

к приказу директора ИОС УрО РАН  
от 10.12.2018 №100

Министерство науки и высшего образования  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт органического синтеза им. И.Я. Пастовского  
Уральского отделения Российской академии наук  
(ИОС УрО РАН)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
элемента ООП подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
**ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

Направление подготовки:

**18.06.01 Химическая технология**

Направленность:

**Технология органических веществ**

Квалификация:

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения:

**Очная**

Раздел ООП:

**Блок Б 1. Дисциплины (модули). Вариативная часть**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского  
Уральского отделения Российской академии наук  
(ИОС УрО РАН)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
элемента ООП подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре  
**ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

Направление подготовки:

**18.06.01 Химическая технология**

Направленность:

**Технология органических веществ**

Квалификация:

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения:

**Очная**

Раздел ООП:

**Блок Б 1. Дисциплины (модули). Вариативная часть**

Федеральное агентство научных организаций  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт органического синтеза им.И.Я. Пастовского  
Уральского отделения Российской академии наук  
(ИОС УрО РАН)

**ОДОБРЕНО**

Ученым советом  
ИОС УрО РАН  
«22» апреля 2015 г.  
Протокол № 6

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ИОС УрО РАН  
академик \_\_\_\_\_ В.Н. Чарушин  
«22» апреля 2015 г.  
Приказ № 27-2 от 22.04.2015

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

Шифр и название направления подготовки **18.06.01 Химическая технология**

Направленность **05.17.04 Технология органических веществ**

Квалификация: «**Исследователь. Преподаватель-исследователь**»

Форма обучения: **Очная (Заочная)**

**Статус дисциплины:**

Блок Б 1. «Дисциплины (модули)». Вариативная часть

Программа дисциплины составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта к основной образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 18.06.01 Химическая технология, утвержденного приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 № 883, с учетом приказа Минобрнауки России от 30.04.2015 № 464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень кадров высшей квалификации)».

Авторы-разработчики:

1. Салоутин В.И., чл.-корр. РАН, зам. директора по научной работе ИОС УрО РАН
2. Филякова В.И., д.х.н., проф., в.н.с. ИОС УрО РАН

## **АННОТАЦИЯ ПРОГРАММЫ**

Программа предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом.

Дисциплина «Технология органических веществ» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП аспирантуры и является обязательным для освоения аспирантами.

Рабочая программа соответствует:

- программе-минимуму кандидатского экзамена по специальности «Технология органических веществ», утвержденной приказом Минобрнауки России № 274 от 08.10.2007 г., с учетом особенностей тематики сложившейся научно-педагогической школы института;
- паспорту научной специальности 05.17.04 (направленность Технология органических веществ);
- учебному плану по образовательной программе высшего образования – программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ИОС УрО РАН.

Освоение дисциплины осуществляется на первом курсе (1-2 семестры) обучения в соответствии с графиком учебного процесса.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е. (144 час.), в том числе:

- аудиторная работа - 1,5 з.е. (54 ч), представлена лекционными занятиями;
- самостоятельная деятельность аспиранта - 2,5 з.е. (90 ч).

Цель изучения дисциплины – формирование у аспирантов системы углубленных профессиональных знаний по химической технологии получения в массовом масштабе органических соединений, имеющих товарную ценность, для создания энерго- и ресурсосберегающих, экологически безопасных производств, обладающих высоким качеством продуктов и низкой их себестоимостью.

Задача дисциплины - обеспечить необходимый объем фундаментальных теоретических знаний по органической химии, о природе процессов, протекающих в органическом синтезе и факторах, влияющих на их протекание, для выполнения аспирантами элементов программы Блока 3 «Научные исследования»: научно-исследовательская деятельность и подготовка научно-квалификационной работы.

Систематизирование материала по дисциплине происходит в рамках пяти разделов:

- Теоретические основы органической химии и механизмы реакций органических соединений;
- Методы получения органических соединений;
- Физико-химические основы процессов органического синтеза;
- Теоретические основы разделительных и реакционно-массообменных процессов в промышленности органического синтеза;
- Химические реакторы для процессов органического синтеза.

Виды контроля:

- текущий – зачет (2 семестр);
- промежуточный - кандидатский экзамен (6 семестр);
- итоговый – в рамках государственного экзамена (8 семестр).

## 1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель изучения дисциплины** – формирование у аспирантов системы углубленных профессиональных знаний по химической технологии получения в массовом масштабе органических соединений, имеющих товарную ценность, для создания энерго- и ресурсосберегающих, экологически безопасных производств, обладающих высоким качеством продуктов и низкой их себестоимостью.

**Задачи дисциплины** - обеспечить необходимый объем фундаментальных теоретических знаний по органической химии, о природе процессов, протекающих в органическом синтезе и факторах, влияющих на их протекание, для выполнения аспирантами элементов программы Блока 3 «Научные исследования»: научно-исследовательская деятельность и подготовка научно-квалификационной работы.

## 2 ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ПОДГОТОВКИ АСПИРАНТА, ЗАВЕРШИВШЕГО ИЗУЧЕНИЕ ДАННОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### 2.1 Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность и готовность к организации и проведению фундаментальных и прикладных научных исследований в области химической технологии (ОПК-1);
- способность и готовность к анализу, обобщению и публичному представлению результатов выполненных научных исследований (ОПК-3);
- способность к организации и самостоятельному проведению научно-исследовательской работы с получением научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям в избранной области (ПК-1).

