

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Каталитические процессы в нефтехимии Б1.В.ДВ.4

Направление подготовки: 04.04.01 - Химия

Профиль подготовки: Нефтехимия и катализ

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Ламберов А.А.

**Рецензент(ы):**

Соломонов Б.Н.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Соломонов Б. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 7136717

Казань

2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) заместитель директора по связям с промышленностью и коммерциализации Ламберов А.А. директорат химического института им. А.М. Бутлерова Химический институт им. А.М. Бутлерова, Alexander.Lamberov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

- изучение теоретических основ важнейших каталитических процессов нефтехимического синтеза;
- демонстрация важных направлений практического применения каталитических процессов в нефтехимической промышленности;
- практическое подкрепление знаний основных закономерностей гетерогенного катализа;
- подготовка обучающихся к самостоятельной работе в области разработки новых каталитических процессов и эксплуатации существующих каталитических технологий.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 04.04.01 Химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплина относится к циклу "Б1" профессиональных дисциплин, его вариативной части "Б1.В.ДВ4" и опирается на основные разделы общенаучных дисциплин: неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, химическая технология, современные проблемы катализа, химическая термодинамика, физико-химические основы катализа, кинетика химических реакций; специальной дисциплины: физико-химические методы исследования катализаторов.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью владеть культурой мышления, умение аргументировано и ясно строить устную и письменную речь
ОК-2 (общекультурные компетенции)	способностью уважительно и бережно относиться к историческому наследию и культурным традициям, толерантность в восприятии социальных и культурных различий
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способностью применять в профессиональной деятельности современные языки программирования и языки баз данных, операционные системы, электронные библиотеки и пакеты программ, сетевые технологии
ПК-3 (профессиональные компетенции)	способностью понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- значение каталитических процессов в создании промышленных технологий;
- теоретические основы важнейших каталитических процессов нефтехимической промышленности;

- основные принципы формирования промышленных процессов;
- сущность и закономерности гетерогенного катализа;
- новые перспективные направления развития каталитических процессов в промышленности.

2. должен уметь:

- ориентироваться в вопросах создания технологических схем промышленных каталитических процессов;
- разбираться в основных видах каталитических систем, имеющих промышленно-важное значение.

3. должен владеть:

навыками:

- анализа и организации работы каталитических процессов, разработки новых промышленных процессов;
- экспериментального исследования физико-химических свойств различных каталитических систем, математической обработки результатов измерений и сопоставления их с теоретическими значениями.

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

- рационально проводить поиск и использование научно-технической информации, связанной с оптимизацией каталитических технологических процессов и созданием новых нефтехимических технологий.

**4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

**4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю**

**Тематический план дисциплины/модуля**

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Особенности нефтехимического комплекса мира и РТ. Основные каталитические процессы в нефтехимии.	3	1	1	2	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Каталитические процессы изомеризации углеводородов.	3	2-3	2	4	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Каталитические процессы дегидратации спиртов	3	4-5	1	2	0	Устный опрос
4.	Тема 4. Каталитические процессы селективного гидрирования углеводородов.	3	6-7	2	4	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Каталитические процессы риформинга углеводородов	3	8-9	1	4	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Каталитические процессы алкилирования углеводородов.	3	10-11	2	4	0	Контрольная работа
7.	Тема 7. Каталитические процессы получения синтез-газа и нефтехимической продукции на его основе.	3	12	1	2	0	Устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	Зачет
	Итого			10	22	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Особенности нефтехимического комплекса мира и РТ. Основные каталитические процессы в нефтехимии.**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Важнейшие достижения мировых компаний и предприятий нефтехимического комплекса РТ в области реализации новых нефтехимических технологий. Основные тенденции развития нефтехимического комплекса мира и РТ. Анализ современного развития химической и нефтехимической отрасли в мире, в России и Республике Татарстан. Теоретические основы химической и нефтехимической промышленности, оценка современного состояния химической и нефтехимической промышленности, основные направления развития химической и нефтехимической промышленности РТ, анализ зарубежного опыта функционирования химической и нефтехимической отрасли. Место и роль химической и нефтехимической промышленности в мировой экономике, экономике России и РТ, факторы, влияющие на перспективы развития внешних и внутренних рынков сбыта химической и нефтехимической продукции. Структура химической и нефтехимической отрасли в России. Схема, отображающая разделение на химическую и нефтехимическую отрасли, включающие подотрасли и сектора, а также краткое описание направлений деятельности, которыми занимаются основные подотрасли химической и нефтехимической промышленности. Оценка современного состояния химической и нефтехимической промышленности России, основные показатели развития химической и нефтехимической отрасли в России, а также основные факторы, сдерживающие стабильное функционирование нефтехимического комплекса. Анализ зарубежного опыта функционирования химической и нефтехимической отрасли на примере США, Западной Европы и Японии. Возможные пути совершенствования развития химической и нефтехимической отрасли республики Татарстан.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Основные направления развития химической и нефтехимической промышленности РТ. Структура нефтехимической отрасли в РТ. Краткое описание направлений деятельности, которыми занимаются основные подотрасли нефтехимической промышленности РТ. Краткое описание основных направлений деятельности, которыми занимается одно из крупнейших предприятий нефтехимической промышленности России и РТ ? ОАО ?Нижнекамскнефтехим?, перспективы его развития. Основные каталитические процессы нефтехимического комплекса РТ на примере ОАО ?Нижнекамскнефтехим? как существующие, так и планирующиеся к промышленному внедрению с учетом развития предприятия

