

**КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АЛЬ-ФАРАБИ**

**факультет химический**

**кафедра химии и технологии органических веществ, природных соединений и полимеров**

**Согласовано**

На заседании Ученого Совета  
химического факультета  
Протокол №\_\_ от \_\_\_\_ 2015г.

Декан факультета

\_\_\_\_\_  
Онгарбаев Е.К.  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_ 2015 г.

**Утверждено**

На заседании Научно-методического  
Совета университета  
Протокол №\_\_ от \_\_\_\_ 2015 г.

**Проректор по учебной работе**

\_\_\_\_\_  
Ахмедзаки Д.Ж.

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_ 2015 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**Химическая технология основного органического синтеза**

(наименование дисциплины)

Специальность 5В072100 – Химическая технология органических веществ  
(шифр, название)

Форма обучения дневная  
(дневная, заочная)

**г. Алматы 2015 г.**

УМК дисциплины составлен д.х.н., доцентом кафедры Калугиным С.Н., к.х.н., доцентом  
Халменовой З.Б.  
(Ф.И.О., должность, ученая степень и звание составителя(ей))

На основании Экспериментальной образовательной программы дисциплины  
по специальности 5В072100 – Химическая технология органических веществ  
(на основании каких документов)

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры органической химии и химии  
природных соединений

от «» 2015 г., протокол №

Зав. кафедры, д.х.н., проф. \_\_\_\_\_ Г.А.Мун

Рекомендовано методическим Советом (бюро) факультета  
Протокол № от «» 2015 г.

Председатель \_\_\_\_\_  
(роспись)

Е.К.Онгарбаев

**КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. аль-Фараби**  
**Факультет химический**  
**Образовательная программа по специальности**  
**"Химическая технология органических веществ"**

**Утверждено**  
На заседании Ученого Совета  
химического факультета  
Протокол №\_\_ от \_\_ 2015 г.

Декан факультета  
\_\_\_\_\_ Онгарбаев Е.К.  
"\_\_\_" \_\_\_ 2015 г.

**СИЛЛАБУС**

**«Код» - Химическая технология основного органического синтеза**  
(3 кредита)

курс 3, р/о, семестр осенний

**СВЕДЕНИЯ** о преподавателях, ведущих дисциплины модуля:

**По дисциплине "Химическая технология основного органического синтеза"**

**Калугин Сергей Николаевич, доктор химических наук, доцент, и.о. профессора кафедры химии и химической технологии органических веществ, природных соединений и полимеров**

Рабочий телефон 292 - 12-03

e-mail: kalugin\_sn\_org@mail.ru

каб. 522

**ПАСПОРТ дисциплины:**

**Цель дисциплины** – дать фундаментальные основы химической технологии нефтехимического, основного и тонкого органического синтеза органических веществ, показать ее значение и роль как теоретической базы важнейших отраслей химической промышленности.

**Задачами** преподавания дисциплины является добиться понимания логической связи исходное сырье – органическое вещество – материал; дать сведения об основных технологических схемах получения органических веществ, о применении органических веществ в промышленности и быту; привитие практических навыков работы на будущих производствах.

**Результаты обучения по дисциплине.**

Уметь пользоваться научной, справочной, методической литературой по специальности на государственном и иностранных языках; выработать в себе личные качества (способность) к самообучению по завершении учебной программы, к расширению своих знаний на основе информационных и образовательных технологий; демонстрировать знание и понимание методологических основ наиболее передовых знаний в области всех разделов химической технологии органических веществ и организационно-экономических основах деятельности предприятий; принципах построения технологических схем

производства и переработки органических веществ и материалов, в выборе технологического оборудования; принципах создания безотходных и экологически безопасных технологий; иметь языковые и коммуникативные знания, необходимые для осуществления сбора и интерпретации научной и экспериментальной информации по теме практической деятельности для выработки суждений с учетом социальных, экономических, научных или этических соображений; владеть культурой мышления и публичного выступления, правильно и логично оформить свои мысли в устной и письменной форме, участвовать в дискуссиях по профессиональным проблемам; уметь демонстрировать качества и навыки, необходимые для успешного трудоустройства, способность к нестандартному мышлению в области инновационных технологий и требующие проявления инициативы и личной ответственности; уметь на научной основе организовать свой труд в соответствии с процедурами и должностными инструкциями, придерживаться принципам корпоративной этики, владеть культурой дискуссии и общения, иметь высокую гражданскую позицию и зрелость.

**Компетенции:** способность к своевременному восприятию, анализу и интерпретации научной информации в рамках химических дисциплин, а также смежных с ними областях, научных направлений; способность принимать решения и разрешать проблемы посредством выявления и аргументированного обоснования креативных подходов и методов; развитие творческих, неординарных способностей, позволяющих адаптироваться в условиях научно-технического прогресса; демонстрировать сочетание понимания, отношения и знания, позволяющее адекватно воспринимать соотношение частей целого в области общих химических законов и оценивать место каждого из компонентов в конкретных разделах химии и смежных с ней научных направлений; знать общие промышленные методы получения основных классов соединений; применение в народном хозяйстве важнейших органических веществ; экологические проблемы технологий органических веществ; уметь решать задачи, связанные с технологией органических веществ, синтезировать и идентифицировать соединение; овладеть: навыками химических расчетов по обоснованию технических решений, методами разделения, выделения, очистки, идентификации и синтезам органических соединений; обращения с жидкими, твердыми, горючими, летучими и токсичными веществами, с приборами и оборудованием лаборатории органического синтеза.

### Структура курса:

Недел	Название темы	Часы	Темы СРС
1	2	3	4
<b>Модуль 1. Введение в специальность</b>			
1	<b>Лекция 1. Введение в специальность.</b> Цели и задачи преподавания дисциплины. Методы дисциплины. Классификация производств химической технологии органических веществ. Сырьевая база промышленной органической химии.	1	Особенности технологии основного органического синтеза, технологии переработки растительного и животного сырья, технологии переработки полимеров
	<b>Лаб.занятия(ЛЗ).</b> Техника безопасности в лабораторном практикуме по дисциплине: « <u>Основы промышленной органической химии</u> ». <b>Семинар 1</b>	2	

<b>Модуль 2. Основной органический синтез</b>			
1	2	3	4
2	<b>Лекции 2. Процессы переработки жидкого, газообразного и твердого сырья.</b> Переработка жидкого топлива. Общая схема переработки нефти. Очистка нефтепродуктов. Коксование нефтяных остатков. Переработка газообразного топлива. Переработка нефтяных газов. Переработка твердого топлива. Коксование каменного угля. Газификация твердого топлива. Гидрирование твердого топлива	1	Особенности нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий. Крекинг нефтепродуктов. Каталитический риформинг нефтепродуктов. Классификация и состав газообразного топлива. Переработка обратного коксового газа. Конверсия углеводородных газов. Улавливание и разделение летучих продуктов коксования. Переработка продуктов коксования. Совершенствование процессов переработки твердого топлива.
	<b>Лаб.занятия(ЛЗ).</b> Абсолютирование растворителей. <b>Семинар 2.</b>	2	
3	<b>Лекция 3. Технологии оксосинтеза</b>	1	Технологии получения синтез-газа. Технологии карбалкоксихарбонилирования
	<b>Лаб.занятия(ЛЗ).</b> Абсолютирование растворителей <b>Семинар 3.</b>	2	
4	<b>Лекции 4-5. Производство галогенсодержащих органических веществ.</b> Производство хлористого метила, хлористого метилена, хлороформа, четыреххлористого углерода, хлористого винила, дихлорэтана, хлорбензола.	1	Схемы производства дихлорэтана, хлористого винила и хлоропрена
	<b>Лаб.занятия(ЛЗ).</b> Реакции нуклеофильного замещения у алифатического атома углерода <b>Семинары 4-5.</b>	2	
5	<b>Лекции 6-7. Производство спиртов.</b> Сырьё и схемы производства низших и высших спиртов.	1	Производство фенола. Кумольный способ получения фенола
	<b>Лаб.занятия(ЛЗ).</b> Абсолютирование растворителей <b>Семинар 6-7</b>	2	
6	<b>Лекции 8-9. Производство эпоксидов и многоатомных спиртов.</b> Производство окиси этилена и окиси пропилена окислением этилена и пропилена. Производство этиленгликоля и глицерина	1	Схемы производства этиленгликоля и глицерина.
	<b>Лаб.занятия(ЛЗ).</b> Реакции нуклеофильного замещения у алифатического атома углерода. <b>Семинар 8-9</b>	2	
7	<b>Лекции 10-11. Производство альдегидов и кетонов.</b> Схемы окислительного производства формальдегида, ацетальдегида, ацетона и циклогексанона	1	Промышленные синтезы на основе метилэтилкетона. Производство циклогексанона.
	<b>Лаб.занятия(ЛЗ).</b> Реакции нуклеофильного замещения у алифатического атома углерода <b>Семинар 10-11</b>	2	

1	2	3	4
8	<b>Лекция 12. Производство карбоновых кислот, ангидридов и сложных эфиров.</b> Промышленные способы производства уксусной кислоты. Промышленные способы производства фталевого ангидрида. <b>Семинар 12</b>	1	Схемы производства муравьиной и высших карбоновых кислот. Производство, применение и переработка терефталевого кислоты. Производство сложных виниловых эфиров.
	<b>Лаб.занятия(ЛЗ).</b> Реакции нуклеофильного замещения у алифатического атома углерода.	2	
9	<b>Лекция 13. Производство нитропроизводных.</b> Производство нитробензола и динитробензола. Производство тринитротолуола.	1	Схемы производства нитрометана, тринитроглицерина.
	<b>Лаб.занятия(ЛЗ).</b> Синтезы на основе кетонов и альдегидов <b>Семинар 13</b>	2	
10	<b>Лекция 14. Производство аминов.</b> Производство алифатических аминов	1	Схемы производства анилина..
	<b>Лаб.занятия(ЛЗ).</b> Синтезы на основе кетонов и альдегидов <b>Семинар 14</b>	2	
11	<b>Лекция 15. Производство серосодержащих соединений.</b> Производство бензолсульфокислоты. Производство моющих средств.	1	Схемы производства алкилсульфатов.
	<b>Лаб.занятия(ЛЗ).</b> Ацилирование <b>Семинар 15</b>		

### Список литературы:

#### Основная:

1. Бесков В.С. Общая химическая технология. М.: "Академкнига", 2005. - 452 с.
2. Москвичев Ю.А., Григоричев А.К., Павлов О.С. Теоретические основы химической технологии. М.: Академия, 2005. - 272 с.
3. Соколов Р.С. Химическая технология: Учебное пособие: Т. 2 - М.: Владос, 2004. - 448 с.
4. Костин А.А. Популярная нефтехимия. Увлекательный мир химических процессов - М.: Ломоносов, 2013. - 176 с.
5. Сохранение энергии. Нефтехимия для энергосбережения. - М.: Сибур, 2013. - 32 с.
6. Волгина Т.С., Сорока Л.С. Промышленная органическая химия: Учебное пособие - Томск: ТПУ, 2008. - 154 с.

#### Дополнительная:

1. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. М.: Химия, 1968. - 848 с.
2. Мухленов И.П. Основы химической технологии - М.: Высшая школа, 1991.
3. Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного органического синтеза - М.: Химия, 1992
4. Липович В.Г. Химия и переработка угля - М.: Наука, 1988
5. Рейхсфельд В.О., Рубан В.Л., Саратов И.Е., Королько В.В. Лабораторный практикум по технологии основного органического синтеза - Л.: Химия, 1966. - 320 с.
6. Паушкин Я.М., Адельсон С.В., Вишнякова Т.П. Технология нефтехимического синтеза - Т.1,2 - М.: Химия, 1973. - 448 с.

**Формы контроля знаний:**

<b>1 рубежный контроль</b>			
Наименование	Оценка	Количество занятий	Итого
Лабораторная работа	3	7	21
Семинар. Оценка знаний	7	7	49
Контрольная 1.	30	1	30
<b>ВСЕГО</b>			<b>100</b>
<b>2 рубежный контроль</b>			
Наименование	Оценка	Количество занятий	Итого
Лабораторная работа	3	8	24
Семинар. Оценка знаний	7	8	56
Контрольная 2.	20	1	20
<b>ВСЕГО</b>			<b>100</b>

<b>ИТоговый Экзамен</b>	
1 вопрос	25
2 вопрос	35
3 вопрос	40
<b>ВСЕГО</b>	<b>100</b>

**Тематика семинаров**

1. Решение задач по теме «Проверка остаточных знаний по органической химии»
2. Решение задач по теме «Проверка остаточных знаний по ХТОВ»
3. Решение заданий по теме «Первичная и вторичная переработка нефти»
4. Решение заданий по теме «Переработка твердого сырья»
5. Решение заданий по теме «Химическая технология производства алканов и алкенов»
6. Решение заданий по теме «Химическая технология производства алкадиенов»
7. Решение заданий по теме «Химическая технология производства аренов»
8. Решение заданий по теме «Оксосинтез»
9. Решение заданий по теме «Химическая технология производства хлорорганических соединений»
10. Решение заданий по теме «Химическая технология производства спиртов»
11. Решение заданий по теме «Химическая технология производства альдегидов и кетонов»
12. Решение заданий по теме «Химическая технология производства эпокисоединений»
13. Решение заданий по теме «Химическая технология производства карбоновых кислот»
14. Решение заданий по теме «Химическая технология производства нитросоединений»
15. Решение заданий по теме «Химическая технология производства аминов»

**Шкала оценки знаний:**

Буквенный эквивалент оценки	Цифровой эквивалент оценки	Баллы, в %	Оценка по традиционной системе
A	4	96-100	Отлично
A-	3,67	90-95	
B+	3,33	86-90	Хорошо
B	3	80-85	
B-	2,67	76-79	
C+	2,33	71-75	Удовлетворительно
C	2	66-70	
C-	1,67	61-65	
D+	1,33	56-60	

D	1	50-55	
F	0	< 50	Неудовлетворительно (непроходная оценка)
I	0	0	Дисциплина не завершена
W	0	0	Отказ от дисциплины
AW	0	0	Отчислен с дисциплины
AU	0	0	Дисциплина прослушана
P/NP	-	65-100	Зачтено/ не зачтено

**При оценке работы студента в течение семестра учитывается следующее:**

- посещаемость занятий;
- активное и продуктивное участие в лабораторных и семинарских занятиях;
- изучение основной и дополнительной литературы;
- своевременная сдача всех заданий.

**Политика академического поведения и этики**

Будьте толерантны, уважайте чужое мнение. Возражения формулируйте в корректной форме. Недопустимы плагиат, списывание и подсказки во время сдачи контрольных, СРСП и СРС, а также итогового экзамена. Студент, уличенный в фальсификации любой информации получает оценку F.

**Помощь:** За консультациями по выполнению СРС и СРСП, по пройденному материалу и по лекциям обращайтесь к преподавателю в период его офис-часов.

*Рассмотрено на заседании кафедры органической химии  
и химии природных соединений  
Протокол № \_\_ от \_\_\_\_ 2015 г.*

Зав. кафедрой органической  
химии и химии природных  
соединений, д.х.н., проф.

Мун Г.А.

Лектор, д.х.н., и.о. проф.

Калугин С.Н.



## Предисловие

**Краткое описание курса:** Современные технологии производства важнейших органических веществ и материалов требуют глубоких знаний химических процессов, протекающих на всех этапах производства. Для обеспечения успешного протекания производственных процессов будущему химику-технологу необходимы глубокие знания в области технологии органических веществ.

Общий курс «Химическая технология основного органического синтеза» является обязательной дисциплиной в государственных вузах по специальности «5В072100 – химическая технология органических веществ», так как составляет основу ведущих отраслей народного хозяйства и медицины. Указанный курс является теоретической базой для развития целого ряда отраслей, таких как нефтехимический, основной и тонкий органический синтез, производство фармацевтических и сельскохозяйственных препаратов, химических волокон, пластических масс и пленок, красителей, взрывчатых веществ; кожевенной, парфюмерной и пищевой промышленности.

**Цели курса:** дать фундаментальные основы промышленной органической химии, показать ее значение и роль как теоретической базы важнейших отраслей химической промышленности.

**Задачами** преподавания дисциплины является добиться понимания логической связи исходное сырье – органическое вещество – материал; дать сведения об основных технологических схемах получения органических веществ, о применении органических веществ в промышленности и быту; привитие практических навыков работы на будущих производствах.

Данный курс параллельно изучается с дисциплинами: «Аналитическая химия», «Физическая химия», «Общая химическая технология» и др.

### **Основные формы компетенции бакалавра:**

При освоении курса «Химическая технология основного органического синтеза» студентам необходимо **знать:** общие промышленные методы получения основных классов соединений; применение в народном хозяйстве важнейших органических веществ; экологические проблемы технологий органических веществ;

**Бакалавр должен уметь:** решать задачи, связанные с технологией органических веществ, разработать технологию получения органического соединения и идентифицировать его.

**Должен овладеть:** навыками химических расчетов по обоснованию технических решений, промышленными методами разделения, выделения, очистки, идентификации и синтезам органических соединений; обращения с жидкими, твердыми, горючими, летучими и токсичными веществами, с приборами и оборудованием лаборатории органического синтеза.

# СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

## КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

### Модуль 1 – Введение в специальность

**Лекция 1** – Цели и задачи преподавания дисциплины. Методы дисциплины. Классификация производств химической технологии органических веществ. Сырьевая база промышленной органической химии. **1 час**

*Цель: Изучение теоретических основ промышленной органической химии*

Современные технологии производства важнейших органических веществ и материалов требуют глубоких знаний химических процессов, протекающих на всех этапах производства. Для обеспечения успешного протекания производственных процессов будущему химику-технологу необходимы глубокие знания в области технологии органических веществ и материалов.

Данный курс является обязательной дисциплиной в государственных вузах химико-технологического профиля, так как составляет основу ведущих отраслей народного хозяйства и медицины. Указанный курс является теоретической базой для развития целого ряда отраслей, таких как нефтехимический синтез, производство фармацевтических и сельскохозяйственных препаратов, химических волокон, пластических масс и пленок, красителей, взрывчатых веществ; кожевенной, парфюмерной и пищевой промышленности.

Цель данного курса - дать фундаментальные основы химии и технологии органических веществ и материалов, показать ее значение и роль как теоретической базы важнейших отраслей химической промышленности.

Задачами преподавания дисциплины является добиться понимания логической связи исходное сырье – органическое вещество - материал, дать сведения об основных технологических схемах получения органических веществ и материалов, применения их в экономике и быту; привитие практических навыков работы на будущих производствах.

Сырьем для промышленной органической химии являются углеводороды (нефть, газ), уголь, растительное и животное сырьё.

Промышленная органическая химия по сырью делится на технологию переработки жидкого, газообразного и твердого топлива, а также на технологию переработки природного сырья.

Промышленная органическая химия по производству делится на нефтехимический синтез, основной (тяжелый) органический синтез и тонкий органический синтез.

Нефтехимическое производство и промышленность основного органического синтеза являются важнейшими отраслями химического производства.

К основному органическому синтезу обычно относят производства различных синтетических органических продуктов - полупродукты для синтеза каучуков, производства пластических масс, синтетических волокон, пленкообразующих материалов, красителей и др. Это могут быть продукты имеющие самостоятельное применение в народном хозяйстве в качестве растворителей, обезжиривающих средств, экстрагирующих агентов, средств защиты сельскохозяйственных растений, гербицидов, ускорителей роста растений, моющих и других поверхностно-активных веществ, высококипящих теплоносителей хладагентов, антифризов, антидетонаторов и высокооктановых добавок к моторному топливу, смазочных материалов и т. д.

