциплины и задачи, выполнение которых позволяет достигнуть обозначенную цель.

В соответствии с ФГОС ВО в программе перечислены компетенции, в формировании которых участвует данная дисциплина. Определены и четко согласованы с соответствующими компетенциями результаты образования.

Объем дисциплины (в зачетных единицах (6) и часах (216ч.)) соответствует учебному плану направления. Тематический план дисциплины представлен с разбиением по неделям (семестрам 7) с указанием количества всех форм занятий, в том числе в интерактивной форме. Перечислены контрольные мероприятия текущей и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины. В части содержания дисциплины тематический план представлен достаточно подробно, что позволяет составить представление о материале лекционного курса, тематике лабораторных (практических) занятий и сделать вывод о том, что содержание дисциплины полностью соответствует современным тенденциям развития науки и техники в области химических технологий


В рабочей программе содержатся оценочные средства в виде вопросов к экзамену (зачету), заданий для проведения рейтинг-контроля, тематики курсовых работ (проектов), которые позволяют преподавателю объективно оценить результаты освоения дисциплины в процессе и в конце обучения. Даны методические указания и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента как неотъемлемой составной части образовательного процесса.

Описаны технологии обучения, применяемые автором для активизации образовательного процесса для всех форм занятий: лекций, лабораторных (практических) занятий, самостоятельной работы.

В рабочей программе перечислена учебно-методическая литература, рекомендованная автором для изучения дисциплины: основная, которая формирует основные результаты образования и заявленные компетенции, и дополнительная (в том числе интернет-ресурсы), необходимая для более глубокого освоения основных положений дисциплины и развития творческих и интеллектуальных способностей студентов.

Заявленное в рабочей программе материально-техническое обеспечение позволяет реализовать заявленные задачи дисциплины и достигнуть поставленную цель.

Таким образом, представленная рабочая программа дисциплины «Получение мембран» доцента Федотова Юрия Александровича составлена в полном соответствии с требованиями ФГОС ВО и может быть использована при подготовке бакалавров (магистров) направления 18.03.02 «Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Рецензент к.х.н., ОАО «Владисарт», генеральный директор  Е.В. Каталевский



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2016/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 5.09.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 2016/17 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 1.09.16 года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_