**Тема 2. Каталитические процессы изомеризации углеводородов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Каталитический процесс скелетной изомеризации н-бутиленов как один из промышленных способов получения изобутилена ? мономера в процессе получения синтетических каучуков. Теоретические основы процесса: химизм, механизм, термодинамика. Роль процесса скелетной изомеризации н-бутиленов в изобутилен в промышленных нефтехимических процессах, основные потребители изобутилена и углеводородных фракций с высоким содержанием изобутилена. Термодинамика процесса скелетной изомеризация н-бутилена: тепловой эффект, изменение энтальпии, энтропии и энергии Гиббса. Термодинамические условия, благоприятные для образования изобутилена, рассмотрено влияние температуры на скорость процесса изомеризации и выход изобутилена. Влияние парциального давления н-бутиленов в реакционной смеси (разбавления исходного бутиленового сырья) на селективность процесса скелетной изомеризации н-бутиленов в изобутилен. Условия, предпочтительные для осуществления промышленного процесса скелетной изомеризации н-бутиленов в изобутилен с высокими показателями выхода целевого продукта и селективности. Возможные схемы и механизмы реакции скелетной изомеризации н-бутенов: мономолекулярный механизм изомеризации, бимолекулярный механизм изомеризации, псевдомономолекулярный механизм реакции, описаны основные стадии представленных схем. Побочные реакции в процессе скелетной изомеризации н-бутенов в изобутилен.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Условия промышленной технологии скелетной изомеризации н-бутиленов, реализованной ОАО «Нижекамскнефтехим». Принципиальная технологическая схема процесса скелетной изомеризации н-бутиленов в изобутилен. Основные узлы промышленной установки изомеризации н-бутиленов в изобутилен: узел испарения сырья, узел нагрева сырья, изомеризации и отмывки, охлаждения контактного газа, узел дополнительной отмывки, охлаждения контактного газа. Аппаратурное оформление каждого из узлов установки изомеризации. Подробное описание промышленных условий эксплуатации каждого из узлов установки изомеризации. Основные требования, предъявляемые к промышленному катализатору изомеризации: активность, селективность, устойчивость к отравлениями каталитическими ядами, термическая стабильность, механическая прочность. Основные типы катализаторов, используемые в промышленном процессе скелетной изомеризации олефинов. Системы на основе оксида алюминия, модифицированного галогенами, алюмосиликаты, цеолиты, чистый оксид алюминия, преимущества и недостатки. Условия эксплуатации и регенерации катализаторов. Причины дезактивации катализаторов, используемых в промышленном процессе скелетной изомеризации олефинов. Алюмооксидные катализаторы скелетной изомеризации. Основные характеристики катализатора, обеспечивающие эффективность его использования в процессе скелетной изомеризации: химический и фазовый составы, пористая структура, кислотно-основные свойства, физико-механические свойства (прочность), высокая термическая стабильность. Влияние фазового состава оксида алюминия, его кислотно-основных свойств, пористой структуры и химического состава на активность и селективность оксида алюминия в процессе скелетной изомеризации н-бутиленов. Влияние пористой структуры оксида алюминия на его механическую прочность. Практические способы регулирования фазового состава оксида алюминия, его кислотно-основных свойств, пористой структуры и химического состава.