## Модуль 2 – Нефтехимический синтез

**Лекция 2** – Переработка жидкого топлива. Общая схема переработки нефти. Очистка нефтепродуктов. Коксование нефтяных остатков. Переработка газообразного топлива. Переработка нефтяных газов. Переработка твердого топлива. Коксование каменного угля. Газификация твердого топлива. Гидрирование твердого топлива. **1 час**

*Цель: Изучение теоретических основ переработки жидкого, газообразного и твердого топлива*

**Общая схема переработки нефти.** В общем случае переработка нефти на нефтепродукты включает ее подготовку, а также процессы первичной и вторичной переработки

**Подготовка** извлеченной из недр нефти заключается в удалении из нее механических примесей, растворенных солей, воды и стабилизации по составу. Эти операции проводят как непосредственно на нефтяных промыслах, так и на нефтеперерабатывающих заводах.

**Первичная переработка нефти** заключается в разделении ее на отдельные фракции (дистилляты), каждая из которых представляет смесь углеводородов. Первичная переработка является физическим процессом и не затрагивает химической природы и строения, содержащихся в нефти соединений. Важнейшим из первичных процессов является *прямая гонка нефти*.

Продуктами прямой гонки на атмосферных установках являются моторные топлива (бензин, авиационный керосин), дизельное топливо и значительное количество остатка - мазута. На атмосферно-вакуумных установках - бензин, керосин, дизельное топливо, мазут, смазочные масла, гудрон.

**Вторичная нефтепереработка** представляет собой химические процессы, сопровождающиеся деструктивными превращениями содержащихся в нефтепродуктах углеводородов. Вторичные процессы нефтепереработки весьма многообразны. Они подразделяются: *по состоянию перерабатываемого сырья* - жидкофазные и газофазные процессы, *по условиям протекания* - термические и каталитические процессы; *по назначению* - крекинг, риформинг, алкилирование, полимеризация, изомеризация.

**Пиролиз твердого топлива** (или сухая перегонка) - процесс нагревания твердого топлива без доступа воздуха. В зависимости от условий процесса и природы вторичных продуктов различают низкотемпературный пиролиз (*полукоксование при 500-580 °С*), используемый для получения искусственного жидкого (смола, полукокс) и газообразного (горючий газ) топлива, и высокотемпературный пиролиз (*коксование при 900-1200 °С*), проводимый с целью получения кокса, горючих газов и сырья для химической промышленности.

**Гидрогенизация (гидрирование) твердого топлива** - деструктивный каталитический процесс, протекающий при температуре 400-560 °С под давлением водорода 20-70 МПа. Метод гидрогенизации обеспечивает получение около 75 % сырой нефти, в отличие от сухой перегонки каменного угля, которая дает лишь 8-10 % смолы от веса взятого угля.

**Газификацией твердого топлива** (ГТТ) - процесс превращения органической части топлива в горючие газы путем воздействия на него окислителей.

### Лекция 3– Технологии оксосинтеза. 1 час

Цель: Технологические схемы оксосинтеза

Таблица Синтезы на основе окиси углерода и водорода

Объемное соотношение CO : H <sub>2</sub>	Катализаторы и активаторы	Температура, °C	Давление, ат	Продукты синтеза
1:3	Ni, ThO <sub>2</sub> , MgO	250-500	1	Преимущественно метан
1:1 или 1:2	Fe, Co, Ni, ThO <sub>2</sub> , MgO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O	150-350	1-30	Парафины и олефины (от метана до твердого парафина)
1:1	ThO <sub>2</sub> , ZnO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O	400-500	100 - 1000	Газообразные и жидкие парафины и олефины сильно разветвленного строения
1:1 или 1:2	Ru	150-250	100-1000	Высокомолекулярные парафины
1:1 или 1:2	Ru	150-250	100-1000	Высокомолекулярные парафины
1:1	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ThO <sub>2</sub>	475-500	30	Преимущественно ароматический углеводороды
1:2	ZnO, Cu, CrO <sub>3</sub> , MnO	200-400	100-1000	Метанол
1:2	ZnO, Cu, Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, K <sub>2</sub> O	300-450	100-400	Метанол и высшие спирты
От 1:1,5 до 1:2	Fe, K <sub>2</sub> O	400-450	100-150	Смесь алифатических спиртов, альдегидов, кетонов, эфиров, органических кислот и др. (синтол)

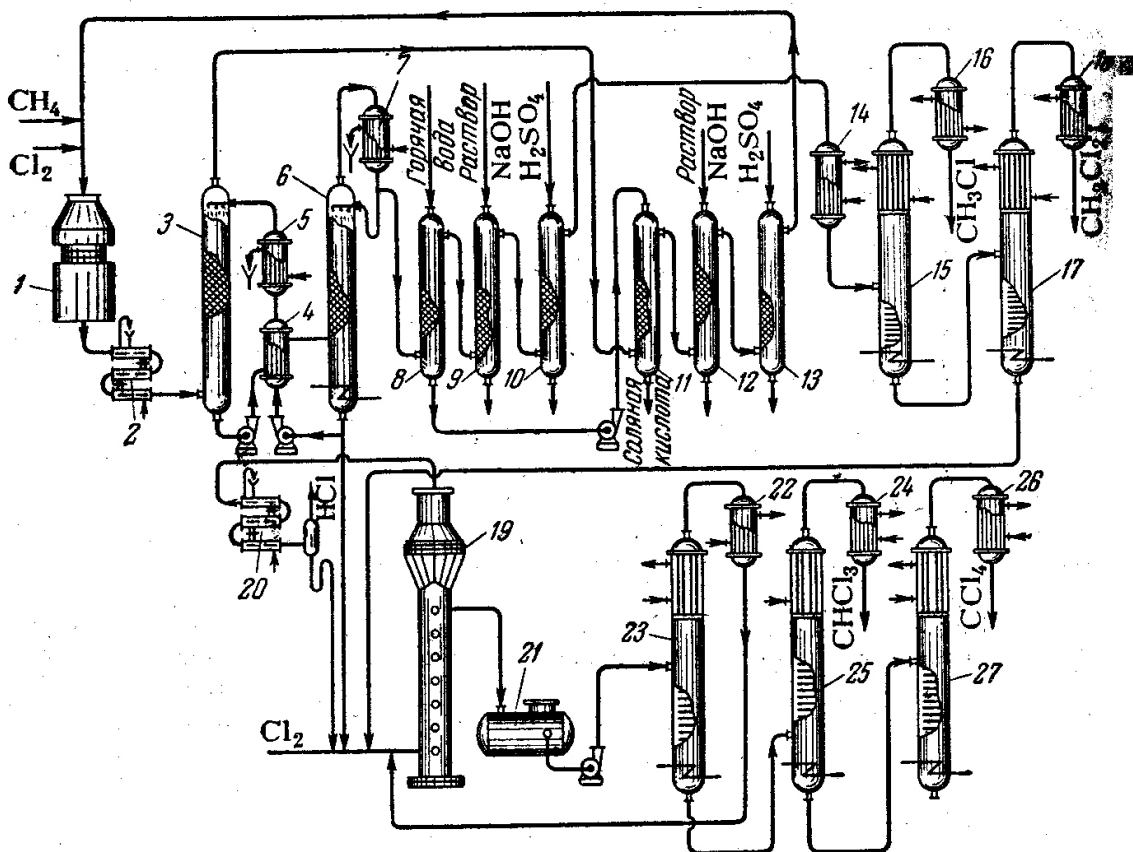
**Лекция 4-5. Производство галогенпроизводных.** Производство хлористого метила, хлористого метилена, хлороформа и четыреххлористого углерода.

*Цель: Технологические схемы производства галогенпроизводных*

При непосредственном хлорировании метана не удастся получить какое-либо одно индивидуальное хлорпроизводное; практически всегда получается смесь всех четырех хлорпроизводных: хлористого метила, хлористого метилена, хлороформа и четыреххлористого углерода.

При исчерпывающем хлорировании метана трудно осуществить эффективный отвод тепла. Поэтому прибегают к ступенчатому хлорированию. Вначале термическим хлорированием получают хлористый метил или хлористый метилен, а затем эти продукты фотохимически хлорируют до хлороформа и четыреххлористого углерода.

Схема ступенчатого получения хлорметанов



**Схема получения хлорзамещенных метанов**

1, 19 — хлораторы; 2, 5, 20 — холодильники; 3 — абсорбер; 4 — теплообменник; 6 — десорбер; 7 — дегазатор; 8, 9, 10, 11, 12, 13 — скрубберы; 14, 16, 18, 22, 24, 26 — конденсаторы; 15, 17, 23, 25, 27 — ректификационные колонны; 21 — сборник

**Лекция 6-7. Производство спиртов.** Сырьё и схемы производства C<sub>1</sub>- C<sub>4</sub> спиртов.

*Цель: Технологические схемы производства спиртов*

**ПРОИЗВОДСТВО МЕТИЛОВОГО СПИРТА ИЗ ОКСИ УГЛЕРОДА И ВОДОРОДА** впервые разработано в 1921 г. Патаром. В СССР он был осуществлен впервые в 1933 г. Метиловый спирт образуется по реакции:



$$\lg K = \frac{27000}{4,57T} - 3,5 \lg T - 3,6$$

$$K = \frac{P_{\text{CH}_3\text{OH}}}{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2}^2}$$

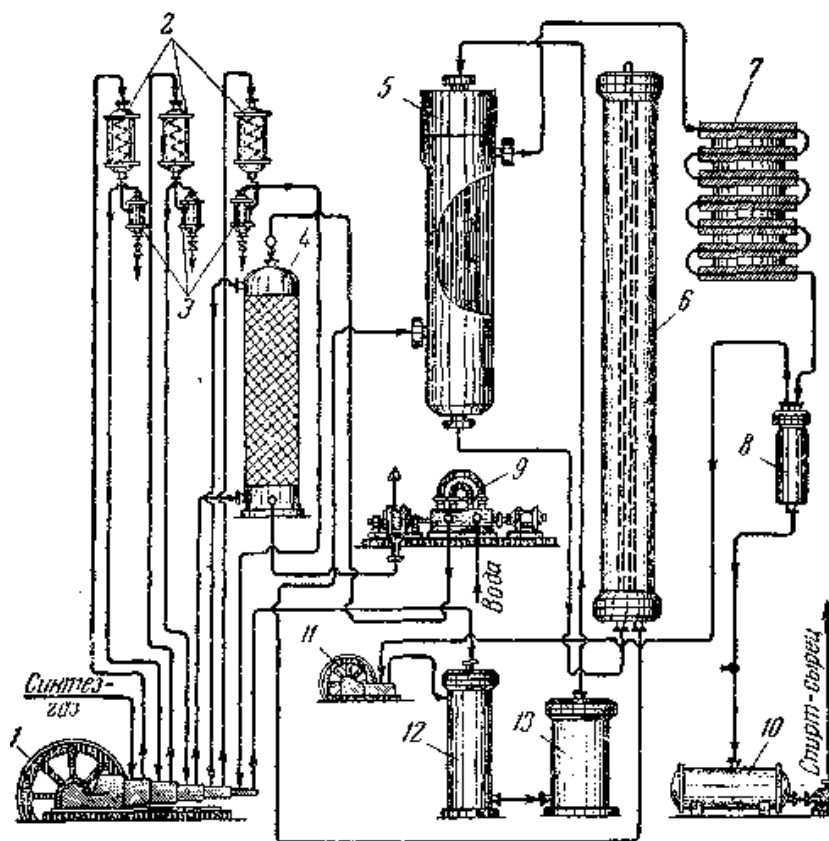
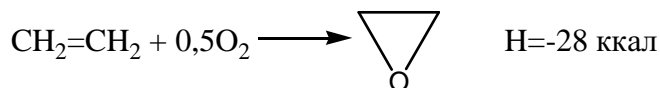


Схема синтеза метилового спирта из окиси углерода и водорода  
 1 – компрессор; 2-холодильники газа; 3-водоотделители; 4 – скруббер; 5 – теплообменник высокого давления; 6 – колонны синтеза; 7 – холодильник-конденсатор; 8 – сепаратор; 9 – агрегат мотор-насос-турбина; 10 – сборник спирта-сырца; 11-циркуляционный компрессор; 12-смеситель свежего и циркуляционного газа; 13-угольный фильтр

**Лекция 8-9. Производство оксидов и многоатомных спиртов.**  
 Производство окиси этилена и окиси пропилена окислением этилена и пропилена.

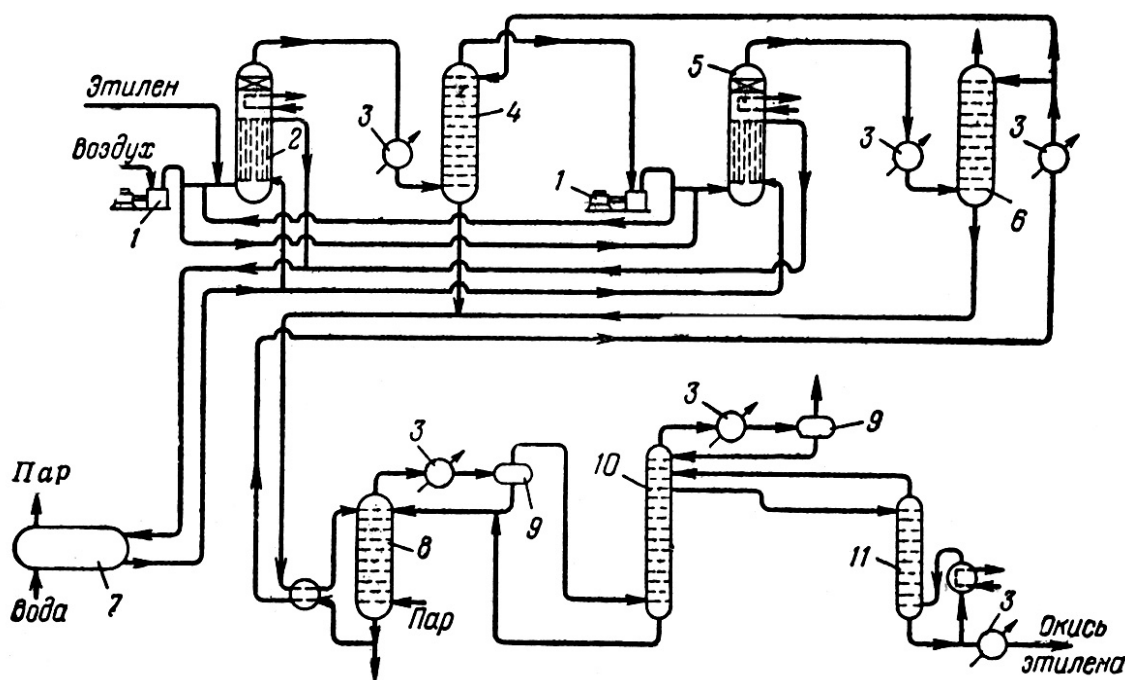
*Цель: Технологические схемы производства окиси пропилена и этилена*

**ОКИСЛЕНИЕ ЭТИЛЕНА** протекает по реакции



Практически единственным промышленным катализатором окисления этилена в окись этилена является серебряный катализатор, применяемый в различных модификациях. В серебряный катализатор могут входить активаторы (BaO и др.). В качестве носителей могут применяться окись алюминия, корунд, силикагель, огнеупорный кирпич.

Процесс ведут в интервале температур 200-300°C при повышенном давлении, Схема установки для производства окиси этилена в *псевдооживленном слое катализатора*.



*Схема производства окиси этилена в реакторе с псевдооживленным слоем катализатора*

1— компрессоры; 2 —основной реактор; 3.— холодильники; 4 — основной абсорбер; 5 — дополнительный реактор; 6 — дополнительный абсорбер; 7 —котел-утилизатор; 8 — десорбер; 9 — парциальные конденсаторы; 10, 11 — ректификационные колонны.

**Лекция 10-11. Производство альдегидов и кетонов.** Схемы окислительного производства формальдегида, ацетальдегида и ацетона.

*Цель: Технологические схемы производства альдегидов*

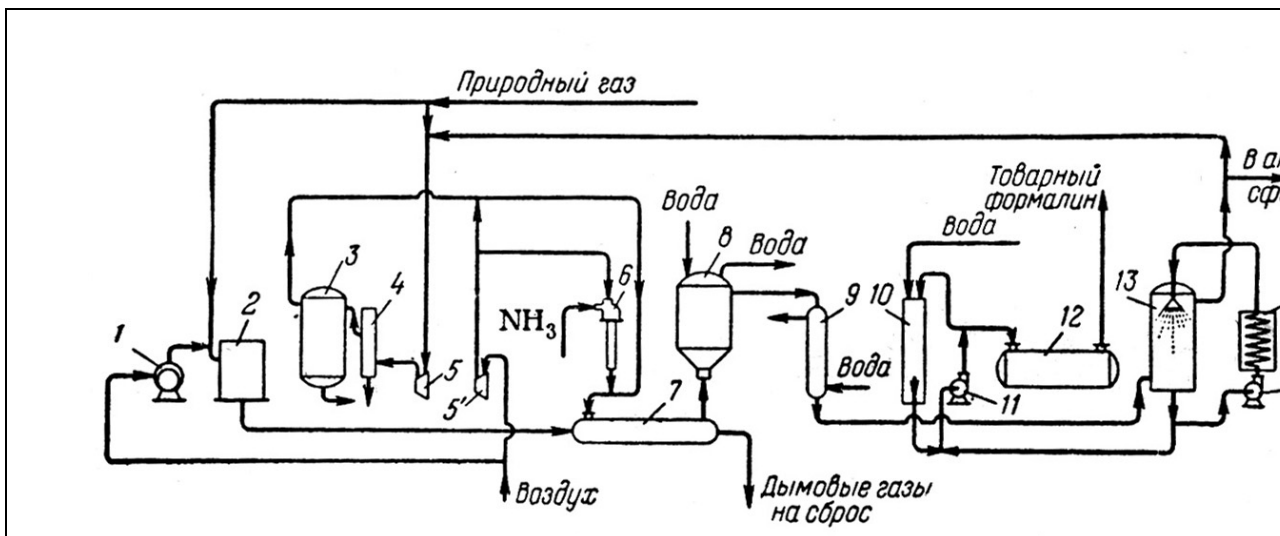
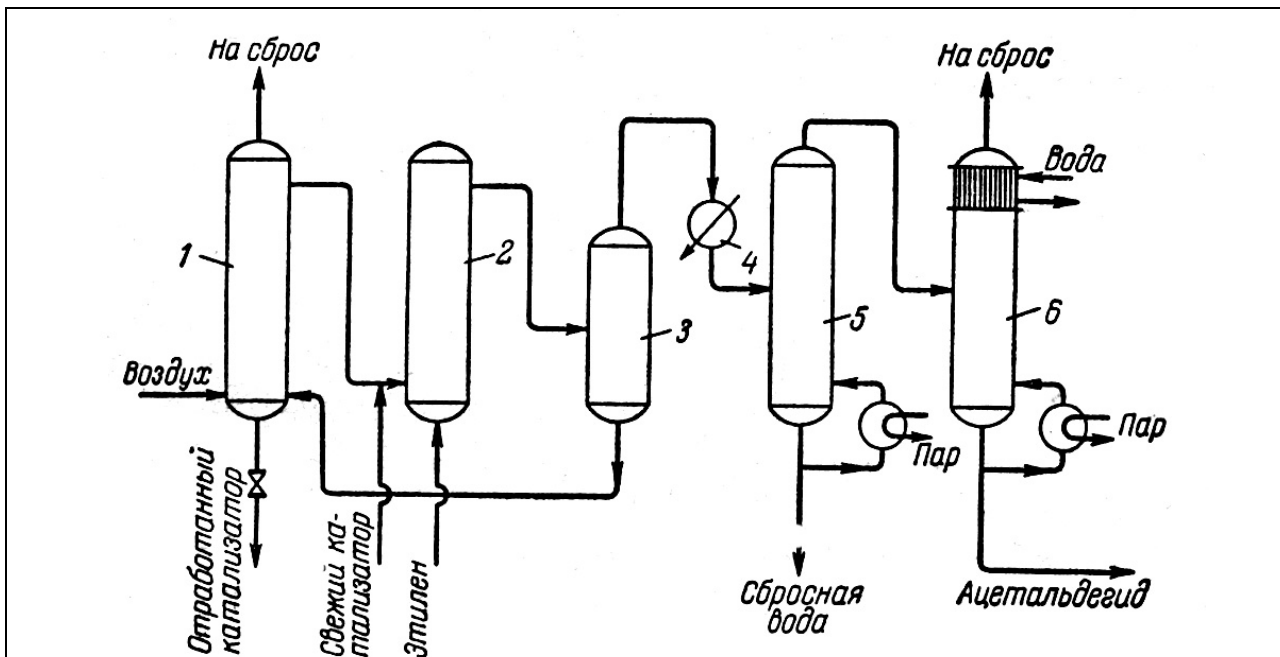


Схема производства формальдегида окислением метана в присутствии окислов азота:

1 — воздухоподувка; 2 — топка; 3 — ресивер; 4 — сепаратор; 5, 5' — компрессоры; 6 — контактный аппарат для окисления аммиака; 7 — трубчатый подогреватель; 8—реактор; 9—трубчатый холодильник; 10—абсорбер; 11, 15 — насосы; 12 — емкость для формалина; 13 — скруббер; 14 — змеевиковый холодильник.



Технологическая схема двухстадийного процесса окисления этилена в ацетальдегид

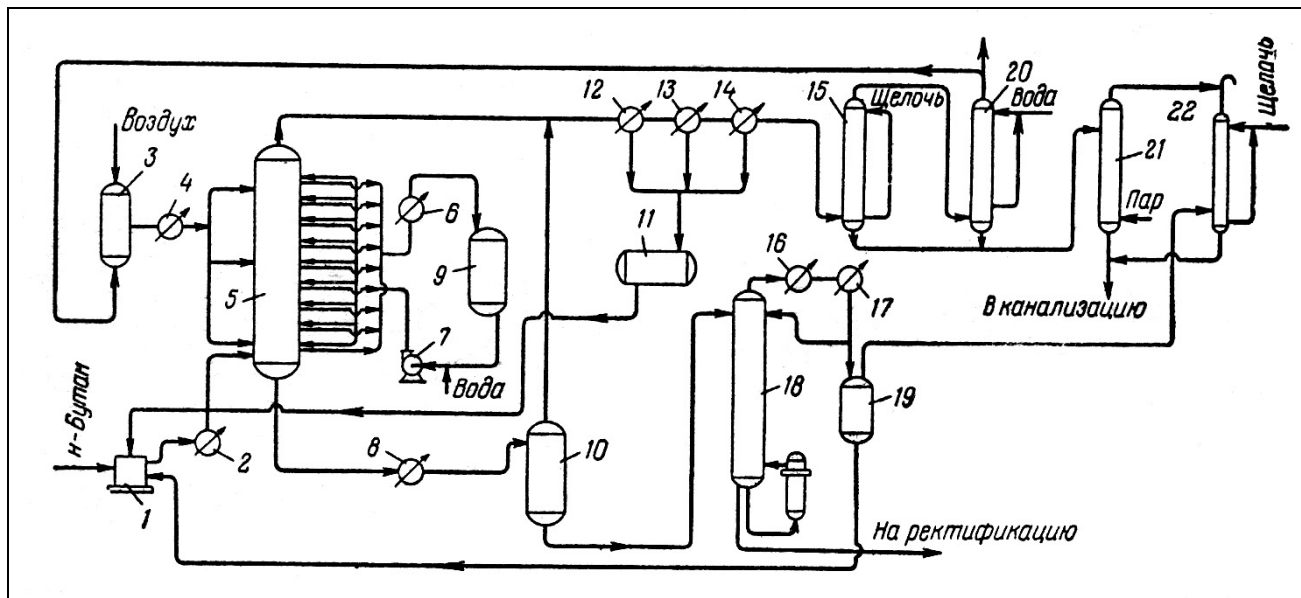
1 — регенератор; 2—реактор; 3 —отпарная колонна; 4 — холодильник; 5 —ректификационная колонна; 6 — колонна для выделения ацетальдегида



**Лекция 12. Производство карбоновых кислот, ангидридов и сложных эфиров.** Промышленные способы производства уксусной кислоты. Промышленные способы производства фталевого ангидрида.

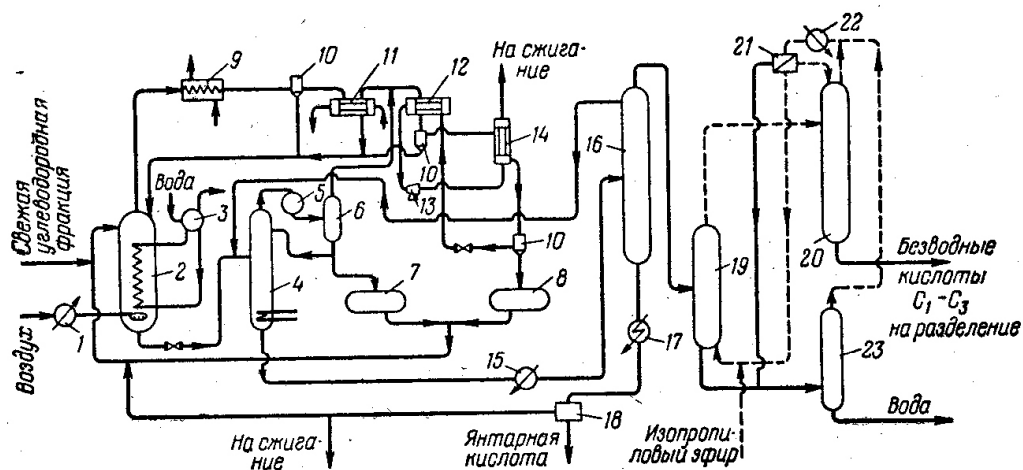
*Цель: Технологические схемы производства кислот и ангидридов*

Технологическая схема жидкофазного окисления н-бутана до уксусной кислоты



Технологическая схема жидкофазного окисления н-бутана:

1, 3 — смесители; 2, 4 — подогреватели; 5 — окислитель; 6, 8 — холодильники; 7 — насос для перегретой воды; 3 — сборник перегретой воды; 10, 19 — газосепараторы; // — сборник циркуляционного н-бутана; 12, 13, 14, 16, 17 — холодильники-конденсаторы; 15, 20, 22 — скрубберы; 18 — дебутанизатор; 21 — отпарная колонна.



**Рис. 93. Схема производства кислот  $C_1-C_4$  жидкофазным окислением легких бензиновых фракций:**

1 — подогреватель воздуха; 2 — окислитель; 3 — сборник пара; 4 — колонна для выделения низкокипящих продуктов; 5 — холодильник-конденсатор; 6, 10 — газосепараторы; 7, 8 — емкости для низкокипящих продуктов; 9 — котел-утилизатор; 11, 12, 14 — конденсаторы; 13 — турбодетандер; 15, 17 — холодильники; 16 — колонна для выделения высококипящих продуктов; 18 — кристаллизатор; 19 — колонна азеотропной дистилляции; 20 — колонна для выделения безводных кислот; 21 — отстойник; 22 — холодильник; 23 — колонна для выделения изопропилового эфира.

**Лекция 13. Производство нитропроизводных.** Производство нитробензола и динитробензола. Производство тринитротолуола.

*Цель: Химические схемы производства нитросоединений*

**Ключевые слова:** ЭЛЕКТРОФИЛЬНОЕ ЗАМЕЩЕНИЕ, НИТРУЮЩАЯ СМЕСЬ, НИТРОМАССА

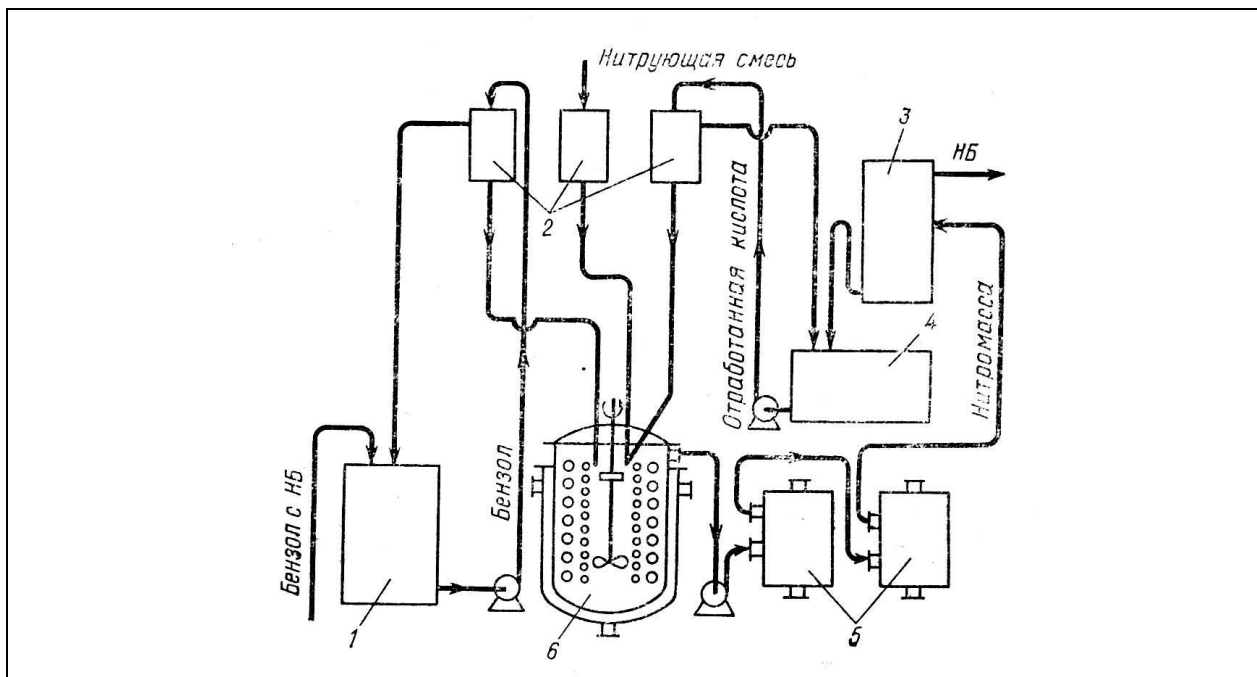


Схема непрерывного нитрования бензола.

1-емкость для нитробензола; 2 — напорные бачки; 3 — отстойник непрерывного действия каталитической кислоты; 5 — спиральные холодильники; 6 — нитратор непрерывного действия.

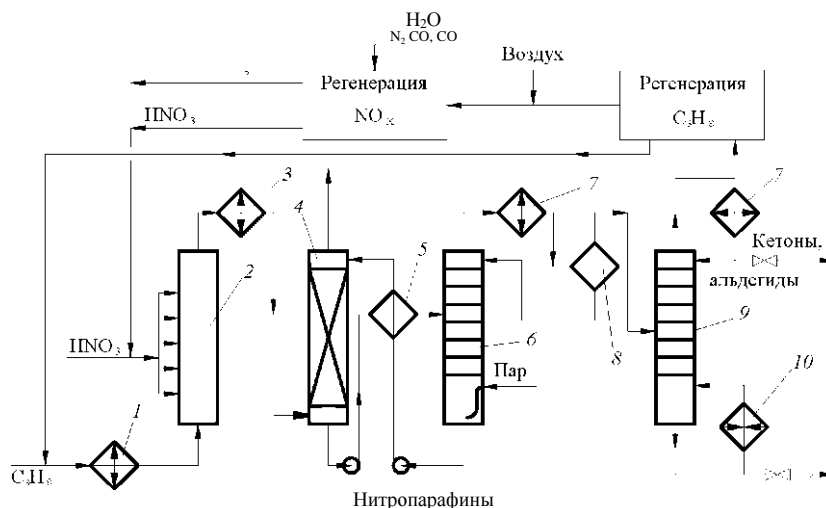


Рис. 21. Технологическая схема нитрования пропана:

1 - подогреватель; 2 - реактор; 3 - холодильник; 4 - абсорбер; 5 - теплообменник; 6 - отпарная колонна; 7 - конденсатор; 8 - сепаратор; 9 - ректификационная колонна; 10 - кипятильник

## Лекция 14. Производство алифатических аминов. Производство алифатических и ароматических аминов

Цель: Химические схемы производства алифатических и ароматических аминов

**Ключевые слова:** ПЕРВИЧНЫЕ, ВТОРИЧНЫЕ И ТРЕТИЧНЫЕ АМИНЫ. АЛКИЛИРОВАНИЕ АММИАКА, ВОССТАНОВЛЕНИЕ НИТРОПРОИЗВОДНЫХ

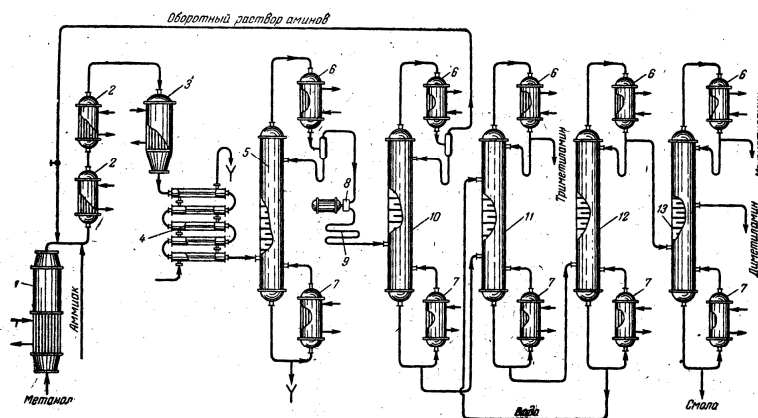


Рис. 181. Схема получения метиламинов из метанола и аммиака: 1 — испаритель; 2 — подогреватель; 3 — реактор; 4, 9 — холодильники-конденсаторы; 5, 10, 11, 12, 13 — ректификационные колонны; 6 — конденсаторы; 7 — кипятильник; 8 — компрессор.

Принципиальная схема получения метиламинов из метилового спирта и аммиака

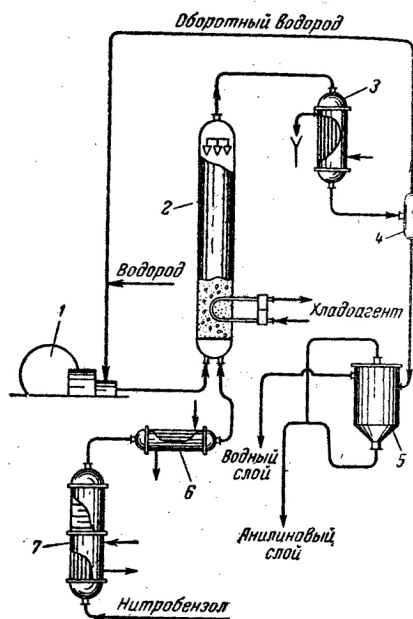
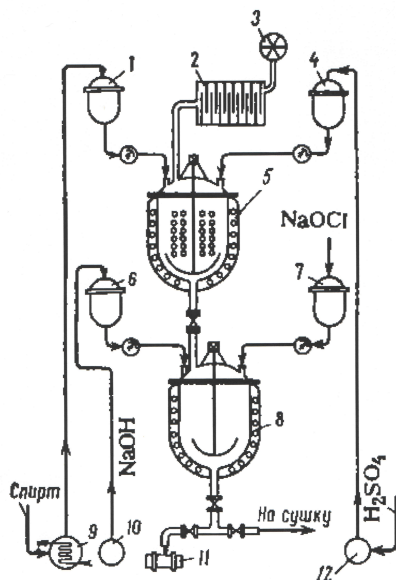


Схема восстановления нитробензола водородом: 1 — компрессор; 2 — реактор; 3 — конденсатор; 4 — сепаратор; 5 — разделитель; 6 — перегреватель; 7 — испаритель.

**Лекция 15. Производство серосодержащих соединений. Производство бензолсульфокислоты. Производство моющих средств.**

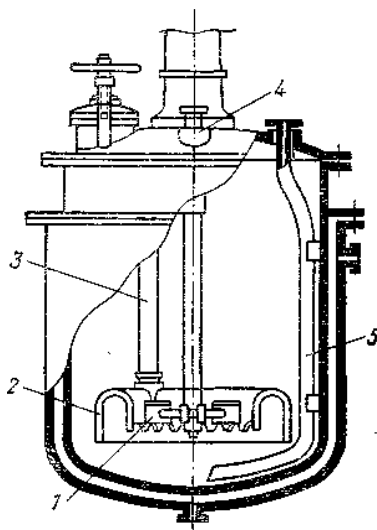
*Цель: Химические схемы производства серосодержащих соединений*

**Ключевые слова:** ПЕРВИЧНЫЕ АЛКИЛСУЛЬФАТЫ, СУЛЬФИРОВАНИЕ БЕНЗОЛА



1,4, 6,7 - мерники; 2- абсорбер; 3- вентилятор; 5 - реактор-сульфуратор; 8 - нейтрализатор; 9- емкость спирта; 10-емкость щелочи; 11 - тара; 12- емкость серной кислоты

Технологическая схема получения первичных алкилсульфатов



1 — турбинная мешалка с электроприводом; 2 — барботер; 3 — труба для подвода паров сульфируемого вещества; 4 — штуцер для отвода паров воды и сульфируемого вещества; 5 — труба для перекачивания.

Рисунок 14 - Реактор для сульфирования в парах

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени АЛЬ-ФАРАБИ  
ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра химии и химической технологии органических веществ, природных  
соединений и полимеров

**МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО  
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

по дисциплине : *«Основы промышленной органической химии»*  
специальность 5В072100 – Химическая технология органических веществ

Алматы, 2013

## **ВВЕДЕНИЕ**

Современные технологии производства важнейших органических веществ и материалов требуют глубоких знаний химических процессов, протекающих на всех этапах производства. Для обеспечения успешного протекания производственных процессов будущему химику-технологу необходимы глубокие знания в области синтетической органической химии.

Поэтому целью лабораторного практикума по органической химии для специальности «Химическая технология органических веществ» является формирование у студентов научного подхода к планированию и организации химического эксперимента, к прогнозированию оптимальных условий его проведения.

В процессе выполнения лабораторных работ студент должен научиться осуществлять несложные синтезы, выделять из реакционной массы образующиеся продукты, очищать их и устанавливать основные физико-химические константы, пользоваться справочной химической литературой, правильно вести лабораторный журнал, должен знать методы качественного и количественного анализа основных классов органических соединений, усвоить правила безопасной работы в химической лаборатории, ознакомиться с лабораторной посудой и оборудованием.

Студент должен понимать и оценивать требования к условиям проведения реакций, протекающих по различным механизмам, уметь объяснить выбор того или иного растворителя, катализатора, температурного режима, контролировать ход химической реакции, знать достоинства и недостатки избранного метода и возможность применения других методов получения и очистки синтезируемых соединений, отчетливо представлять себе физические и химические свойства исходных и конечных продуктов.

Лабораторные занятия должны приучить студента правильно обращаться с химической посудой и оборудованием, собирать лабораторные установки, выполнять различные операции (кристаллизацию, перегонку, сушку, хроматографирование и т. д.).

## **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ**

**К выполнению лабораторных работ по органической химии допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности, сдавшие в оформленном виде лабораторную работу № 1 и расписавшиеся в нормативном документе отдела ТБ и ОТ.**

К выполнению последующих лабораторных работ допускаются студенты, сдавшие предыдущую работу по установленной форме отчета и сдавшие теоретическую часть выполняемой работы.

### **Форма отчета по лабораторной работе**

Студент должен научиться ясно и точно описывать проведенные им синтезы. Для этого по каждой работе составляется отчет, который заносится в рабочий журнал. Примерная форма отчета приведена ниже.