### **Тема 3. Каталитические процессы дегидратации спиртов**

#### ***лекционное занятие (1 часа(ов)):***

Каталитический процесс дегидратации трет-бутилового спирта как один из промышленных способов получения изобутилена ? мономера в процессе получения синтетических каучуков, метил-, этилтретбутиловых эфиров. Теоретические основы процесса: химизм, механизм, термодинамика. Роль процесса дегидратации спиртов, в частности, трет-бутилового спирта в изобутилен, в промышленных нефтехимических процессах, основные потребители изобутилена и углеводородных фракций с высоким содержанием изобутилена. Основной химизм процесса: реакция гидратации изобутилена в трет-бутиловый спирт, реакция дегидратации трет-бутилового спирта в изобутилен, условия их осуществления, механизм. Термодинамика реакций гидратации и дегидратации: тепловой эффект, изменение энтальпии, энтропии и энергии Гиббса. Термодинамические условия, благоприятные для образования изобутилена, влияние температуры на скорость реакций и выход изобутилена. Влияние строения молекулы олефина и длины его углеродной цепи на скорость реакции гидратации. Условия, предпочтительные для осуществления промышленного процессов гидратации и дегидратации с высокими показателями выхода целевого продукта и селективности. Побочные реакции в процессе гидратации изобутилена в трет-бутиловый спирт, а также дегидратации трет-бутилового спирта в изобутилен.

#### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Основные стадии процесса: стадия извлечения изобутилена из изобутиленсодержащих фракций путем гидратации изобутилена в трет-бутиловый спирт, стадия дегидратации трет-бутилового спирта в изобутилен, условия их осуществления, требования к сырью. Принципиальная технологическая схема процесса получения изобутилена. Аппаратурное оформление каталитических процессов гидратации изобутилена в трет-бутиловый спирт и дегидратации трет-бутилового спирта в изобутилен. Типы катализаторов, используемые в процессах гидратации изобутилена в трет-бутиловый спирт и дегидратации трет-бутилового спирта в изобутилен, условия их эксплуатации и регенерации. Преимущества и недостатки. Причины дезактивации катализаторов, используемых в процессах гидратации изобутилена в трет-бутиловый спирт и дегидратации трет-бутилового спирта в изобутилен. Катализаторы на основе сульфокатионитов, их основные эксплуатационные показатели. Основные требования, предъявляемые к катализаторам на основе сульфокатионитов для процессов гидратации изобутилена в трет-бутиловый спирт и дегидратации трет-бутилового спирта в изобутилен. Характеристики катализаторов на основе сульфокатионитов: набухаемость, пористость, катионно-обменная емкость и т.д. Влияние характеристик катализаторов на основе сульфокатионитов на их активность и селективность в процессах гидратации изобутилена в трет-бутиловый спирт и дегидратации трет-бутилового спирта в изобутилен

#### **Тема 4. Каталитические процессы селективного гидрирования углеводородов.**

##### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Основные каталитические процессы гидрирования в нефтехимии, их значение. Каталитический процесс селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции как один из промышленных способов получения чистого этилена ? мономера в процессе получения полиэтилена. Теоретические основы процесса: химизм, механизм, термодинамика. Известные каталитические процессы селективного гидрирования примесей в различных углеводородных фракциях. Роль процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции в промышленных нефтехимических процессах, основные потребители этилена и углеводородных фракций с высоким содержанием этилена. Термодинамика процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов: тепловой эффект, энтальпия, энтропия и энергия Гиббса. Термодинамические условия, благоприятные для обеспечения селективности реакции (до образования этилена, исключая образование этана), рассмотрено влияние различных факторов (температура, разбавление сырья, мольное соотношение реагентов и т.д.) на скорость процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов, селективность реакции и выход этилена. Условия, предпочтительные для осуществления промышленного процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции с высокими показателями выхода целевого продукта и селективности. Возможные схемы и механизмы процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, основные стадии представленных схем. Побочные реакции в процессе селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, механизмы их протекания.

##### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***



Известные принципиальные технологические схемы каталитического процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции. Фронтальный тип каталитического процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, состав сырьевого потока, условия осуществления процесса, аппаратное оформление. Хвостовой тип каталитического процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, состав сырьевого потока, условия осуществления процесса, аппаратное оформление. Принципиальная технологическая схема каталитического процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции в ОАО «Нижнекамскнефтехим». Условия промышленной каталитического процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, реализованной в ОАО «Нижнекамскнефтехим». Аппаратное оформление каталитического процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции. Типы катализаторов, используемые в процессе селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, условия их эксплуатации и регенерации. Основные требования, предъявляемые к катализаторам процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции: активность, селективность, устойчивость к отравлениям каталитическими ядами, термическая стабильность, механическая прочность. Причины дезактивации катализаторов процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции. Характеристики фазового состава и кристаллической структуры алюмооксидного носителя катализатора процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, обуславливающие его активность и селективность. Кислотно-основные характеристики алюмооксидного носителя катализатора процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, обуславливающие его активность и селективность. Состояния активного компонента (палладий) в катализаторе процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, обуславливающие его активность и селективность.

## **Тема 5. Каталитические процессы риформинга углеводородов**

### ***лекционное занятие (1 часа(ов)):***

Каталитический процесс риформинга углеводородов как один из промышленных способов повышения октанового числа бензинов. Теоретические основы процесса: химизм, механизм, термодинамика. Значение процесса каталитического риформинга углеводородов в промышленных нефтехимических процессах как одного из промышленных способов повышения октанового числа бензинов. Основной химизм процесса, основные реакции n-алканов и нафтенев: реакции дегидрирования, изомеризации, гидрирования, гидрокрекинга, крекинга, дегидроциклизации и т.д., условия их осуществления, механизм. Термодинамика основных реакций: тепловой эффект, изменение энтальпии, энтропии и энергии Гиббса. Термодинамические условия, благоприятные для протекания процесса риформинга углеводородов. Условия, предпочтительные для осуществления промышленного процесса риформинга углеводородов с высокими показателями выхода целевых продуктов и селективности. Побочные реакции в процессе каталитического риформинга углеводородов.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Принципиальная технологическая схема промышленного процесса каталитического риформинга углеводородов. Аппаратное оформление каталитического процесса риформинга углеводородов. Основные блоки промышленной установки каталитического риформинга углеводородов: блок гидроочистки бензина, реакторный блок, блок сепарации парогазовой фазы от жидкой, блок стабилизации бензина, условия их эксплуатации. Состав сырьевых потоков для процесса каталитического риформинга углеводородов. Требования к сырью, используемому в процессе риформинга углеводородов. Основные типы катализаторов, используемые в процессе риформинга углеводородов, условия их эксплуатации и регенерации. Основные требования, предъявляемые к катализаторам для процесса риформинга углеводородов: активность, селективность, устойчивость к отравлениям каталитическими ядами, термическая стабильность, механическая прочность. Характеристики катализаторов процесса риформинга углеводородов, их влияние на активность и селективность катализаторов в процессе каталитического риформинга углеводородов. Причины дезактивации катализаторов процесса риформинга углеводородов.