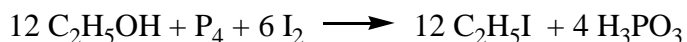
Для обеспечения безопасных условий труда в лаборатории в первую очередь необходимо, чтобы внимание студентов было полностью сосредоточено на выполняемой ими работе. Поэтому, перед тем как приступить к выполнению

лабораторной работы, студенту следует внимательно изучить пропись синтеза и обратить особое внимание на вопросы техники безопасности.

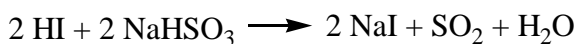
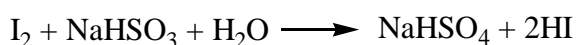
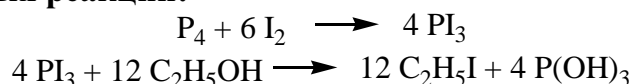
### Лабораторная работа №

Название Синтез йодистого этила

Уравнение основной реакции (с подобранными коэффициентами):



Уравнения побочных реакций:



Литературный источник: Альбицкая В.М., Гинзбург О.Ф. и др. Лабораторные работы по органической химии – М.:Высшая школа, 1967 – С.69

#### Пропись синтеза

В круглодонную колбу с красным фосфором приливают спирт и постепенно при частом встряхивании прибавляют в течение 10 мин тонко измельченный йод. Колбу время от времени охлаждают, погружая в холодную воду. Соединив колбу с обратным

водяным холодильником, реакционную смесь оставляют стоять 2 ч при частом встряхивании, после чего 2 ч нагревают на водяной бане. Далее заменяют обратный холодильник на прямой и отгоняют йодистый этил на кипящей водяной бане. Если последние порции отгоняются трудно, то водяную баню удаляют, вытирают насухо колбу и нагревают ее короткое время на асбестовой сетке.

Полученный погон, окрашенный йодом в темно-коричневый цвет, промывают несколько раз водой в делительной воронке для удаления спирта, а затем водой с добавкой нескольких капель раствора бисульфита натрия для удаления йода и, наконец, водой с добавкой нескольких капель раствора едкого натра (для нейтрализации следов HI). Полученное бесцветное масло сушат небольшим количеством прокаленного хлористого кальция и перегоняют, нагревая колбу на кипящей водяной бане.

Температура кипения чистого йодистого этила 72°. Выход — 25 г.

**Таблица 1 - Физико-химические характеристики реагентов и продуктов реакции (литературные данные)**

Название вещества	$M_r$	т. кип., °C	т. пл., °C	$n_D^{20}$	$d_4^{20}$ , г/см <sup>3</sup>
Этанол	46,07	78,39	-114,15	1,3611	0,7893
Йод	153,81	185,5	113,6	-	4,94

Фосфор красный	30,98	-	593 <sup>4,36</sup>	-	2÷2,4
Йодистый этил	155,96	-108,5	72,2	1,5133	1.933

**Таблица 2 - Расчет количеств исходных веществ**

Название вещества	Количество по методике			Предложено взять преподавателем		
	г	мл	моль	г	мл	моль
Этанол	19,7	25	0,43	7,9	10	0,17
Йод	25,0	-	0,16	10,0	-	0,065
Фосфор красный	2,5	-	0,08	1,0	-	0,032
Бисульфит натрия (1 М раствор)	50	50	-	-	20	-
Хлористый кальций	5	-	-	2	-	-
Вода	100	100	-	40	40	-

### **Список химической посуды и оборудования**

Круглодонная колба на 50 мл  
 Обратный холодильник  
 Прямой холодильник  
 Аллонж  
 Плоскодонные колбы на 100-250 мл  
 Насадка для перегонки  
 Термометр, шкала деления 0-100<sup>0</sup>С  
 Мерные цилиндры на 25 мл  
 Делительная воронка  
 Химическая воронка  
 Перегонная колба  
 Электрическая плитка, мощностью 0,8 кВт  
 Фарфоровая чашка  
 Фильтры  
 Водяная баня  
 Колотый лед или снег  
 Рефрактометр  
 Весы

### **Подробное описание проделанной экспериментальной работы**

В круглодонную колбу, снабженную обратным холодильником, поместил 1,0 г красного фосфора и 10 мл этилового спирта. К содержимому колбы добавил небольшое количество, измельченного в ступке, йода. Наблюдалось разогревание колбы. Поэтому колбу охлаждал в бане со льдом и водой (снегом). После прекращения разогревания добавил снова небольшое количество йода и охлаждал колбу в бане. В течение 15 минут добавил всего 10 г йода. Содержимое колбы имело темно-коричневый цвет.

Колбу нагревал при частом встряхивании в течение 2 часов на водяной бане. Затем собрал установку для перегонки и провожу отгонку из колбы, в которой проводил синтез. В приемнике собрал светло-коричневый отгон. Масса остатка в колбе, в которой проводили синтез, равна 2,3 г.



Светло-коричневый отгон перелил в делительную воронку и прилил к нему 50 мл 1 М раствора бисульфита натрия. После встряхивания нижний слой обесцветился. После расслоения слои разделил. Нижний слой промыл дважды водой (по 50 мл) и слил в плоскодонную колбу. Туда добавил 5 г хлористого кальция.

После сушки в течение часа фильтрую сырой продукт в перегонную колбу. Масса хлористого кальция - 5,1 г.

Провел перегонку сырого продукта. Отгонка началась при  $t=65^{\circ}\text{C}$ . Собрал 1,5 г предгона. Когда температура поднялась до  $69-70^{\circ}\text{C}$  колбу с предгоном заменил на чистую и собрал 8,5 г иодистого этила.  $n_D^{20} = 1,5128$ . Остаток в перегонной колбе - 2 г.

**Таблица 3 – Материальный баланс**

Название вещества	Взято		Название вещества	Получено	
	г	моль		г	моль
Этанол	7,9	0,17	Йодистый этил	8,5	0,054
Йод	10,0	0,065	Остаток в колбе синтеза	2,3	
Фосфор красный	1,0	0,032	Бисульфит натрия (1 М раствор)	57	
Бисульфит натрия (1 М раствор)	50		Хлористый кальций	5,1	
Хлористый кальций	5,0		Вода	103	
Вода	100		Предгон	1,5	
			Остаток в перегонной колбе	2	
<b>ИТОГО</b>	<b>182,9 (100 %)</b>		<b>ИТОГО</b>	<b>178,4 (97,5 %)</b>	

Выход иодистого этила по этанолу – 31,8%

Выход иодистого этила по йоду - 83,1%

Выход иодистого этила по методике – 85 %

**Объяснение в случае низкого выхода продукта реакции (меньше 50% от теоретически возможного).**

Продукт сдан (дата)

Лаборант \_\_\_\_\_ (роспись)

Работа принята преподавателем (дата) \_\_\_\_\_ (роспись)

В рабочем журнале указывают номер и название лабораторной работы, уравнения основной и побочных реакций, пропись синтеза заданного вещества и литературный источник, откуда взята пропись (руководство или журнал, том, страница, год и место издания). Далее приводятся физико-химические

характеристики реагентов и продуктов реакции, расчет реагентов и список необходимой химической посуды и оборудования.

После проверки расчетов преподавателем или лаборантом студент приступает к эксперименту.

Описание лабораторной работы ведется в процессе ее выполнения. При этом описывается лишь то, что было сделано в действительности. В описании должно быть отражено, происходило ли в ходе реакции появление или исчезновение окраски или осадка, выделение газа, самопроизвольное повышение температуры и т.д., как контролировалось течение реакции, как определялся ее конец. Если очистка вещества проводилась перегонкой, то в отчете указывают, какое количество вещества было взято для перегонки, число и массу выделенных фракций, температуру их кипения. При описании кристаллизации указывают количество взятого препарата и растворителя, температуру плавления до и после кристаллизации, количество препарата, полученного после кристаллизации. В описании работы должны быть также указаны количества реагентов, вспомогательных веществ, отходов, остатков и предгонов.

Затем составляется материальный баланс. В таблицу вносят количество реагентов, вспомогательных веществ и конечных продуктов (в граммах и молях). Подсчитывается суммарное количество взятых и полученных веществ.

Расхождение между количеством взятых и полученных веществ не должно быть больше 10%. Этот показатель является *критерием аккуратности проведенной экспериментальной работы*. Если расхождение будет больше 10%, то необходимо снижать оценку работы.

*Критерием эффективности проведенной работы* является выход продукта по методике. Если выход продукта по методике меньше 50%, то работа считается неудовлетворительной.

В отчете также приводятся выходы продукта по исходным реагентам и объяснение в случае низкого теоретического выхода продукта. Низкие теоретические выходы свидетельствуют о неэффективности самой методики синтеза.

Выполнив лабораторную работу, студент обязан сдать преподавателю отчет по работе, а лаборанту - синтезированное вещество.

Прием работы преподавателем включает в себя: проверку формы отчета, анализ таблицы материального баланса, определение аккуратности и эффективности проведенной работы, беседу со студентом, выполнившим работу. По результатам собеседования преподаватель принимает решение о приеме работы.

Преподаватель обязан расписаться о приеме лабораторной работы, указав дату сдачи, и дать разрешение на выполнение следующей работы. Приступать к следующей лабораторной работе без разрешения преподавателя запрещается.

### **Пользование литературой**

Весьма важной и существенной частью подготовки студента к выполнению лабораторной работы является предварительная работа с литературными источниками, где описаны синтезы заданного вещества, и справочной литературой, где описаны физико-химические константы реагентов и конечных продуктов.

Несмотря на достаточное количество практических руководств и практикумов по органической химии в библиотеке, вполне вероятна ситуация, когда необходимый литературный источник отсутствует. Что делать? Где найти другие литературные источники?

На это случай, рекомендуется пользоваться указателем препаративных синтезов (И.М.Лернер, А.А.Гонор, Н.М.Славачевская, А.И.Берлин Указатель препаративных синтезов – Л.:Химия, 1982 – 278 с.), где поиск литературных источников осуществляется по брутто-формуле.

Для того, чтобы найти пропись синтеза, необходимо написать брутто-формулу вещества. Затем, в указателе найти название заданного вещества, отвечающего брутто-формуле, и литературные источники.

Пример. Необходимо найти синтез йодистого метила. Его брутто-формула –  $C_2H_5I$ . На стр.12 Указателя препаративных синтезов напротив брутто-формулы находим название (Йодистый этил) и сиглы – ссылки на источники (Б3,308; Г1,138; Г3,52; Г4,148; К2,66; Л2,70; Л5,50; Н2,191; П8,15; П11,431; П12,53; П16,81; Х3,122; Ю1,П,230).

По этим сиглам на стр. 273-277 Указателя препаративных синтезов находим название литературных источников.

Б3,180 – Беркенгейм А.М. Химия и технология синтетических лекарственных веществ - М.:ОНТИ, 1935 – С.180.

Г1,138 - Гаттерман Л., Вилланд Г. Практические работы по органической химии. Изд.5- М.-Л.: Госхимиздат, 1948 – С.138.

Г3,52 - Голодников Г.В., Низовкина Т.В., Рыскальчук Т.В. Практикум по органическому синтезу. – Л.: ЛГУ, 1967. – С.52.

Г4,148 - Голодников Г.В. Практические работы по органическому синтезу. – Л.:ЛГУ, 1966. – С.148.

К2,66 - Кацнельсон М.М. Приготовление синтетических химико-фармацевтических препаратов. – Л.:Госхимтехиздат, 1933. – С.66.

Л2,70 - Лабораторные работы по органической химии. Изд.3-е. – М.:Высшая школа, 1974. – С.70.

Л5,50 - Либ Г., Шенигер В. Синтезы органических препаратов из малых количеств веществ. – М.:Госхимиздат, 1957. – С.50.

Н2,191 - Некрасов В.В. Химия отравляющих веществ. – М.:Научтехиздат, 1930. – С.191

П8,15 - Полумикрометоды в органической химии. Сборник работ по органическим полумикросинтезам. – Киев: Киевский государственный университет, 1950. – С.15.

П11,431 – Препаративная органическая химия. Изд.2-е. – М.:Госхимиздат, 1964. – С.431.

П12,53 - Прянишников Н.Д. Практикум по органической химии. Изд.4-е. – М.:Госхимиздат, 1956. – С.53.

П16,81 - Практикум по органическому синтезу. – М.:Просвещение, 1974. – С.81.

Х3,122 - Храпкина М.Н. Практикум по органической химии. Изд.4-е. – Л.:Химия,1977. С.122

Ю1,П,230 – Юрьев Ю.К. Практические работы по органической химии. Выпуск III. Изд. 2-е. – М.:МГУ, 1964. – С.230.

Таким образом, используя Указатель препаративных синтезов, для йодистого метила было найдено 14 литературных источников, один из которых обязательно будет в библиотеке.

Поиск литературных источников очень важен не только для нахождения прописи синтеза. Он очень важен для сравнения способов получения вещества по разным методикам и оценки их эффективности. Для проведения лабораторной работы необходимо выбрать ту методику, в которой выход продукта наибольший и используемое оборудование, соответствует возможностям лаборатории.

Что касается справочной литературы, то рекомендуется использовать:

- Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. Изд.2-е. – Л.:Химия,1978. – 392 с.
- Справочник химика. Том 2. Основные свойства неорганических и органических веществ. – М.-Л.:Химия, 1964. – 1167 с.
- Свойства органических веществ. Справочник. Под ред. Потехина А.А. – Л.: Химия, 1984. – 519 с.

В этих справочниках можно найти физико-химические константы всех, используемых в лаборатории, веществ.

В тех случаях, когда невозможно найти литературные источники по Указателю препаративных органических синтезов, необходимо вести поиск по Реферативному Журналу «Химия» (РЖХим), Реферативному журналу «Chemical Abstracts» и другим информационным изданиям.

Поиск по Реферативному Журналу «Химия» (РЖХим) можно вести, используя как Формульный, так и Предметный указатели. Поиск синтеза по Формульному указателю аналогичен поиску по Указателю препаративных органических синтезов. Сначала пишут брутто-формулу, затем по ней находят название заданного вещества и ссылки на рефераты статей, где приведены методики синтеза. Поиск методики по Предметному указателю ведется по названию вещества.

Что касается работы с «Chemical Abstracts» и другими информационными изданиями, то полную информацию можно найти в книге Потапова В.М., Кочеткова Э.К. Химическая информация. Что, где и как искать химику в литературе. – М.:Химия,1979. – 303с.

## **1 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 «ОРГАНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА»**

### **1.1 Техника безопасности в химической лаборатории**

Приступая к работе по органическому синтезу, в первую очередь необходимо твердо усвоить общие правила работы в лаборатории органического синтеза, правила техники безопасности, знать меры предупреждения и предотвращения несчастных случаев, помнить, что беспорядочность, поспешность, неряшливость могут привести к порче работы и даже к несчастным случаям.

К работе в химической лаборатории могут быть допущены только лица, прошедшие полный инструктаж, сдавшие экзамен по ТБ и ОТ и обученные безопасным методам работы. Инструктируемый должен изучить свойства важнейших химических веществ, с которыми он будет работать; обращение с лабораторной посудой и основными приборами; возможные вредности; средства

профилактики отравлений и первой помощи; противопожарный инвентарь и правила пользования им.

Ответственным за соблюдение правил техники безопасности и пожарной безопасности в лаборатории являются преподаватель и лаборант, ведущие лабораторные занятия. По всем работам, проводимым в лаборатории, должны быть разработаны подробные инструкции по технике безопасности, которые должны находиться на рабочих местах лаборатории.

В каждой лаборатории должна быть вывешена надпись с фамилией сотрудника, ответственного за соблюдение правил техники безопасности и пожарной безопасности.

Методические основы стандартизации в области безопасности труда изложены в следующих Государственных стандартах:

ГОСТ 12.0.001—82. Основные положения;

ГОСТ 12.0.002—80. Термины и определения;

ГОСТ 12.0.003—74. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;

ГОСТ 12.0.004—79. Организация обучения работающих безопасности труда. Общие положения.

Основные положения, о которых студент должен помнить всегда при выполнении практикума по органической химии, приведены ниже.

1. Все работы в лаборатории должны проводиться в хлопчатобумажных халатах, застегивающихся спереди.
2. Для защиты глаз от химических ожогов и механических повреждений следует пользоваться очками типа ОЗО (открытые защитные очки) или защитной маской из органического стекла С-40.
3. Для защиты органов дыхания, глаз и кожи лица от воздействия содержащихся в воздухе вредных веществ использовать промышленные фильтрующие противогазы. При этом каждый студент должен знать размер пригодного для него шлема-маски противогаза.
4. От действия агрессивных веществ необходимо защищать руки резиновыми анатомическими или кислотощелочестойкими перчатками.
5. При работе в лаборатории органической химии всегда нужно помнить, что органические соединения в той или иной мере ядовиты и взрывоопасны. Поэтому необходимо соблюдать чистоту, аккуратность, быть внимательным, не допускать соприкосновения веществ с кожей, не трогать руками лицо и глаза, не принимать пищи во время работы.
6. Категорически запрещается оставлять действующие приборы без наблюдения и одному работать в лаборатории.
7. На всех банках, склянках и на любой другой посуде, в которой хранятся реактивы, должно быть указано их название. Пользоваться реактивами неизвестного происхождения категорически запрещается.
8. Нельзя производить какие бы то ни было опыты в загрязненной посуде. Посуду следует мыть сейчас же после окончания опыта.
9. Нельзя наклоняться над сосудом, в котором что-либо кипит или в который наливается какая-нибудь жидкость (особенно едкая). При нагревании жидкости в пробирке отверстие ее не должно быть направлено ни на кого из работающих в лаборатории.

10. Категорически запрещается пробовать химические вещества на вкус. Нюхать вещества можно только, если есть полная уверенность, что они не ядовиты. При этом, не делая глубокого вдоха, не наклоняясь над сосудом, следует направлять к себе пары или газы движением руки.

11. При работе со стеклом и химической посудой необходимо соблюдать правила предосторожности во избежание ранения осколками стекла. Тонкостенную химическую посуду нагревают не на открытом огне, а на асбестовой сетке; причем необходимо следить, чтобы ни с одной стороны сосуда пламя горелки не выбивалось из-под сетки, так как в результате неравномерного нагревания сосуд может лопнуть. Большие химические стаканы с жидкостями следует поднимать только двумя руками, поддерживая стакан одной рукой за дно.

12. Острые края стеклянных трубок должны быть оплавлены на газовом пламени. При разламывании надрезанных стеклянных трубок их нужно растягивать, а не сгибать, защитив руки полотенцем. Вставляя стеклянную трубку в резиновую пробку, нужно обернуть трубку полотенцем, держать как можно ближе к вставляемому концу и не проталкивать ее, а ввинчивать, смочив водой, вазелином или глицерином. Конец трубки необходимо предварительно оплавить.

13. Перед тем как начать загрузку реагентов, нужно тщательно осмотреть прибор и убедиться в том, что он правильно собран, а при наличии мешалки проверить ее работу. Внутреннее пространство любого прибора, не предназначенного для работы под давлением или под вакуумом, во избежание взрыва всегда должно иметь сообщение с атмосферой.

14. Работу с запаянными трубками, автоклавами и баллонами со сжатыми и сжиженными газами можно производить только после изучения специальных инструкций по технике безопасности.

15. При работе с газовыми горелками необходимо следить за тем, чтобы:

- а) газовые горелки стояли на керамической или асбестовой подставке;
- б) поблизости не было легковоспламеняющихся веществ;
- в) пламя не отрывалось от горелки и не проскакивало внутрь нее. В последнем случае горелку нужно погасить, дать остыть и лишь затем зажечь. Нельзя держать без надобности на столах зажженные горелки.