## **Тема 6. Каталитические процессы алкилирования углеводородов.**

### ***лекционное занятие (2 часа(ов)):***

Каталитический процесс алкилирования ароматических углеводородов как один из промышленных способов получения этилбензола, используемого для производства стирола ? мономера в производстве синтетических каучуков. Теоретические основы процесса: химизм, механизм, термодинамика. Известные каталитические процессы алкилирования ароматических углеводородов. Значение процесса алкилирования бензола в промышленных нефтехимических процессах как одного из промышленных способов получения этилбензола, используемого для производства стирола, основные потребители стирола и других алкилароматических углеводородов. Возможные схемы и механизмы процесса алкилирования ароматических углеводородов, протекающих в присутствии различных катализаторов, основные стадии представленных схем. Термодинамика процесса алкилирования ароматических углеводородов: тепловой эффект, энтальпия, энтропия и энергия Гиббса. Термодинамические условия, благоприятные для обеспечения селективности реакции, рассмотрено влияние различных факторов (температура, разбавление сырья, мольное соотношение реагентов, и т.д.) на скорость процесса алкилирования ароматических углеводородов, селективность реакции и выход целевых продуктов. Влияние строения молекулы ароматического углеводорода, природы заместителей на механизм и скорость протекания реакции алкилирования. Условия, предпочтительные для осуществления промышленного процесса алкилирования ароматических углеводородов с высокими показателями выхода целевого продукта и селективности. Побочные реакции в процессе алкилирования ароматических углеводородов, механизмы их осуществления.

### ***практическое занятие (4 часа(ов)):***

Известные процессы каталитического алкилирования ароматических углеводородов. Принципиальные технологические схемы различных каталитического процесса алкилирования ароматических углеводородов. Каталитический процесс газофазного алкилирования углеводородов, принципиальная технологическая схема, аппаратное оформление, условия процесса, составы сырьевых потоков, требования к сырью. Каталитический процесс жидкофазного алкилирования углеводородов, принципиальная технологическая схема, аппаратное оформление, условия процесса, составы сырьевых потоков, требования к сырью. Основные типы катализаторов, используемые в процессе алкилирования углеводородов: хлорид алюминия, серная кислота, фосфорная кислота на кизельгуре, цеолиты, твердые кислоты Льюиса и т.д., условия их эксплуатации и регенерации, преимущества и недостатки. Основные требования, предъявляемые к катализаторам процесса алкилирования углеводородов: активность, селективность, устойчивость к отравлениям каталитическими ядами, термическая стабильность, механическая прочность. Причины дезактивации катализаторов процесса алкилирования углеводородов. Характеристики гетерогенных катализаторов процесса алкилирования углеводородов, их влияние на активность и селективность катализаторов в процессе каталитического алкилирования ароматических углеводородов.

## **Тема 7. Каталитические процессы получения синтез-газа и нефтехимической продукции на его основе.**

### ***лекционное занятие (1 часа(ов)):***

Каталитический процесс получения синтез-газа. Теоретические основы процесса: химизм, механизм, термодинамика.

### ***практическое занятие (2 часа(ов)):***

Технологическая схема и аппаратное оформление каталитического процесса получения синтез-газа. Требования к сырью, используемому в каталитическом процессе получения синтез-газа. Типы катализаторов, используемые в процессе получения синтез-газа, условия их эксплуатации, причины дезактивации. Основные требования, предъявляемые к катализаторам процесса получения синтез-газа.

## **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Каталитические процессы изомеризации углеводородов.	3	2-3	подготовка к устному опросу	14	устный опрос
3.	Тема 3. Каталитические процессы дегидратации спиртов	3	4-5	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
4.	Тема 4. Каталитические процессы селективного гидрирования углеводородов.	3	6-7	подготовка к устному опросу	16	устный опрос
5.	Тема 5. Каталитические процессы риформинга углеводородов	3	8-9	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
6.	Тема 6. Каталитические процессы алкилирования углеводородов.	3	10-11	подготовка к контрольной работе	16	контрольная работа
7.	Тема 7. Каталитические процессы получения синтез-газа и нефтехимической продукции на его основе.	3	12	подготовка к устному опросу	10	устный опрос
	Итого				76	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

- демонстрация слайдов с применением мультимедийной техники;
- использование раздаточного материала с описанием принципиальных технологических схем каталитических процессов.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

**Тема 1. Особенности нефтехимического комплекса мира и РТ. Основные каталитические процессы в нефтехимии.**

**Тема 2. Каталитические процессы изомеризации углеводородов.**

устный опрос , примерные вопросы:

основные понятия (нефтепереработка, нефтехимия, нефтехимический комплекс); - типы катализаторов нефтехимических процессов; - типы реакторов для осуществления процессов; - мировые компании по переработке нефти и реализованные технологии основы технологии риформинга углеводородов и катализаторы этих процессов; - процессы получения этилена и пропилена; - значение этилена и пропилена в нефтехимии; - основные пути переработки этилена и пропилена

### **Тема 3. Каталитические процессы дегидратации спиртов**

устный опрос , примерные вопросы:

основные катализаторы процесса риформинга; - значение процесса риформинга в нефтехимии; - возможности процесса риформинга для получения ароматических углеводородов; - основное сырье для процесса риформинга

### **Тема 4. Каталитические процессы селективного гидрирования углеводородов.**

устный опрос , примерные вопросы:

значение процессов изомеризации в нефтехимии; - теоретические основы процессов изомеризации; - изомеризация н-пентана в изопентан; - проблемы при изомеризации н-бутана в изобутана

### **Тема 5. Каталитические процессы риформинга углеводородов**

устный опрос , примерные вопросы:

области применения процессов гидрирования; - основные типы катализаторов гидрирования; - основы технологии очистки углеводородов от сернистых соединений гидрированием

### **Тема 6. Каталитические процессы алкилирования углеводородов.**

контрольная работа , примерные вопросы:

основные типы катализаторов процессов дегидрирования парафинов; - значение процесса дегидрирования изопентана в нефтехимии; - типы реакторов в процессах дегидрирования углеводородов

### **Тема 7. Каталитические процессы получения синтез-газа и нефтехимической продукции на его основе.**

устный опрос , примерные вопросы:

титанмагниевые катализаторы процессов получения полиолефинов; - газофазный процесс получения полиэтилена; - технологическая схема установки получения полиэтилена. сырьевое обеспечение нефтехимических производств РТ; - перспективы развития сырьевой базы нефтехимических производств; - обеспеченность нефтехимических производств РТ топливом и тепловой энергией

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Билет ♦ 1:

1. Химизм и термодинамика каталитического процесса скелетной изомеризации н-бутиленов.
2. Аппаратурное оформление каталитического процесса получения синтез-газа.
3. Типы катализаторов, используемые в процессе риформинга углеводородов, условия их эксплуатации и регенерации.

Билет ♦ 2:

1. Химизм и термодинамика каталитического процесса получения синтез-газа.
2. Фронтальный тип каталитического процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, аппаратурное оформление, состав сырьевого потока.
3. Катализаторы на основе сульфокатионитов, их основные эксплуатационные показатели.

Билет ♦ 3:

1. Химизм и термодинамика каталитического процесса алкилирования углеводородов.
2. Принципиальная технологическая схема каталитического процесса дегидратации трет-бутилового спирта.

### 3. Характеристики катализаторов процесса получения синтез-газа.

#### Билет ♦ 4:

1. Химизм и термодинамика каталитического процесса риформинга углеводородов.
2. Принципиальная технологическая схема каталитического процесса получения синтез-газа.
3. Причины дезактивации катализаторов процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции.

#### Билет ♦ 5:

1. Механизмы каталитического процесса алкилирования углеводородов.
2. Принципиальная технологическая схема каталитического процесса риформинга углеводородов.
3. Типы катализаторов, используемые в процессе селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, условия их эксплуатации и регенерации.

#### Билет ♦ 6:

1. Химизм, термодинамика и механизм каталитического процесса дегидратации трет-бутилового спирта.
2. Принципиальная технологическая схема каталитического процесса скелетной изомеризации н-бутиленов в изобутилен.
3. Характеристики фазового состава и кристаллической структуры алюмооксидного носителя катализатора процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, обуславливающие его активность и селективность.

#### Билет ♦ 7:

1. Механизмы каталитического процесса скелетной изомеризации н-бутиленов.
2. Хвостовой тип каталитического процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции, аппаратное оформление, состав сырьевого потока.
3. Причины дезактивации катализаторов процесса алкилирования углеводородов.