16. Отсасывать воздух из вакуум-эксикатора можно только с помощью водоструйного насоса. При этом вакуум-эксикатор нужно обернуть полотенцем или накрыть матерчатым колпаком. Колбу для фильтрования под вакуумом (колбу Бунзена) объемом более 1 л также необходимо обворачивать полотенцем.

17. Перед тем как приступить к вакуум-перегонке, нужно изучить специальную инструкцию по технике безопасности.

18. Во время работы дверцы вытяжного шкафа нельзя открывать больше чем на  $V_3$  рабочего сечения шкафа. Категорически запрещается производить работу в вытяжном шкафу с полностью поднятыми дверцами, просовывать голову внутрь вытяжного шкафа. При вспышках в вытяжном шкафу немедленно выключить вентиляцию и закрыть дроссель-клапан, так как в противном случае пожар может распространиться по вентиляционному каналу.

19. Переливать кислоты или растворы щелочей, проводить щелочное плавление или реакции, сопровождающиеся бурным вскипанием, можно только в

вытяжном шкафу, закрыв дверцу шкафа так, чтобы лицо было защищено от возможных брызг. При этом нужно находиться в защитных очках или надеть защитный щиток С-40.

20. Большие бутылки с концентрированными кислотами, щелочами I и аммиаком следует держать в корзинах или в деревянной обрешетке. При переносе или переливании этих веществ из больших бутылей в меньшие сосуды через сифон и воронку необходимо пользоваться защитными очками, резиновыми перчатками, фартуком и резиновыми сапогами.

21. Если нужно смешать две жидкости, то жидкость с большей плотностью приливают при перемешивании к жидкости с меньшей плотностью.

При разбавлении концентрированной серной кислоты, при смешивании концентрированной серной и азотной кислот и вообще, если смешивание веществ сопровождается выделением теплоты, можно пользоваться только тонкостенной химической посудой из стекла или фарфоровой посудой.

22. Не нейтрализованные едкие отработанные жидкости категорически запрещается выливать в раковину. Их надо предварительно нейтрализовать или сливать в специальные бутылки.

23. С хлором, бромом, диоксидом серы, оксидами азота, сероводородом, фосгеном и всеми другими веществами, пары которых ядовиты или дурно пахнут, необходимо работать в вытяжном шкафу, проверив предварительно, хорошо ли он действует. При этом дверцы шкафа должны быть закрыты так, чтобы внизу оставалась небольшая щель. В этом случае воздух из помещения удаляется с большей скоростью и вредные пары из шкафа не попадают в помещение.

В каждой лаборатории должно быть несколько противогазов на случай аварии, сопровождающейся выделением ядовитых газов.

24. При работе с бромом следует помнить, что это очень ядовитое вещество, сильно действующее на слизистые оболочки и вызывающее трудно заживающие ожоги. Все работы с бромом проводят в вытяжном шкафу, предварительно проверив действие вентиляции. При переливании брома необходимо надевать резиновые перчатки, а также беречь глаза от паров брома. Из препаративной бром получают только в толстостенной посуде со стеклянной пробкой. Переливание брома в капельную воронку производят под тягой, пользуясь при этом стеклянной воронкой, причем необходимо предварительно проверить действие крана капельной воронки и смазать его.

25. Все работы с легко воспламеняющимися жидкостями должны проводиться только в вытяжном шкафу. При этом по соседству не должно быть открытого огня и включенных плиток. Нагревать такие жидкости можно лишь на банях, заполненных соответствующим теплоносителем.

26. Эфир нагревать можно только горячей водой, которую нагревают на другом рабочем месте. Пары эфира тяжелее воздуха и стелются по столу, что может привести к пожару и взрыву при наличии открытого огня. При перегонке эфира над металлическим натрием нельзя нагревать перегонную колбу с эфиром на водяной бане; перегонку следует вести на песчаной бане, нагретой не выше 50—60 °С. При перегонке старых запасов эфира, во избежание взрыва, из них предварительно надо удалить пероксидные соединения, например, взбалтыванием с раствором железного купороса. Нельзя отгонять эфир из перегонной колбы

досуха и собирать большие количества отогнанного эфира в один приемник (не более 300—400 мл).

27. Хранить эфир (особенно абсолютный) можно только в толстостенных бутылках, лучше из темного стекла, закрытых корковой пробкой с хлоркальциевой трубкой.

28. Категорически запрещается выливать в канализацию отходы различных горючих органических растворителей, в том числе и смешивающихся с водой. Их нужно сливать в специальные бутылки.

29. При работах с металлическим натрием необходимо следить, чтобы на столе не оказалось даже самых незначительных количеств воды, чтобы вблизи не было брызгающих шлангов от холодильников, открытых водопроводных кранов. Резать натрий можно только на сухой белой бумаге, надев очки и не прикасаясь к натрию незащищенными руками. По окончании работы необходимо тщательно собрать все остатки непрореагировавшего натрия в банку с керосином и сдать препаратору. Перед мытьем посуды, в которой производилась работа с натрием, тщательно проверяет, не осталось ли в ней хоть самое незначительное количество металлического натрия. Мелкие остатки непрореагировавшего натрия в реакционных сосудах уничтожают, растворяя их в спирте этиловом, вторичном бутиловом.

30. Во всех лабораториях должны быть противопожарные асбестовые одеяла, ящики с песком, совок, углекислотные огнетушители емкостью 2,5 и 8 л (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8).

В случае возникновения пожара надо прежде всего погасить горелки, выключить газ и плитки, унести находящиеся поблизости горючие вещества, а затем тушить пламя углекислотным огнетушителем, песком или используя противопожарное асбестовое одеяло. Песок применяют при загорании небольших количеств веществ. Углекислотные огнетушители служат для тех же целей, но при больших очагах пожара, а также для тушения электропроводки и электроустановок.

Воду нельзя применять для тушения горящих жидкостей, не смешивающихся с водой. Будучи легче воды, они образуют на ее поверхности тонкую пленку, что приводит к распространению и усилению пожара. Водой нельзя тушить электропроводку и электроустановки, находящиеся под напряжением.

Если загорелась одежда, то на пострадавшего следует набросить противопожарное асбестовое одеяло. Пострадавший должен броситься на пол, и, перекатываясь по полу, гасить горящую одежду. Пострадавшему нельзя давать бежать.

Нарушение правил техники безопасности приводит к несчастным случаям. При термических ожогах I степени (краснота, незначительная припухлость) обожженное место следует протереть спиртом. При ожогах II и III степени наложить стерильную повязку или закрыть обожженные участки чистой тканью. Обожженную конечность следует освободить от тесной одежды, так как после ожога может развиваться отек. При значительных по площади ожогах пострадавшего следует уложить.

При попадании щелочи или кислоты на кожу обожженное место нужно промывать струей воды в течение 20—30 мин, а в случае сильных поражений промывание следует вести до 1,5—2 ч (вода не должна быть холодной). После



тщательного промывания обожженных мест водой с пострадавшим поступают так же, как и в случае термических ожогов.

При попадании щелочи или кислоты в глаз нужно промывать его длительное время большим количеством воды, направляя нерезкую струю прямо в глаз. Вода должна иметь комнатную температуру.

При ожогах фенолом и бромом пораженное место следует обрабатывать длительное время спиртом. При порезах и ссадинах край раны смазать иодом и наложить стерильную повязку.

Во всех случаях после оказания первой помощи пострадавший должен быть направлен в медпункт.

## **2. Лабораторная работа №2. Абсолютирование растворителей**

### **2.1 Абсолютирование этанола**

Этиловый спирт обладает высокой растворяющей способностью, смешивается с водой, эфиром, хлороформом, бензолом в любых отношениях. Синтетический этиловый спирт загрязнен уксусным альдегидом, ацетоном. Спирт, полученный брожением, содержит высшие спирты (сивушные масла). В качестве денатурирующих веществ употребляют пиридин, метиловый спирт, бензин. Технический абсолютный спирт, получаемый перегонкой 95%-ного спирта с бензолом, может содержать небольшие количества бензола и воды.

Обычный спирт - ректификат - это азеотропная смесь с водой, содержащая 4,4% воды. Температура кипения этой смеси - 78,18 °С.

Существует несколько способов обезвоживания - абсолютирования спирта.

*Азеотропная перегонка с бензолом.*

Абсолютный 99,5%-ный спирт получают при азеотропной перегонке ректификата с бензолом. Сначала перегоняется при 64,9 °С тройная азеотропная смесь: 74,1% бензола, 18,5% спирта и 7,4% воды. Затем отгоняется азеотропная смесь бензола и спирта при 68,2 °С. И наконец, при 78,3 °С перегоняется безводный (99,5%-ный) этиловый спирт.

*Обезвоживание с помощью прокаленного оксида кальция.*

В колбе с обратным холодильником, защищенным хлоркальциевой трубкой, кипятят 1 л 95,6%-ного спирта (ректификата) с 250 г прокаленного оксида кальция в течение 6 ч. Затем спирт отгоняют из колбы с дефлегматором и нисходящим холодильником в приемник, защищенный от влаги воздуха хлоркальциевой трубкой. Первую порцию спирта (15—20 мл) отбрасывают. Получается 99,5%-ный спирт. Обезвоженный спирт очень гигроскопичен.

*Обезвоживание с помощью магния.*

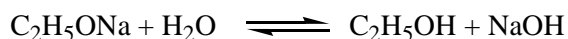
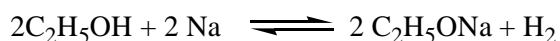
Дальнейшее обезвоживание абсолютного спирта с помощью магния приводит к получению 99,95%-ного спирта.

В колбу, снабженную обратным холодильником, защищенным хлоркальциевой трубкой, помещают 5 г стружек магния, 0,5 г иода, 75 мл 99,5%-ного спирта. Смесь нагревают до начала бурной реакции. После окончания этой реакции смесь вновь нагревают. Если выделяется водород, то смесь нагревают до полного растворения магния, прибавляют еще 900 мл 99,5%-ного спирта. Смесь кипятят 30 мин. Затем спирт отгоняют на водяной бане в приемник, защищенный хлоркальциевой трубкой от доступа влаги воздуха. Первые 25 мл дистиллята

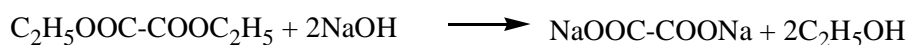
отбрасывают. При этом получают 99,95%-ный спирт. Такой спирт очень гигроскопичен.

*Обезвоживание с помощью натрия и диэтилфталата (или диэтилоксалата).*

Абсолютный спирт высокого качества получается при обезвоживании натрием в присутствии легкоомыляющихся сложных эфиров (диэтилфталата, диэтилоксалата):



Гидроксид натрия реагирует с легкоомыляющимся сложным эфиром (диэтилфталатом или диэтилоксалатом). Тогда за счет удаления гидроксида натрия происходит сдвиг равновесия.



В колбу, снабженную обратным холодильником с хлоркальциевой трубкой, помещают 1 л 99,5%-ного этанола и 7 г натрия. После растворения всего натрия прибавляют 30 г диэтилфталата и кипятят 1 ч с обратным холодильником. Затем спирт отгоняют на водяной бане в защищенный от влаги воздуха приемник. Первые порции спирта (20—25 мл) отбрасывают. Содержание воды в таком спирте от 0,01—0,05%. Температура кипения спирта 78,3 °С. Вместо диэтилфталата можно использовать этилформиат (40 г) или диэтилоксалат (25 г).

Этиловый спирт огнеопасен и образует с воздухом взрывоопасные смеси (2,6—18,9% спирта по объему).

## 2.2 Абсолютирование бензола

Бензол, поступающий в продажу, содержит до 0,15% тиофена. Бензол с водой образует азеотропную смесь, содержащую 91,17% бензола и кипящую при 69,25 °С. С водой и этиловым спиртом образует тройную азеотропную смесь.

Бензол обезвоживают азеотропной перегонкой. При перегонке влажного бензола сначала отгоняется азеотропная смесь с водой (69,25 °С). При перегонке отбрасывают первые 10% дистиллята. После этого в приемник начинает поступать прозрачный бензол, который можно считать безводным. Лучше обезвоживать бензол кипячением его с металлическим натрием с последующей отгонкой бензола над натрием.

Для очистки бензола от тиофена технический бензол встряхивают 1 ч на механической качалке с несколькими порциями концентрированной серной кислоты (10% по объему). Обработку серной кислотой проводят до тех пор, пока кислотный слой не будет оставаться бесцветным. Затем бензол промывают водой, 10%-ным раствором гидроксида натрия, водой, сушат хлоридом кальция и перегоняют над натрием.

Бензол — сильный яд. Вдыхание паров бензола вызывает сильное отравление, ведущее иногда даже к смерти. При попадании на кожу бензол легко всасывается в организм. Бензол огнеопасен, и пары его дают взрывоопасные смеси с воздухом (0,8—8,6% бензола по объему).

### 2.3 Абсолютирование ацетона

Ацетон смешивается с водой, эфиром, спиртом в любых отношениях. Технический ацетон содержит примесь воды, метилового спирта, уксусной кислоты. Очистку от метилового спирта можно производить при нагревании ацетона в колбе с обратным холодильником с небольшим количеством порошкообразного перманганата калия (4—5 г на 1 л ацетона), который вводят маленькими порциями до появления устойчивой фиолетовой окраски. Затем добавляют безводный поташ. Смесь фильтруют и фильтрат перегоняют.

Можно высушить ацетон, выдержав его в течение 1 — 2 ч над оксидом фосфора (V). При этом периодически добавляют новую порцию оксида фосфора (V), затем перегоняют ацетон над свежей порцией осушителя.

Иногда для осушения ацетона применяют безводный хлорид кальция (120 г хлорида кальция на 1 л ацетона). Смесь кипятят, дважды заменяя осушитель через каждый 5 ч. Затем ацетон перегоняют над хлоридом кальция в приемник. Ацетон очень гигроскопичен.

Ацетон можно сушить также безводным поташом при нагревании с обратным холодильником в течение нескольких часов. Затем жидкость сливают и перегоняют над свежей порцией поташа.

Ацетон огнеопасен и образует с воздухом взрывоопасные смеси (1,6—15,3% ацетона по объему).

### 2.4 Абсолютирование диоксана

Диоксан является отличным растворителем для многих органических веществ. Неограниченно растворяется в воде и многих органических растворителях.

Технический продукт содержит примеси уксусной кислоты, воды, ацетальдегида, этиленацетала уксусного альдегида (ацеталь этиленгликоля) и пероксиды, если растворитель долго хранится. Поэтому сначала делают пробу на пероксиды.

Способ очистки диоксана выбирают в зависимости от степени его загрязнения. Для определения степени загрязнения небольшую пробу диоксана нагревают с натрием. Если натрий реагирует с диоксаном в незначительной степени, не образуя коричневого осадка, то диоксан достаточно перегонять всего лишь 1—2 раза над металлическим натрием. Если же при реакции с натрием образуется коричневый осадок, то проводят тщательную очистку диоксана. Пероксиды и уксусную кислоту удаляют при кипячении технического диоксана с порошкообразным гидроксидом калия 6 ч в колбе с обратным холодильником (65—70 г КОН на 1 л диоксана). Далее диоксан очищают от ацетала и уксусного альдегида. В круглодонную колбу, снабженную обратным холодильником и газоподводящей трубкой, доходящей до дна колбы, помещают 1 л диоксана, 14 мл концентрированной соляной кислоты в 100 мл воды.

Смесь кипятят 12 ч, пропуская при этом через нее слабый ток азота для удаления уксусного альдегида. Затем охлаждают и постепенно при перемешивании прибавляют небольшими порциями твердый гидроксид калия до прекращения растворения его. Верхний слой диоксана отделяют в делительной воронке,

оставляют на сутки над твердым гидроксидом калия. Затем диоксан переливают в колбу, снабженную обратным холодильником, и кипятят над 5 г металлического натрия в течение 6—12 ч, пока прекратится реакция и поверхность натрия будет оставаться блестящей. Если во время кипячения весь натрий прореагировал, то добавляют новую порцию. Диоксан перегоняют над натрием из колбы, снабженной дефлегматором с термометром и нисходящим холодильником, в приемник, защищенный хлоркальциевой трубкой. При охлаждении холодильника холодной водой (ниже 10 °С) следует следить за тем, чтобы во время перегонки диоксан не закристаллизовался в трубке холодильника. Для предотвращения образования пероксидов диоксан следует хранить в темной склянке над гидроксидом калия.

Диоксан огнеопасен. С воздухом образует взрывоопасные смеси (1,97-25% диоксана по объему). Относится к вредным для здоровья веществам. При хранении образует пероксиды.

## **2.5 Абсолютирование хлороформа**

Хлороформ образует тройную азеотропную смесь с водой (3,5%) и этиловым спиртом (4%), кипящую при 55,5 °С. Технический хлороформ содержит 1% этилового спирта, добавляемого в качестве стабилизатора для связывания фосгена. Фосген образуется при фотохимическом разложении хлороформа. Примесь спирта удаляют многократным встряхиванием на механической качалке с водой. Затем встряхивают с несколькими порциями концентрированной серной кислоты (5% по объему), заменяя кислоту свежей, пока она не перестанет окрашиваться. Хлороформ многократно промывают водой при встряхивании в делительной воронке, сушат безводным поташом и перегоняют над небольшим количеством оксида фосфора (V). На свету хлороформ под действием кислорода воздуха разлагается с образованием фосгена и хлороводорода. Поэтому хлороформ следует хранить в темной склянке.

Хлороформ не образует взрывоопасных смесей с воздухом. Нельзя хлороформ сушить и перегонять над натрием, так как происходит взрыв.

Пары хлороформа действуют наркотически.

## **2.6 Абсолютирование четыреххлористого углерода**

Четыреххлористый углерод образует азеотропную смесь с водой, содержащую 4,5% воды и кипящую при 66 °С. Тройная азеотропная смесь с водой (4,3%) и этиловым спиртом (9,7%) кипит при 61,8 °С.

Технический четыреххлористый углерод может содержать до 4% сероуглерода. Для очистки четыреххлористого углерода 1 л его перемешивают в колбе с холодильником при нагревании в течение 30 мин при 50-60 °С с раствором 60 г гидроксида калия в 60 мл воды и 100 мл спирта. Обработку повторяют несколько раз, после чего органический слой промывают водой, небольшим количеством концентрированной серной кислоты до тех пор, пока кислота не перестанет окрашиваться. Затем опять промывают водой, высушивают хлоридом кальция и перегоняют. Для окончательной сушки четыреххлористый углерод кипятят несколько часов над оксидом фосфора (V) и перегоняют.

В большинстве случаев для обезвоживания четыреххлористый углерод достаточно просто перегнать, так как он дает азеотропную смесь с водой, кипящую

при 66 °С. Вода удаляется с первыми порциями дистиллята, которые отбрасывают. Четыреххлористый углерод считается безводным после того, как начнет перегоняться прозрачная жидкость.

Четыреххлористый углерод нельзя сушить и перегонять над натрием, так как происходит взрыв.

Четыреххлористый углерод ядовит. Вызывает раздражение слизистых оболочек, головокружение, судороги, потерю сознания.

## **2.7 Абсолютирование пиридина**

Пиридин смешивается с водой, спиртом, эфиром во всех отношениях. Образует азеотропную смесь с водой, кипящую при 94° С и содержащую 57% пиридина.

Безводный пиридин получают при кипячении его над кусочками гидроксида калия в колбе с обратным холодильником, конец которого закрыт хлоркальциевой трубкой. Затем пиридин перегоняют с дефлегматором или с колонкой над гидроксидом калия, собирая фракцию 114-116 °С в приемник, защищенный хлоркальциевой трубкой от попадания влаги воздуха. Чистый, сухой пиридин из технического получают кипячением его с твердым гидроксидом калия, фракционируют, а затем обрабатывают кислым водноспиртовым раствором хлорида цинка (II). В смесь, приготовленную из раствора 424 г хлорида цинка (II), 365 мл воды, 173 мл концентрированной серной кислоты, 345 мл 95,6%-ного этилового спирта, прибавляют при перемешивании 500 мл свежее-перегнанного пиридина. Выпавший осадок  $ZnCl_2 \cdot 2C_5H_5N$  отфильтровывают и дважды перекристаллизовывают из абсолютного этилового спирта. Свободный пиридин выделяют разложением соли раствором гидроксида натрия (на 100 г продукта присоединения — 26,7 г гидроксида натрия в 40 мл воды). Выделившийся пиридин отделяют фильтрованием, высушивают кипячением с твердым гидроксидом калия или оксидом бария. Затем пиридин фракционируют, защитив приемник от попадания влаги воздуха. Пиридин ядовит. Вдыхание его паров приводит к тошноте, желудочным коликам, расстройству нервной системы. Образует взрывчатую смесь с воздухом (1,8—12,5% пиридина по объему).

## **3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 «Реакции нуклеофильного замещения у алифатического атома углерода»**

### **3.1 Синтез бромистого бутила**

#### **3.1.1 Способ 1**

В двугорлую круглодонную колбу, снабженную обратным холодильником и капельной воронкой, помещают 4 г красного фосфора, предварительно промытого водой и высушенного над серной кислотой в эксикаторе, и 23 мл *n*-бутилового спирта. Охлаждая реакционную колбу холодной водой, постепенно в течение 1 ч, прибавляют по каплям из капельной воронки, кран которой смазан вакуумной смазкой, 10 мл брома при частом встряхивании. После введения всего брома реакционную смесь доводят до комнатной температуры при постоянном встряхивании, а затем, нагревая на водяной бане, медленно поднимают

температуру до кипения. Нагревание ведут в течение 3 ч при частом встряхивании до исчезновения паров брома.

Бромистый бутил отгоняют из этой же колбы с водяным паром, отделяют в делительной воронке от воды и промывают 10%-ным раствором гидрокарбоната натрия, а затем водой. После высушивания препарата хлоридом кальция его перегоняют из колбы Вюрца, собирая фракцию при температуре кипения 101...102°C.

Выход 27г (76% от теоретического).

Бромистый бутил (1-бромбутан)- бесцветная жидкость, смешивается с этиловым спиртом и эфиром, хорошо растворяется в ацетоне, ограниченно- в воде (0,061 г в 100мл при 30°C). Т.кип. 101,6°C,  $\rho_{4}^{20} = 1,2990$ ,  $n_{d}^{20} = 1,4398$ .

### 3.1.2 Способ 2

В круглодонную колбу вместимостью 250 мл помещают 37г тонко растертого бромида калия, 40 мл воды и 23 мл бутанола-1. при охлаждении в бане с водой и перемешивании в колбу порциями по 3-4 мл добавляют 25 мл концентрированной серной кислоты. Колбу снабжают обратным холодильником и нагревают в течение 2 часов, поддерживая слабое кипение жидкости. Вначале содержимое колбы периодически встряхивают для ускорения растворения бромида калия. В процессе кипячения реакционная смесь приобретает красно-коричневую окраску, обусловленную бромом.

Прекратив на некоторое время нагревание, колбу соединяют с прибором для простой перегонки и отгоняют из реакционной смеси 1-бромбутан в приемник с 50 мл холодной воды. Перегонку ведут до тех пор, пока в приемник не перестанут стекать тяжелые маслянистые капли 1-бромбутана. Отгон вместе с водой переносят в делительную воронку, нижний слой отделяют. Если продукт окрашен, то его промывают разбавленным раствором гидросульфита натрия. Для очистки продукта от непрореагировавшего спирта и дибутилового эфира его встряхивают в делительной воронке с равным объемом охлажденной до 0°C концентрированной серной кислоты. Нижний (кислотный) слой сливают, 1-бромбутан промывают последовательно водой, 10%-ным раствором гидрокарбоната натрия, снова водой и высушивают хлоридом кальция. Высушенный продукт перегоняют, собирая фракцию в интервале 99-103°C

### 3.2 Синтез бромистого аллила

В 3-литровую круглодонную колбу вливают смесь 1 кг водной 48%-ной бромистободородной кислоты, 300 г (162 мл) концентрированной серной кислоты. Затем добавляют 233 г чистого аллилового спирта. Колба снабжена механической мешалкой, делительной воронкой и эффективно действующим нисходящим холодильником. Пускают в ход мешалку и постепенно к теплomu раствору прибавляют с помощью делительной воронки 300 г концентрированной серной кислоты. При этом бромистый отгоняется полностью в течение 30-60 минут. Сырой продукт промывают разбавленным раствором соды, сушат хлористым кальцием и перегоняют. Выход бромистого аллила с т. кип. 69°C колеблется в пределах от 445 до 465 г (92—96% теоретич.).

### 3.3 Синтез бромистого изоамила

В 5-литровой круглодонной колбе к смеси 2,1 кг 48%-ной бромистоводородной кислоты и 600 г концентрированной серной кислоты прибавляют в приведенном ниже порядке 880 г изоамилового спирта (т. кип. 130—132°) и 100 г концентрированной серной кислоты. Прозрачный гомогенный раствор осторожно кипятят с обратным холодильником в течение 5-6 часов. Вскоре после начала кипячения начинается образование слоя изоамилбромида, причем примерно через 1 час реакция является законченной. Обратный холодильник заменяют на прямой и отгоняют бромистый изоамил. Выход сырого продукта - 1435 г. После обработки концентрированной серной кислотой продукт весит 1410 г (93% теоретич.). При фракционировании, однако, получается значительное количество высококипящих продуктов; выход кипящего при 116—120° изоамилбромида колеблется в пределах 1330—1360 г (88—90% теоретич.).

### 3.4 Синтез бромистого октила

В круглодонной колбе емк. 500 мл смешивают 240 г 48%-ной бромистоводородной кислоты, 62 г (34 мл) концентрированной серной кислоты и 71 г н.-октилового спирта, кипящего при 135—140°/100 мм. Смесь кипятят с обратным холодильником 5—6 час, затем разбавляют водой, отделяют слой бромида, промывают его сначала небольшим количеством концентрированной серной кислоты, потом водой и, наконец, разбавленным раствором соды. Промытый продукт сушат небольшим количеством хлористого кальция и перегоняют, собирая бромистый октил при 196—200° (91—93°/22 мм). Выход: 96 г (91% от теоретич.).

### 3.5 Синтез иодоформа

К раствору 20 г кристаллического  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  в 100 мл воды прибавляют 10 г этилового спирта и нагревают на водяной бане до 70°C (рис. 3 в Приложении I). В нагретую смесь вносят при тщательном перемешивании небольшими порциями 10 г измельченного иода (раствор приобретает желто-бурую окраску, которая, однако, вскоре исчезает). После того как внесен весь иод и жидкость обесцветилась, реакционную массу оставляют (под тягой) на 4—5 ч (можно и на ночь). Выпавший осадок отфильтровывают, многократно и тщательно промывают водой на фильтре и сушат на воздухе в темном месте. Выход около 2,5 г (30% от теоретического, считая на взятый в реакцию иод); т. пл. 119°C (после перекристаллизации из небольшого количества спирта).

### 3.6 Синтез бензилэтилового эфира

В круглодонную колбу емкостью 200 мл помещают 4 г КОН и 25 мл этилового спирта. Колбу снабжают обратным холодильником и осторожно нагревают смесь до растворения щелочи (небольшое количество КОН может остаться нерастворенным). Раствор охлаждают и прибавляют 5,8 мл хлористого бензила. Затем осторожно нагревают смесь до начала кипения и отставляют горелку. По окончании бурной стадии реакции (приблизительно через 15 мин) колбу помещают в горячую водяную баню и кипятят еще 20 мин. Реакционную смесь охлаждают в бане с холодной водой, прибавляют 50 мл ледяной воды и встряхивают до полного

растворения твердого вещества. Затем прибавляют небольшими порциями 2 н. НС1 до кислой реакции водного слоя по лакмусу. Полученный эфир отделяют, промывают водой (2 раза по 5 мл), сушат над плавленным  $\text{CaCl}_2$  и перегоняют, собирая фракцию с т. кип. 180—187°C. Выход около 20 г (60% от теоретического); по 1, 4955.

### 3.7. Синтез бутилэтилового эфира

В круглодонную колбу емкостью 150 мл, снабженную двурогим форштоссом и обратным холодильником (примечание 1) с хлоркальциевой трубкой помещают 60 мл абсолютного этилового спирта и через вертикальную трубку форштосса постепенно добавляют 3 г металлического натрия (примечание 2). После того как весь натрий растворится, через капельную воронку добавляют 10,7 г (8,3 мл) н-бутилбромида и кипятят смесь в течение 1 ч на водяной бане. После охлаждения реакционной массы в колбу приливают 40—50 мл воды. При этом выпавший в результате реакции бромистый натрий растворяется, а образовавшийся эфир всплывает. Его отделяют в делительной воронке, промывают 20 мл воды, высушивают над плавленным  $\text{CaCl}_2$  и перегоняют из колбы Вюрца емкостью 10 мл с высоким отводом или из колбы Фаворского (рис. 7 в Приложении I), собирая фракцию с т. кип. 90—92°C. Выход около 6,5 г (80% от теоретического, считая на бромистый бутил);  $\rho^*_j$  1,3810.

*Примечания.* 1. Не рекомендуется проводить работу с натрием в колбе с вертикально поставленным обратным холодильником, так как в случае недостаточной герметичности пробки, соединяющей холодильник с колбой, конденсирующаяся на внешней поверхности холодильника влага может попасть в реакционную смесь и осложнить протекание реакции.

2. Необходимое количество натрия отвешивают перед началом работы в стаканчике с керосином. Поверхность натрия должна быть чистой; кусочки натрия отрезают скальпелем и, предварительно тщательно обтерев фильтровальной бумагой, при помощи пинцета вносят через вертикальную трубку форштосса в прибор. Правила работы с натрием см. стр. 278.

### 3.8 Синтез ди-н-бутилового эфира

В круглодонную колбу емкостью 100 мл помещают 50 г н-бутилового спирта и 7 мл концентрированной серной кислоты. Смесь тщательно перемешивают. Затем нагревают реакционную колбу на слабом пламени горелки и отгоняют с небольшим дефлегматором легкокипящую фракцию (т. кип. около 90°C), состоящую из спирта и воды (нижний слой). При отгонке в качестве кипятильников используют запаянные сверху стеклянные капилляры. Когда объем дистиллята достигнет 6—8 мл, его помещают в делительную воронку и отделяют воду (нижний слой), вливая ее в мерный цилиндр. Спирт (верхний слой) возвращают в реакционную колбу. Операцию повторяют до тех пор, пока в отгоне не перестанет отслаиваться вода, а реакционная смесь не приобретет слабо-желтую окраску (не доводить до сильного потемнения жидкости). После охлаждения реакционную смесь переносят в делительную воронку, промывают 3 н. раствором NaOH до щелочной реакции промывных вод по лакмусу, затем водой (2 раза по 30 мл) и 30 мл насыщенного раствора  $\text{CaCl}_2$ , высушивают над  $\text{CaCl}_2$  и перегоняют (не досуха, так как эфир взрывоопасен), собирая фракцию с т. кип. 141—144 °C. Выход около 25 г (55% от теоретического); 1,3992



## 4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 Синтезы на основе кетонов и альдегидов

### 4.1 Синтез дибензальацетона

В стакан, снабженный термометром, наливают охлажденный до комнатной температуры раствор 7,5 г гидроксида натрия в смеси 75 мл воды и 60 мл спирта и помещают его в водяную баню. При температуре смеси 20-25°C и перемешивании прибавляют к раствору половину ранее приготовленной смеси 7,5 мл бензальдегида и 2,8 мл ацетона. Через 2-3 минуты начинается помутнение и образуется хлопьевидный осадок. В ходе процесса нельзя давать разогреваться реакционной массе, так как при температуре выше 30°C идет побочная реакция, снижающая выход целевого продукта. Через 15 минут приливают оставшуюся смесь бензальдегида и ацетона. Содержимое перемешивают еще 30 минут. Выпавший кашицеобразный осадок отсасывают на воронке Бюхнера, промывают на фильтре дистиллированной водой и сушат между листами фильтровальной бумаги. Выход 7-8 г (80-90% от теоретического).

Для получения чистого продукта дибензальацетон перекристаллизовывают из этилацетата и определяют температуру плавления и  $R_f$  (Silufol, бензол : этилацетат : петролейный эфир = 1:1:5, растворитель ацетон).

Дибензальацетон – 1,5-дифенил-1,4-пентадиен-3-он, стирилкетон, дистирилкетон, дициннамилкетон, циннамон) – светло-желтые моноклинные листочки при перекристаллизации из ацетона или диэтилового эфира и пластинки при перекристаллизации из этилацетата; т.пл. 112°C. Продукт растворим в этилацетате, ацетоне и хлороформе, трудно растворяется в воде, этаноле и диэтиловом эфире.

*Хроматография:*  $R_f=0,95$  (пластинки Силуфол, бензол : этилацетат : петролейный эфир = 1 : 1 : 5, растворитель – ацетон).

### 4.2 Синтез бензальанилина

В стакан, вместимостью 100 мл, наливают 10,5 г бензальдегида, а затем при энергичном перемешивании прибавляют 9,3 г анилина. Через несколько секунд начинается реакция, протекающая с выделением теплоты. Реакционной массе дают отстояться в течение 15 минут и при хорошем перемешивании выливают в стакан с 25 мл 95% этанола. Раствор оставляют на 10 минут при комнатной температуре, после чего в течение 30 минут охлаждают ледяной водой. Полученную кристаллическую массу отделяют на воронке Бюхнера и сушат на воздухе. Бензальанилин перекристаллизовывают из 85% этанола и определяют температуру плавления и  $R_f$ . Выход 15 г (83% от теоретического).

Бензальанилин (N-бензилиденанилин) – желтые иглы (при кристаллизации из сероуглерода) с т.пл. 54°C и т. кип. 300°C; не растворяется в воде, растворим в этаноле и диэтиловом эфире.

*Хроматография:*  $R_f=0,9$  (Silufol, ацетон : петролейный эфир : бензол : метанол : водный раствор аммиака (конц.) = 100: 200:50:5:2).

### 4.3 Синтез метилизопропенилкетона

В трехгорлую круглодонную колбу, снабженную механической мешалкой, обратным холодильником и термометром, помещают 5 молей метилэтилкетона и 1 моль параформа. При интенсивном перемешивании прибавляют 3,5 мл 0,5 н раствора едкого калия в метаноле. Реакцию проводят при 40-45<sup>0</sup>С в течение 30-40 минут. После нейтрализации 2 н раствором уксусной кислоты избыток метилэтилкетона отгоняют, а к остатку добавляют 0,5 г порошкообразной меди и 5 мл конц. фосфорной кислоты. Смесь нагревают в токе азота до температуры 120<sup>0</sup>С и отгоняют метилизопропенилкетон вместе с водяным паром. Кетон отделяют от воды, сушат над безводным сульфатом магния и подвергают перегонке при пониженном давлении. Выход метилизопропенилкетона -47-55% считая на параформальдегид.

## 5 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5. Ацилирование

### 5.1 Синтез этилацетата

В колбу Вюрца, снабженную капельной воронкой и соединенную с нисходящим холодильником, помещают 3 мл этилового спирта и 2,5 мл концентрированной серной кислоты. Содержимое нагревают на масляной бане до 140<sup>0</sup>С ( термометр в бане) и после достижения этой температуры из капельной воронки начинают медленно приливать смесь 20 мл ледяной уксусной кислоты и 20 мл этилового спирта с такой же скоростью, с какой отгоняется образующийся уксусноэтиловый эфир.

После окончания отгонки этилацетата его переносят в делительную воронку и промывают насыщенным раствором натрия для удаления непрореагировавшей уксусной кислоты, контролируя индикаторной бумагой. Эфирный слой отделяют и встряхивают его с насыщенным раствором хлорида кальция для удаления непрореагировавшего спирта (с первичными спиртами хлорид кальция образует кристаллическое молекулярное соединение  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ , нерастворимое в уксусноэтиловом эфире, но растворимое в воде). После разделения слоев в делительной воронке эфирный слой отделяют, сушат безводным хлоридом кальция и перегоняют из колбы Вюрца на водяной бане, собирая фракцию, кипящую при 75...79<sup>0</sup>С.

Выход 20 г (65% от теоретического).

Уксусноэтиловый эфир (этиловый эфир уксусной кислоты, этилацетат)-бесцветная жидкость с приятным запахом. Смешивается со многими растворителями: этиловым спиртом, диэтиловым эфиром, бензолом, хлороформом, ограниченно растворяется в воде (при 20<sup>0</sup>С образует 8,5%-ный раствор). Т. кип.77,15<sup>0</sup>С,  $\rho_{4}^{20} = 0,8820$ ,  $\eta_{\text{D}}^{20} = 1,3941$ .

### 5.2 Синтез бутилацетата

В круглодонную колбу, соединенную посредством двурогого форштосса с капельной воронкой и обратным холодильником через "ловушку" для воды, помещают 20 мл ледяной уксусной кислоты, 31 мл н-бутилового спирта и 2 мл концентрированной серной кислоты. Содержимое нагревают до кипения на

песчаной бани. Выделяющаяся при реакции вода отгоняется с бутиловым спиртом в виде азеотропной смеси и попадает в "ловушку". По мере накопления жидкость из "ловушки" сливают в небольшой мерный цилиндр, верхний слой (бутиловый спирт) через капельную воронку возвращают в реакционную колбу. Реакция считается законченной, когда выделится все количество воды, рассчитанное по уравнению реакции, или когда слой воды в "ловушке" перестанет изменяться.

Полученный эфир промывают в делительной воронке сначала водой, затем раствором гидрокарбоната натрия до нейтральной реакции по индикаторной бумажке и вновь водой. Отделив эфир от водного слоя, его высушивают прокаленным хлоридом кальция и перегоняют из колбы Вюрца, собирая фракцию, кипящую при 124...126°C. Выход 27 г (70% от теоретического).

Уксуснобутиловый эфир (бутиловый эфир уксусной кислоты, бутилацетат)-бесцветная жидкость с эфирным запахом, смешивается с этиловым спиртом и диэтиловым эфиром, в воде растворяется слабо (1 г в 100 мл при 25°C). Т. кип. 124...126°C,

### 5.3 Синтез изоамилацетата

В круглодонную колбу, снабженную капельной воронкой, "ловушкой" и обратным холодильником, помещают смесь 15 мл ледяной уксусной кислоты, 29 мл изоамилового спирта и 1 мл серной кислоты. Эту смесь кипятят на масляной или песчаной бани. Постепенно в "ловушке" собирается вода. Реакцию считают законченной тогда, когда выделится количество воды, рассчитанное по уравнению реакции.

Полученный эфир переносят в делительную воронку, промывают водой, 5%-ным раствором карбоната натрия до нейтральной реакции и сушат безводным хлоридом кальция. Затем продукт перегоняют из колбы, снабженной дефлегматором. Основная фракция отгоняется при 138...142°C. Выход 21 г (61,7% от теоретического).

Уксусноизоамиловый эфир (изоамилацетат, изоамиловый эфир уксусной кислоты, изопентиловый эфир уксусной кислоты, уксусноизопентиловый эфир)-бесцветная жидкость с фруктовым запахом, смешивается с этиловым спиртом, диэтиловым эфиром, хлороформом, трудно растворяется в воде (0,31 г в 100 мл). Т. кип. 142°C,  $\rho_{4}^{20} = 0,8720$ ,  $\eta_{D}^{20} = 1,4053$ .