#### Билет ♦ 8:

1. Механизмы каталитического процесса дегидратации трет-бутилового спирта.
2. Каталитический процесс газофазного алкилирования углеводородов, аппаратное оформление, условия процесса.
3. Типы катализаторов, используемые в процессе получения синтез-газа, условия их эксплуатации и регенерации.

#### Билет ♦ 9:

1. Механизмы каталитического процесса получения синтез-газа.
2. Каталитический процесс жидкофазного алкилирования углеводородов, аппаратное оформление, условия процесса.
3. Характеристики катализаторов на основе сульфокатионитов для процесса дегидратации трет-бутилового спирта: набухаемость, пористость, катионно-обменная емкость и т.д.

#### Билет ♦ 10:

1. Принципиальные технологические схемы каталитического процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции.
2. Причины дезактивации катализаторов процесса селективного гидрирования ацетиленовых углеводородов в этан-этиленовой фракции.
3. Типы катализаторов, используемые в процессе скелетной изомеризации н-бутиленов в изобутилен, условия их эксплуатации и регенерации.

## 7.1. Основная литература:

- 1.Рябов, Владимир Дмитриевич. Химия нефти и газа : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 130500 "Нефтегазовое дело" / В. Д. Рябов .- Изд. 2-е, испр. и доп. - Москва : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2014 .- 334 с.
- 2.Рябов В. Д. Химия нефти и газа: Учебное пособие / В.Д. Рябов. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 336 с.: <http://znanium.com/bookread.php?book=423151>
- 3.Тимофеев, Владимир Савельевич. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Химическая технология и биотехнология" / В. С. Тимофеев, Л. А. Серафимов, А. В. Тимошенко. ?Изд. 3-е, перераб. и доп..?Москва: Высшая школа, 2010.?406, [2] с.:
- 4.Леффлер, Уильям Л. Переработка нефти: для использования в учебном процессе со студентами высших учебных заведений, обучающимися по химико-технологическим специальностям / Уильям Л. Леффлер; [пер. с англ. З. П. Свитанько]. ?[2-е изд., пересмотр.].?Москва: Олимп-Бизнес, 2011.?223 с.:

## 7.2. Дополнительная литература:

- 1.Харлампици Х.Э. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов. - 2-е изд., перераб. - СПб.: Лань, 2013. - 448 с. <http://e.lanbook.com/view/book/37357/>
- 2.Кузнецова И.М., Харлампици Х. Э. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС. - 2-е изд., перераб. - СПб.: Лань, 2014. - 384 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=45973](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45973)
- 3.Закгейм А. Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. Ю. Закгейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос, 2012. - 304 с. - (Новая университетская библиотека). <http://znanium.com/bookread.php?book=468690>
- 4.Гетерогенные каталитические реакции в проточных реакторах: руководство к лабораторному практикуму для студентов Химического института им. А.М. Бутлерова КФУ / А.А. Ламберов и др. - Казань: Казан. Ун-т, 2013. -77 с.
- 5.Физико-химические методы исследования гетерогенных катализаторов: руководство к лабораторному практикуму / авт.-сост. А.А. Ламберов, С.Р. Егорова, А.Н. Катаев и др. - Казань: Казан. Ун-т, 2013. - 80с.
- 6.Модернизация катализаторов и технологии синтеза изопрена на ОАО "Нижнекамскнефтехим" / А.А. Ламберов, Х.Х. Гильманов. - Казань: Казан. Ун-т, 2012. - 404 с.

## 7.3. Интернет-ресурсы:

- Нефтехимия, периодический журнал - <http://elibrary.ru/issues.asp?id=7920>
- Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов - <http://znanium.com/bookread.php?book=468690>
- Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=32826](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=32826)
- Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=45973](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45973)
- Химия нефти и газа - <http://znanium.com/bookread.php?book=423151>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Каталитические процессы в нефтехимии" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

- слайды с применением мультимедийной техники;
- раздаточный материал с изображением принципиальных технологических схем каталитических процессов.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 04.04.01 "Химия" и магистерской программе Нефтехимия и катализ .

Автор(ы):

Ламберов А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Соломонов Б.Н. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.