### 5.4 Синтез этилбензоата

В круглодонную колбу помещают 15 г бензойной кислоты, 50 мл абсолютного этилового спирта, 1,5 мл концентрированной серной кислоты. Колбу закрывают пробкой с обратным холодильником, к которому присоединена хлоркальциевая трубка, и кипятят на водяной бани в течение 4 ч. После окончания реакции избыток этилового спирта отгоняют, остаток переносят в делительную воронку со 100 мл воды. Бензойноэтиловый эфир извлекают тремя порциями эфира по 20 мл. Эфирный экстракт промывают 5%-ным раствором карбоната натрия для удаления бензойной кислоты, затем водой и сушат безводным сульфатом натрия. Эфир отгоняют на водяной бани из колбы Вюрца, а остаток перегоняют на газовой горелке с асбестовой сеткой, собирая фракцию с т. кип. 210...212°C.

Выход 15 г (83 % от теоретического). Бензойноэтиловый эфир (этиловый эфир бензойной кислоты, этилбензоат) – бесцветная жидкость, растворяется в этиловом спирте, диэтиловом эфире, хлороформе, мало растворим в воде (0,08 г в 100 мл). Т. кип. 212,6°C,  $\rho_{4}^{20} = 1,0470$ ,  $\eta_{D}^{20} = 1,5068$ .

## 6 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6. Окисление

### 6.1 Синтез изомазляного альдегида

Трехгорлую колбу емкостью 1 л снабжают мешалкой, капельной воронкой и двумя холодильниками. Первый из них — обратный — соединяют с колбой, через него пропускают воду, нагретую до 70 °С (сильнее нагревать не следует, так как в приемную колбу может перейти спирт). Второй холодильник — нисходящий — присоединяют к верхней части первого, через него пропускают холодную воду. Приемник охлаждают смесью снега с солью, так как отгоняющийся в процессе реакции изомазляный альдегид очень летуч (пары алифатических альдегидов ядовиты; правила работы см. стр. 256).

В колбу помещают 50 г изобутилового спирта, нагревают до кипения и при интенсивном перемешивании в течение 30—40 мин по каплям приливают окислительную смесь, приготовленную из 57,6 г  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 43 мл концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 39 мл воды. После прибавления всей окислительной смеси реакционную массу нагревают еще 20 мин. Дистиллят, собравшийся в приемнике, перегоняют, собирая две фракции: с т. кип. 59—69°C (изомазляный альдегид) и 69—107°C (изобутиловый спирт). Первую фракцию перегоняют еще раз, собирая альдегид с т. кип. 61,5—62,5 °С;  $n_D^{20} 1,3730$ . Выход около 23 г (55—60% от теоретического).

### 6.2 Синтез циклогексанона

В трехгорлую колбу емкостью 1 л, снабженную мешалкой, капельной воронкой и обратным холодильником (рис. 3 в Приложении I), помещают раствор 25 г циклогексанола в 30 мл эфира (эфир чрезвычайно легко воспламеняется; правила работы см. стр. 260). Содержимое колбы охлаждают до 10—12 °С. Окислительную смесь, приготовленную из 23 г  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 38 г  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (плотн. 1,84 г/см<sup>3</sup>) и 250 мл воды, охлаждают до 4°C и прибавляют при перемешивании к раствору циклогексанола с такой скоростью, чтобы температура не поднималась выше 5°C. Раствор оставляют на ночь. На следующий день реакционную смесь перемешивают 3 ч при комнатной температуре. В делительной воронке отделяют верхний слой, нижний экстрагируют эфиром (4 раза по 50 мл). Эфирные вытяжки встряхивают с прокаленным  $\text{K}_2\text{CO}_3$  и высушивают над  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Остаток после отгонки эфира перегоняют в вакууме. Выход около 21 г (85% от теоретического); т. кип. 41—45°C при 9 мм рт. ст.;  $n_D^{20} 1,4485$ .

Аналогичным путем можно получить кетоны и из других вторичных спиртов: из октанола-2 — октанон-2 (выход 70% от теоретического: т. кип. 170—173°C;  $n_D^{20} 1,4150$ ); из нонанола-5 (синтез см. стр. 141) — ди-н-бутилкетон (выход 70% от теоретического; т. кип. 89—91 °С при 25 мм рт. ст.;  $n_D^{20} > 1,4190$ ).

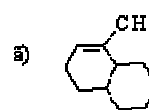
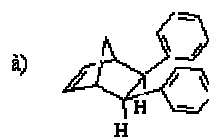
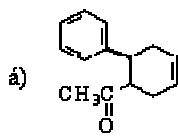
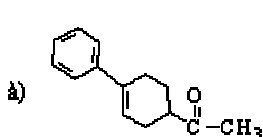
## СОДЕРЖАНИЕ СРСП

№	Содержание	Объем час.	Сроки сдачи,
	Современное состояние нефтехимической промышленности Казахстана. Послание Президента РК Н.А.Назарбаева народу Казахстана и Программа Правительства РК по развитию нефтехимического комплекса.	1	1
	Основные научные центры химической технологии органических веществ Казахстана. Научные направления деятельности и достижения. Современные направления развития химической технологии органических веществ в мире.	1	2
	Синтетические и природные цеолиты в нефтехимическом синтезе.	1	3
	Синтетические и природные цеолиты в нефтехимическом синтезе.	1	3
	Коксохимическое производство. Основные продукты производства и области из применения.	1	4
	Производство карбида кальция и ацетилена в Казахстане. Промышленное производство на основе ацетилена.	1	5
	Производство изопрена реакцией Принса	1	6
	Нефтяные углеводороды и природный газ – сырье в получении синтез-газа.	1	7
	Производство дихлорэтана окислительным хлорированием этилена	1	8
	Окисление насыщенных углеводородов. Механизм реакции. Газофазное и жидкофазное окисление насыщенных углеводородов.	1	9
	Производство этанола из растительного сырья	1	10
	Промышленные способы производства метилэтилкетона.	1	11
	Промышленные способы производства малеинового ангидрида.	1	12
	Утилизация нефтяной серы	1	13
	Производство алифатических аминов	1	14
	Переработка растительного сырья. Технологии и продукция Шымкентского химфармзавода	1	15
	<b>ИТОГО:</b>	<b>15 час</b>	<b>15 недель</b>

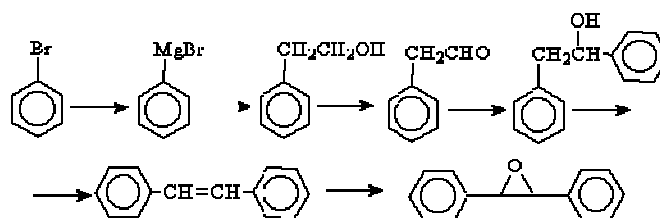
## ТЕМАТИКА СЕМИНАРСКИХ ЗАНЯТИЙ

### Семинар 1. Решение задач по теме «Проверка остаточных знаний по органической химии»

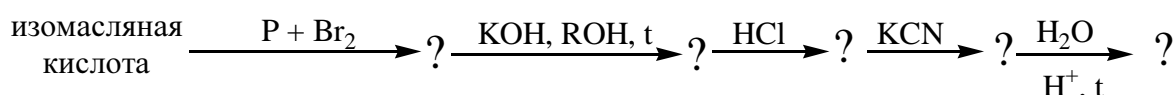
1. Какие углеводороды образуются при действии металлического натрия на смесь изоамилбромида и этилбромида?
2. Какие продукты преимущественно образуются при свободнорадикальном бромировании: а) этилбензола; б) гексена-2; в) метилизопропилкетона; г) 2,4-диметилгептана.
3. Как, используя пропионовую кислоту и необходимые неорганические реагенты получить: а) этан; б) бутан?
4. Приведите механизм реакции жидкофазного нитрования 2,5-диметилгексана. Какая реакция не позволяет развиваться цепному процессу? Как влияет реакционная способность атомов водорода в углеводороде на выход продуктов реакции нитрования? Какие соединения образуются побочно в этом процессе? Соединения назовите по систематической номенклатуре.
5. Напишите структурную формулу этиленового углеводорода, озонид которого при расщеплении водой образует: а) формальдегид и метилэтилуксусный альдегид; б) ацетон и ацетальдегид.
6. Какие исходные соединения необходимы для получения по реакции Дильса-Альдера следующих соединений:



7. Напишите схемы получения хлоропрена и изопрена из ацетилен и соответствующие уравнения реакции 1,4-полимеризации. Покажите строение (цис- и транс-) полиизопрена. Для изопрена приведите следующие уравнения реакций: 1) диенового синтеза с малеиновым ангидридом; 2) гидрохлорирования и последующего озонирования. Соединения назовите по систематической номенклатуре.
8. Напишите структурную формулу углеводорода состава  $C_6H_{10}$ , который присоединяет бром, образует реактив Июича, карбоксилированием которого получают алкилпропиоловую кислоту; при окислении дает изовалериановую и угольную кислоты. Соединения назовите по систематической номенклатуре.
9. Каковы общие правила замещения галогена в алкилгалогенидах? Как получают алкилфториды реакцией замещения? Объясните, почему при взаимодействии этанола с  $HBr$  получается этилбромид, а при взаимодействии с  $HI$  - этан. Предложите наиболее рациональный способ получения этилиодида. Сравните активность к замещению 1-пропанола, 1-хлорпропанола, пропилаэтилового эфира в реакции нуклеофильного замещения с  $HI$ . Рассмотрите механизм реакций.
10. Предложите два различных пути синтеза 3-метил-1-бутанола, используя реактивы Гриньяра.
11. Укажите необходимые для осуществления данных превращений реагенты и условия:



12. Какие продукты образуются при реакции пентанона-3 со следующими соединениями: а) водная серная кислота; б)  $\text{NaBH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ; в) 2,4-динитрофенилгидразин,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; г) 1.  $n\text{-C}_4\text{H}_9\text{Li}$ , 2.  $\text{H}_2\text{O}$ ; д) анилин, нагревание; е)  $\text{NaCN}$ , водная  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ; ж)  $\text{CH}_3\text{MgI}$ , диэтиловый эфир. Назовите все полученные соединения.
13. Что образуется в результате последовательных превращений:



Назовите все соединения.

14. Приведите схемы реакций *n*-пропилсульфокислоты со следующими реагентами: а)  $\text{NaHCO}_3(\text{H}_2\text{O})$ ; б)  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ; в)  $\text{PCl}_5$ ; г)  $\text{CH}_3\text{OH}$ , *t*; д)  $\text{NH}_3(\text{H}_2\text{O})$ ; е)  $\text{CaCO}_3$ .
15. Объясните, почему хлоруксусная и оксиуксусная кислоты имеют четкие температуры плавления ( $61^\circ\text{C}$  и  $80^\circ\text{C}$  соответственно), а аминоксусная кислота плавиться выше  $250^\circ\text{C}$  с разложением.
16. Как будет реагировать молочная кислота со следующими реагентами в указанных условиях: а)  $\text{CH}_3\text{OH}$  ( $\text{H}^+$ , *t*); б)  $\text{HBr}$ (конц.), *t*; в)  $\text{PCl}_5$  (эфир, *t*); г)  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ , *t*; д)  $\text{HI}$ (конц.), *t*; е)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (вода)? Назовите продукты реакций.

## Семинар 2. Решение заданий по теме «Проверка остаточных знаний по ХТОВ»

- Из каких этапов состоит химико-технологический процесс? Какие процессы и операции используются на каждой стадии химико-технологического процесса?
- Какие показатели эффективности химико-технологического процесса вы знаете?
- Что означает выражение "Реагенты взяты в стехиометрических соотношениях"?
- Чем отличается практический материальный баланс от теоретического?
- Рассчитайте материальный баланс процесса получения бромистого бутила из бутанола. исходные данные взять из практикума по органической химии.
- Какие термодинамические характеристики химических процессов вы знаете?
- Каким образом связаны между собой материальный и тепловой баланс химико-технологического процесса?
- С какой целью при проведении химических процессов в промышленности избыток реагента по отношению к стехиометрии? Какой реагент обычно используется в избытке?

9. Какие вещества называются катализаторами?
10. В чем заключается природа действия катализаторов?
11. Может ли катализатор сместить равновесие химической реакции? Почему?
12. Может ли катализатор изменить селективность химической реакции? Почему?
13. Каковы достоинства и недостатки гомогенных катализаторов?
14. Какие разновидности гомогенного катализа вы знаете?
15. Каковы достоинства и недостатки гетерогенных катализаторов?
16. Какие основные технологические характеристики твердых катализаторов вы знаете?
17. Через какие этапы работы проходит гетерогенный катализатор? Что вы знаете об "отравлении" катализатора и каталитических ядах?
18. Какие процессы применяются для разделения реакционных смесей?
19. Какой физико-химический фактор лежит в основе ректификации смесей?
20. Как определяются коэффициенты относительной летучести веществ в смесях?
21. Чем отличаются идеальные смеси от неидеальных? Каким параметром характеризуется степень неидеальности?
22. Что такое азеотропия? Можно ли разделить азеотропные смеси?
23. Какие массообменные элементы применяются в процессах ректификации?
24. Какова принципиальная схема ректификационного агрегата (узла)?
25. Что такое теоретическая тарелка? Как определяют число практических тарелок или высоту слоя массообменной насадки, если известно число теоретических тарелок?
26. Что такое флегма? Что такое флегмовое число? В какой взаимосвязи находятся флегмовое число и число теоретических тарелок?
27. В чём различие экстрактивной и азеотропной ректификации? Чем отличается экстрактивная и азеотропная ректификации от обычной ректификации?
28. Чем руководствуются при выборе экстрагента для разделения углеводородов с разным числом кратных связей?
29. Для чего используются процессы абсорбции? В чём их отличие от процессов экстрактивной ректификации?
30. В каких случаях используют экстракцию жидкость-жидкость?
31. В чём особенность процессов хемосорбции?
32. Как сочетаются процессы адсорбции и десорбции?

**Семинар 3.** Решение заданий по теме «Первичная и вторичная переработка нефти»

1. Какие сырьевые источники нефтехимического синтеза вы знаете? Какие требования предъявляются к нефтехимическому сырью?



2. Какова принципиальная схема первичной переработки нефти и попутного газа?
3. Чем различаются принципиальные схемы нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий?
4. Какие основные продукты получают при высокотемпературном пиролизе нефтяных углеводородов?
5. Какие разновидности каталитического крекинга вы знаете?
6. Из чего состоят углеводородная, неуглеводородная и минеральная части нефти?
7. Перечислите основные нефтепродукты
8. Приведите общую схему переработки нефти.
9. Какие превращения претерпевают углеводороды различных классов при крекинге нефтепродуктов?
10. Что характеризует стабильность углеводородов в процессе крекинга и как она зависит от температуры и сложности углеводорода?
11. Чем отличается облагораживание бензина от ароматизации?
12. С какой целью и как проводится очистка нефтепродуктов?

#### **Семинар 4. Решение заданий по теме «Переработка твердого топлива»**

1. Что такое степень углефикации твердого топлива?
2. Перечислите основные методы химической переработки каменных углей?
3. Что такое коксумость углей? выход летучих?
4. Какой процесс называется гидрированием твердого топлива?
5. Приведите общую схему коксохимического производства?
6. В чем преимущество сухого гашения кокса перед мокрым?
7. какие продукты выделяются из прямого коксового газа при улавливании?
8. Приведите в виде схемы последовательность операций при разделении прямого коксового газа.
9. В виде какой соли и почему извлекаются из прямого коксового газа соединения аммиака?
10. Какие соединения входят в состав "сырого бензола"?
11. На какие фракции ректифицируется каменноугольная смола и какие основные продукты выделяются из этих фракций?
12. Какое химическое топливо называется газообразным?
13. Чем отличается природный газ от попутного?
14. Как перерабатывается попутный нефтяной газ?
15. На чём основано выделение водорода из обратного коксового газа?
16. Что такое газификация твердого топлива?
17. Какие конверсионные процессы используются в промышленности?
18. Какой вид конверсии применяется для получения синтез-газа из метана?

**Семинар 5.** Решение заданий по теме «Химическая технология производства алканов и алкенов»

1. Приведите и объясните принципиальную схему разделения этана, пропана и бутана?
2. Как в промышленности разделяют углеводороды нормального строения и изостроения?
3. Как в промышленности отделяют бензол, толуол от бензина?
4. Как в промышленности разделяют бутан от бутиленов?
5. Как влияют температура, время контакта и парциальные давления газов на выход этилена при пиролизе пропана?
6. Как влияют температура, время контакта и парциальные давления газов на выход пропилена при пиролизе пропана?
7. Приведите схемы потоков производства этилена из бензина
8. Приведите химическую и технологическую схемы процесса "триолефин". Укажите условия процесса.
9. Приведите схему и условия концентрирования пропилена из пропан-пропиленовой фракции.
10. Какие вещества используются в качестве акцепторов водорода при окислительном дегидрировании парафинов?
11. Приведите промышленные способы получения высших олефинов.
12. Какие промышленные способы получения ацетилена вы знаете?
13. В чем сущность и преимущества плазмохимического способа получения ацетилена? Что является сырьем для этого процесса?

**Семинар 6.** Решение заданий по теме «Химическая технология производства алкадиенов»

1. Приведите химическую схему и условия получения бутадиена-1,3 по способу Лебедева?
2. Приведите химическую и принципиальную схему получения бутадиена-1,3 из бутан-бутиленовой фракции? укажите условия процесса.
3. Приведите химическую схему, стадии и условия получения бутадиен-1,3 из ацетилена.
4. Опишите технологию извлечения бутадиен-1,3 из газов пиролиза.
5. Приведите химическую и принципиальную схему получения изопрена из изопентан-изопентеновой фракции? укажите условия процесса.
6. Опишите схему разделения изопрена из смеси  $C_5$ -углеводородов.
7. Приведите химическую и принципиальную схему получения изопрена из пропилена? укажите условия процесса.
8. Приведите химическую и принципиальную схему получения изопрена из изобутилена и формальдегида? укажите условия процесса
9. Приведите химическую и принципиальную схему получения изопрена из ацетона и ацетилена? укажите условия процесса
10. Приведите химическую схему, стадии и условия получения хлоропрена из ацетилена.

**Семинар 7.** Решение заданий по теме «Химическая технология производства циклических соединений и аренов»

1. Как выделяют циклогексан из нефтяных фракций?
2. Как получают циклогексан из метилциклопентана?
3. Приведите химическую схему получения циклогексана из бензола. укажите условия процесса
4. Приведите условия каталитического риформинга бензинов.
5. Приведите технологическую схему разделения ксилолов.
6. Приведите схему выделения ароматических углеводородов из коксохимического сырья.
7. Приведите химическую и принципиальную схему алкилирования бензола пропиленом? укажите условия процесса
8. Укажите условия получения моноалкилбензола из полиалкилбензола.
9. Приведите химическую и принципиальную схему получения стирола из бензола. укажите условия
10. Приведите химическую и принципиальную схему получения  $\alpha$ -метилстирола из бензола. укажите условия

**Семинар 8.** Решение заданий по теме «Оксосинтез»

1. Какие виды сырья используется для производства синтез-газа? Укажите химические схемы и условия производства синтез-газа.
2. Укажите условия получения ароматических углеводородов из синтез-газа.
3. Укажите условия получения непредельных углеводородов из синтез-газа.
4. Укажите условия получения смеси алифатических спиртов из синтез-газа.
5. Укажите условия выделения монооксида углерода из синтез-газа.
6. Приведите химическую и принципиальную схему получения альдегидов оксо-синтезом? укажите условия процесса
7. Приведите химическую схему получения акролеина оксо-синтезом? укажите условия процесса
8. Приведите химическую схему этоксикарбонилирования изобутена. Приведите условия процесса.

**Семинар 9.** Решение заданий по теме «Химическая технология производства хлорорганических соединений»

1. Приведите общие правила хлорирования предельных углеводородов
2. Приведите химическую схему окислительного хлорирования метана.
3. Почему при хлорировании метана нельзя селективно получить продукты монохлорирования?
4. Как в промышленности отдельно получают хлористый метил, хлористый метилен, хлороформ и четыреххлористый углерод?
5. Какие существуют промышленные способы получения дихлорэтана?

6. Какие существуют промышленные способы получения хлористого винила?

7. Приведите технологическую схему получения хлористого винила из ацетилен и хлористого водорода. укажите условия процесса.

8. Приведите химическую и технологическую схему получения хлорбензола из бензола. укажите условия процесса

9. Приведите химическую и технологическую схему получения дихлордифторметана из четыреххлористого углерода. укажите условия процесса

**Семинар 10.** Решение заданий по теме «Химическая технология производства спиртов»

1. Укажите условия некаталического окисления метана до метанола.

2. Приведите химическую и технологическую схему получения метанола из синтез-газа. укажите условия процесса

3. Объясните схему выделения и очистки метанола-сырца.

4. Технология производства этанола гидролизом древесины.

5. Технология производства этанола из продуктов целлюлозно-бумажного производства.

6. Биохимический способ получения этанола из сахаросодержащего сырья.

7. Сернокислотный способ получения этанола.

8. Парофазный способ получения этанола

9. Какие промышленные способы получения высших спиртов существуют?

10. Приведите химическую схему получения высших спиртов через алюминийорганический синтез. укажите условия процесса

11. Приведите химическую и технологическую схему получения высших спиртов окислением парафиновых углеводородов. укажите условия процесса. Почему в этом процессе применяют борную кислоту?

**Семинар 11.** Решение заданий по теме «Химическая технология производства альдегидов и кетонов»

1. Приведите химическую и технологическую схему получения формальдегида окислением метана. укажите условия процесса.

2. Приведите химическую и технологическую схему получения формальдегида окислением метанола. укажите условия процесса

3. Приведите химическую и технологическую схему получения ацетальдегида по Кучерову. укажите условия процесса

4. Приведите химическую и технологическую схему получения ацетальдегида из этилена. укажите условия процесса

5. Приведите химическую и технологическую схему получения ацетона из пропилена. укажите условия процесса

6. Приведите химическую и технологическую схему получения метилэтилкетона из бутиленов. укажите условия процесса

7. Приведите химическую и технологическую схему получения акролеина из пропилена. укажите условия процесса

8. Приведите химическую и технологическую схему получения циклогексанона из циклогексана. укажите условия процесса

9. Приведите химическую и технологическую схему получения ацетона и фенола из кумола. укажите условия процесса

10. Укажите условия процесса совместного получения формальдегида и уксусного альдегида из бензиновых фракций.

**Семинар 12.** Решение заданий по теме «Химическая технология производства эпоксисоединений»

1. Какие промышленные способы получения окиси этилена вы знаете? В чем преимущества нефтехимического окисления этилена?

2. Какой катализатор используется при окислении этилена? Почему в исходном сырье не должны быть примеси сероводорода и меркаптанов?

3. Какими нефтехимическими способами получают окись пропилена?

4. В чем недостатки газо- и жидкофазного окисления пропилена?

5. В чем состоит сопряженное окисление пропилена?

6. В чем состоит метод окисления пропилена гидроперекисями?

7. Какие продукты образуются при окислении пропилена гидроперекисью этилбензола? Напишите уравнения реакций.

**Семинар 13.** Решение заданий по теме «Химическая технология производства карбоновых кислот»

1. Какой процесс называется окислительным аммонолизом?

2. Какие промышленные способы получения акрилонитрила вы знаете?

3. Какие катализаторы используются при производстве акриловой кислоты из пропилена?

4. В чем преимущества и недостатки одно- и двухстадийных способов получения акриловой кислоты из пропилена?

5. В какой фазе протекают реакции деструктивного окисления ароматических соединений? Приведите примеры деструктивного окисления ароматических соединений.

6. Какие побочные продукты образуются при газофазном окислении ароматических соединений?

7. Почему в отличие от насыщенных и ненасыщенных углеводородов при газофазном окислении ароматических соединений добиваются почти полной конверсии углеводородов?

8. Какие катализаторы используются при производстве малеинового ангидрида из бензола?

9. Почему при производстве малеинового ангидрида используют избыток окислителя (воздуха)?

10. Что образуется при окислении о-ксилола в присутствии пятиокси ванадия?

11. Какие соединения образуются при жидкофазном окислении алкилбензолов?

12. Приведите химическую и технологическую схему получения уксусной кислоты из бутана. укажите условия процесса

13. Приведите химическую и технологическую схему получения муравьиной кислоты из метана. укажите условия процесса

**Семинар 14.** Решение заданий по теме «Химическая технология производства нитросоединений»

1. Условия проведения процессов нитрования.

2. Основные способы нитрования

3. Устройство нитратора непрерывного действия.

4. Устройство нитратора периодического действия

5. Основные методы выделения нитросоединений

6. Приведите химическую и технологическую схему получения нитрометана из метана. укажите условия процесса

**Семинар 14.** Решение заданий по теме «Химическая технология производства аминов»

1. Перечислите промышленные способы получения алифатических аминов

2. Приведите химическую и технологическую схему получения аминов алкилированием первичными спиртами. укажите условия процесса

3. Перечислите промышленные способы получения гексаметиленамин

4. Приведите химическую схему получения гексаметиленамин из бутадииена-1.3. укажите условия процесса

5. Приведите сокращенную схему получения анилина из нитробензола. укажите условия процесса

6. Приведите химическую и технологическую схему получения капрактама. укажите условия процесса

## СВЕДЕНИЯ ПО МЕТОДИЧЕСКОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Основная:**

1 Бесков В.С. Общая химическая технология. М.: "Академкнига", 2005. - 452 с.

2 Москвичев Ю.А., Григоричев А.К., Павлов О.С. Теоретические основы химической технологии. М.: Академия, 2005. - 272 с.

3 Соколов Р.С. Химическая технология: Учебное пособие: Т. 2 - М.: Владос, 2004. - 448 с.

4 Костин А.А. Популярная нефтехимия. Увлекательный мир химических процессов - М.: Ломоносов, 2013. - 176 с.

5 Сохранение энергии. Нефтехимия для энергосбережения. - М.: Сибур, 2013. - 32 с.

6 Волгина Т.С., Сорока Л.С. Промышленная органическая химия: Учебное пособие - Томск: ТПУ, 2008. - 154 с.

### **Дополнительная:**

7. Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. М.: Химия, 1968. - 848 с.

8. Мухленов И.П. Основы химической технологии - М.: Высшая школа, 1991.

9. Тимофеев В.С., Серафимов Л.А. Принципы технологии основного органического синтеза - М.: Химия, 1992

10. Липович В.Г. Химия и переработка угля - М.: Наука, 1988

11. Рейхсфельд В.О., Рубан В.Л., Саратов И.Е., Королько В.В. Лабораторный практикум по технологии основного органического синтеза - Л.: Химия, 1966. - 320 с.

12. Паушкин Я.М., Адельсон С.В., Вишнякова Т.П. Технология нефтехимического синтеза - Т.1,2 - М.: Химия, 1973. - 448 с.

**Карта учебно-методической обеспеченности  
дисциплины: Основы промышленной органической химии**

**БАКАЛАВРИАТ**

**Специальность: Химическая технология органических веществ**

№	Авторы и название учебника	Количество книг в библиотеке КазНУ имени аль-Фараби				Количество книг после 2000 года			
		основная		дополни- тельная		основная		дополни- тельная	
		каз	рус	каз	рус	каз	рус	каз	рус
1	Травень В.Ф. Орган.химия. М.: "Академкнига", 1,2том, 2004.		74				74		
2	Шабаров Ю.С. Органическая химия. М.: Химия, 2000.				59				59
3	Моррисон Р., Бойд Р. Орг. химия. М.: Мир, ВШ, 1974.		18				18		
4	Нейланд О.Я. Органическая химия. М.: Химия, 1990.		41				41		
5	Реутов О.А. Органическая химия. М., 2005.		53				53		
6	Гитис С.С. и др. Практикум по органической химии. Органический синтез, М., 1991		62				62		
7	Березин Б.Д. Курс современной орг.химии. М.: ВШ, 2003.				45				45
8	Иванов В.Г. Практикум по органической химии. М. 2000.				19				19
9	Вейгандт-Хильгетаг Методы эксперимента в органической химии. М., 1968.				1				1
10	Артеменко А. И. Органическая химия. М., 2005				9				9
11	Иванов В. Г. и др. Практикум по органической химии. М., 2000								19
12	Юрьев Ю. К. и др. Практические работы по органической химии. М., 1969		19				19		
13	Потапов В. М. Органическая химия. М., 1976				47				
14	Петров А. А. и др. Органическая химия. М., 1973				80				
15	Перекалин В. В., Зонис С. А.. Органическая химия. М., 1973				23				
16	Каррер П. Курс органической химии. Л., 1962				18				
17	Днепровский А. С., Темникова, Т. И. Теоретические основы органической химии. Л., 1979				25				
18	Павлов Б. А., Терентьев А. П. Курс органической химии. М., 1972				7				
19	Чичибабин А. Е. Основные начала органической химии. М., 1963				20				



## МАТЕРИАЛЫ ПО КОНТРОЛЮ ЗНАНИЙ

### ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К СДАЧЕ РУБЕЖНЫХ КОНТРОЛЕЙ

**Рубежный контроль 1.** Основные источники углеводородного сырья и требования, предъявляемые к нему. Процессы переработки нефти. Термический крекинг. Реакции, протекающие при термическом крекинге нефтяного сырья. Каталитический крекинг. Выделение углеводородов из нефтяных дистиллятов. Разделение низших парафинов ректификацией. Разделение жидких углеводородных смесей экстракцией. Разделение жидких углеводородных смесей экстрактивной и азеотропной перегонкой. Выделение углеводородов из природных и промышленных газов. Метод адсорбции. Метод абсорбции. Метод хемосорбции. Абсорбционно-ректификационный метод. Конденсационно-ректификационный метод. Алкилирование и изомеризация насыщенных углеводородов. Производство высших насыщенных углеводородов. Производство этилена методом пиролиза. Выделение и концентрирование этилена. Фракционирование газа пиролиза. Очистка этилена. Производство этилена диспропорционированием пропилена. Производство пропилена и бутиленов методом деструктивной переработки нефтяных фракций. Выделение и концентрирование пропилена. Производство алкенов окислительным дегидрированием углеводородов. Производство высших алкенов. Производство ацетилен карбидным методом. Производство ацетилен из углеводородного сырья. Выделение ацетилен из газов пиролиза. Переработка ацетилен. Производство бутадиена-1,3 из этанола. Производство бутадиена-1,3 дегидрированием н-бутана и бутенов. Одно- и двухстадийное дегидрирование. Разделение газов дегидрирования. Извлечение бутадиена-1,3 из газов пиролиза. Производство изопрена. Производство изопрена дегидрированием изопентана и изопентенов. Разделение C<sub>5</sub>-углеводородов. Производство изопрена из изобутилена и формальдегида (реакция Принса). Производство изопрена из ацетона и ацетилен (реакция Фаворского). Производство изопрена из пропилен. Производство диенов окислительным дегидрированием углеводородов. Производство циклогексана извлечением циклогексана из нефтяных фракций. Получение циклогексана из метилциклопентана. Получение циклогексана гидрированием бензола. Каталитический риформинг. Выделение ароматических углеводородов из продуктов каталитического риформинга. Выделение бензола, толуола, ксилолов. Разделение ксилолов. Гидродеалкилирование алкилароматических углеводородов. Производство бензола. Производство нафталина. Алкилирование бензола. Алкилирование бензола этиленом, пропиленом. Производство стирола и  $\alpha$ -метилстирола дегидрированием алкилбензолов. Производство стирола и  $\alpha$ -метилстирола через гидроперекиси алкилбензолов.

**Рубежный контроль 2.** Хлорирование насыщенных углеводородов. Хлорирование метана. Хлорирование и гидрохлорирование олефинов.

Производство дихлорэтана из этилена. Производство хлористого этила. Хлорирование и гидрохлорирование ацетилен. Получение хлористого винила. Получение хлористого винилидена. Гидрохлорирование винилацетилен. Хлорирование ароматических углеводородов. Получение хлорбензола. Окисление насыщенных углеводородов. Механизм реакции. Газофазное и жидкофазное окисление насыщенных углеводородов. Окисление ненасыщенных углеводородов. Условия проведения и продукты окисления. Окисление алкилароматических и нафтеновых углеводородов. Условия проведения и продукты окисления. Гидратация ненасыщенных углеводородов. Производство кислородсодержащих соединений из окиси углерода и водорода. Производство кислородсодержащих соединений из непредельных углеводородов, окиси углерода и водорода, из непредельных углеводородов, окиси углерода и воды. Метанол. Производство метилового спирта из окиси углерода и водорода. Применение и переработка метилового спирта. Этанол. Получение этилового спирта прямой и сернокислотной гидратацией этилена. Другие способы производства этанола. Применение и переработка этилового спирта. Изопропанол. Получение изопропилового спирта прямой и сернокислотной гидратацией пропилен. Производство бутиловых и амиловых спиртов. Производство высших спиртов. Получение высших спиртов через стадию образования алюминийорганических соединений. Окисление  $C_{10}$ - $C_{20}$  насыщенных углеводородов в высшие спирты. Производство циклогексанола. Производство фенола. Производство фенола через бензолсульфокислоту. Производство фенола щелочным и каталитическим гидролизом хлорбензола. Кумольный способ получения фенола. Формальдегид. Производство формальдегида. Получение формальдегида окислением метана. Получение формальдегида из окиси углерода и водорода. Применение и переработка формальдегида. Ацетальдегид. Производство ацетальдегида гидратацией ацетилен на ртутных и нертутных катализаторах. Производство ацетальдегида из этанола. Производство ацетальдегида из этилена. Производство альдегидов оксосинтезом. Ацетон. Промышленные способы производства ацетона. Синтезы на основе ацетона. Метилэтилкетон. Промышленные способы производства метилэтилкетона. Синтезы на основе метилэтилкетона. Циклогексанон. Производство циклогексанона окислением циклогексана. Другие промышленные способы производства циклогексанона. Производство окиси этилена и пропилен окислением этилена и пропилен. Применение и переработка эпоксидов. Производство этиленгликоля. Производство глицерина. Применение и переработка этиленгликоля и глицерина. Карбоновые кислоты. Промышленные способы производства уксусной кислоты. Применение и переработка уксусной кислоты. Окисление  $C_{10}$ - $C_{20}$  насыщенных углеводородов в высшие карбоновые и дикарбоновые кислоты. Ангидриды. Промышленные способы производства уксусного ангидрида. Применение и переработка уксусного ангидрида. Промышленные способы производства малеинового ангидрида. Применение и переработка малеинового ангидрида. Промышленные способы производства фталевого

ангидрида. Применение и переработка фталевого ангидрида. Сложные эфиры. Производство сложных эфиров и сложных виниловых эфиров. Алифатические нитропроизводные углеводородов. Способы получения алифатических нитропроизводных углеводородов из насыщенных, ненасыщенных углеводородов и галоидсодержащих органических соединений. Производство нитроциклогексана. Ароматические нитропроизводные углеводородов. Производство нитробензола и динитробензола. Применение и переработка нитробензола и динитробензола. Ароматические амины. Промышленные способы получения анилина. Промышленные синтезы на основе анилина. Алифатические амины. Способы получения алифатических аминов из кислород-, галоидсодержащих органических соединений и нитропроизводных углеводородов. Применение и переработка алифатических аминов. Капролактамы. Производство капролактама из циклогексанона. Сравнение с другими способами получения капролактама.  $\omega$ -Аминокарбоновые кислоты. Производство  $\omega$ -аминокарбоновых кислот. Применение и переработка  $\omega$ -аминокарбоновых кислот. Акрилонитрил. Промышленные способы производства акрилонитрила. Применение и переработка акрилонитрила. Ароматические нитрилы. Окислительный аммонолиз ароматических углеводородов. Применение и переработка ароматических нитрилов.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЭКЗАМЕНУ

1. Промышленность основного органического синтеза. Классификация производств основного органического синтеза.
2. Основные источники углеводородного сырья и требования, предъявляемые к нему.
3. Термический крекинг. Реакции, протекающие при термическом крекинге нефтяного сырья.
4. Каталитический крекинг.
5. Разделение жидких углеводородных смесей экстракцией.
6. Разделение жидких углеводородных смесей экстрактивной и азеотропной перегонкой.
7. Метод адсорбции.
8. Метод абсорбции
9. Метод хемосорбции.
10. Абсорбционно-ректификационный метод.
11. Абсорбционно-ректификационный метод.
12. Алкилирование и изомеризация насыщенных углеводородов.
13. Производство высших насыщенных углеводородов.
14. Производство этилена методом пиролиза.
15. Производство этилена методом пиролиза.
16. Производство пропилена и бутиленов методом деструктивной переработки нефтяных фракций.
17. Производство алкенов окислительным дегидрированием углеводородов.

18. Производство высших алкенов.
19. Производство ацетилена карбидным методом.
20. Производство ацетилена из углеводородного сырья.
21. Выделение ацетилена из газов пиролиза.
22. Производство бутадиена-1,3 из этанола.
23. Производство бутадиена-1,3 дегидрированием н-бутана и бутенов.
24. Производство изопрена дегидрированием изопентана и изопентенов.
25. Производство изопрена из изобутилена и формальдегида (реакция Принса).
26. Производство изопрена из ацетона и ацетилена (реакция Фаворского).
27. Производство изопрена из пропилена.
28. Производство диенов окислительным дегидрированием углеводородов.
29. Производство циклогексана извлечением циклогексана из нефтяных фракций.
30. Получение циклогексана из метилциклопентана.
31. Получение циклогексана гидрированием бензола.
32. Каталитический риформинг.
33. Гидродеалкилирование алкилароматических углеводородов.
34. Алкилирование бензола.
35. Производство стирола и  $\alpha$ -метилстирола дегидрированием алкилбензолов.
36. Производство дихлорэтана из этилена.
37. Производство хлористого этила
38. Производство хлористого этила
39. Получение хлористого винилидена
40. Получение хлоропрена
41. Получение хлорбензола.
42. Перфторуглероды.
43. Тетрафторэтилен.
44. Окисление насыщенных углеводородов. Механизм реакции.
45. Газофазное и жидкофазное окисление насыщенных углеводородов.
46. Производство метилового спирта из окиси углерода и водорода.
47. Получение этилового спирта прямой и сернокислотной гидратацией этилена.
48. Получение изопропилового спирта прямой и сернокислотной гидратацией пропилена.
49. Производство бутиловых и амиловых спиртов. Производство высших спиртов.
50. Окисление  $C_{10}$ - $C_{20}$  насыщенных углеводородов в высшие спирты.
51. Производство циклогексанола.
52. Производство фенола щелочным и каталитическим гидролизом хлорбензола.
53. Кумольный способ получения фенола.
54. Получение формальдегида окислением метана.
55. Получение формальдегида из окиси углерода и водорода.
56. Производство ацетальдегида из этанола.

57. Производство ацетальдегида из этилена.
58. Производство альдегидов оксосинтезом.
59. Промышленные способы производства метилэтилкетона.
60. Производство циклогексанона окислением циклогексана.
61. Производство этиленгликоля.
62. Производство глицерина.
63. Промышленные способы производства уксусной кислоты.
64. Окисление C<sub>10</sub>-C<sub>20</sub> насыщенных углеводородов в высшие карбоновые и дикарбоновые кислоты.
65. Промышленные способы производства уксусного ангидрида.
66. Промышленные способы производства малеинового ангидрида.
67. Промышленные способы производства фталевого ангидрида.
68. Способы получения алифатических нитропроизводных углеводородов из насыщенных, ненасыщенных углеводородов и галоидсодержащих органических соединений.
69. Производство нитробензола и динитробензола.
70. Промышленные способы получения анилина.
71. Промышленные способы получения капролактама.
72. Применение и переработка ω-аминокарбоновых кислот.