### 2.2. Требования к результатам освоения дисциплины:

В результате освоения дисциплины аспирант должен *знать*:

- принципы и методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач

- современное состояние науки в области технологии органических веществ;

*уметь*:

- генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач
- выделять, систематизировать и критически оценивать основные результаты выполненных научных исследований;

*владеть*:

- навыками выделять, систематизировать и критически оценивать основные результаты выполненных научных исследований и генерировать на их основе новые идеи по решению практических задач

- навыками коллективного обсуждения планов работ, получаемых научных результатов; согласования интересов сторон и урегулирования конфликтных ситуаций в коллективе.

## 3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1 ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ И КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебной работы и контроля	Трудоемкость, час/з.е.
--------------------------------	------------------------

	Всего	По учебным семестрам			
		1	2	6	7
<b>Аудиторные занятия:</b>	<b>54/1.5</b>	<b>36/1.0</b>	<b>18/0.5</b>		
Лекции	54/1.5	36/1.0	18/0.5		
Практические занятия	-	-	-		
Лабораторные занятия	-	-	-		
<b>Самостоятельная работа студентов</b>	<b>90/2.5</b>	<b>36/1.0</b>	<b>54/1.5</b>		
<b>Вид контроля:</b>	-	-	-		
текущий	-	-	Зачет		
промежуточный	-	-	-	КЭ	
итоговый	-	-	-		ГИЭ
<b>Общая трудоемкость по учебному плану</b>	<b>144/4.0</b>	<b>72/2.0</b>	<b>72/2.0</b>		

### 3.2 РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название раздела дисциплины	Объем учебной нагрузки, час				
		Всего	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Теоретические основы органической химии и механизмы реакций органических соединений	18	6	0	0	12
2	Методы получения органических соединений	24	10	0	0	14
3	Физико-химические основы процессов органического синтеза	58	20	0	0	38
4	Теоретические основы разделительных и реакционно-массообменных процессов в промышленности органического синтеза	58	14	0	0	20
5	Химические реакторы для процессов органического синтеза	10	4	0	0	6
	<b>Итого(час/з.е.)</b>	<b>144/4.0</b>	<b>54/1.5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>90/2.5</b>

### 3.3 СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ЛЕКЦИОННОГО КУРСА

**Теоретические основы органической химии и механизмы реакций органических соединений**

Определение понятия «механизм реакции». Факторы, от которых зависит

осуществление элементарного акта между реагирующими частицами: электронные (возникновение реакционных центров) и пространственные (доступность реакционных центров).

Квантовохимические расчеты реакционной способности. Анализ реакционной способности органических соединений с помощью методов МО.

Классификация реагентов. Нуклеофильные, электрофильные и радикальные реагенты. Их особенности и основные типы.

Классификация реакций. Классификация по химическому характеру (реакции замещения, присоединения, отщепления, молекулярные перегруппировки и по характеру изменения связей).

Реакции замещения. Общая характеристика. Особенности ароматических соединений. Правило Хюккеля. Ароматические карбокатионы и карбанионы. Гетероциклические соединения.

Электрофильное замещение.  $\pi$ - и  $\sigma$ -комплексы. Механизм и кинетика реакций электрофильного замещения. Ориентация при электрофильном замещении. Влияние заместителей на распределение электронной плотности в основном и переходном состояниях. Относительная константа скорости. Пространственное влияние заместителей.

Нуклеофильное замещение. Особенности нуклеофильного замещения у ненасыщенного и насыщенного атома углерода. Особенности реакций нуклеофильного замещения в ароматических соединениях. Механизм реакций – мономолекулярный, бимолекулярный (присоединение–отщепление), ариновый, ион-радикальный.

Радикальное замещение. Механизм реакции. Влияние различных факторов. Соотношение изомеров. Образование и устойчивость радикалов. Радикальные реакции, протекающие по цепным механизмам.

Реакции присоединения. Общая характеристика. Реакции нуклеофильного, электрофильного и радикального присоединения. Правило Марковникова и эффект Караша.

Реакции отщепления (элиминирования). Общая характеристика. Бимолекулярное и мономолекулярное отщепление.

## **Методы получения органических соединений**

### *Галогенирование.*

Прямое галогенирование, основные методы и их сравнительная оценка. Использование галогенводородов, механизм и региоспецифичность реакции. Применение серо- и фосфорорганических галоидных соединений. Замена атома галогена на другие атомы и группы. Замена на гидроксильную группу, циан-группу и другие.

### *Сульфирование.*

Введение сульфогруппы в алифатические и ароматические соединения. Сульфохлорирование. Сульфамиды, их получение и свойства. Сульфаниламидные препараты. Замена сульфогруппы на другие атомы и группы.

### *Нитрование.*

Введение нитрогруппы в алифатические и ароматические соединения. Реагенты, условия проведения реакции. Превращения нитрогруппы. Примеры использования реакции нитрования в синтезе биологически активных соединений.

### *Нитрозирование.*

Реагенты и условия проведения реакции. Применение реакции нитро-розирования, синтез пирамидона и анальгина. Нитрозирование по атому азота. Диазометан и диазопарафины.

### *Диазотирование.*

Механизм реакции и условия проведения. Свойства диазосоединений, их анализ. Реакции азосочетания. Использование реакций азосочетания. Превращения диазогруппы. Синтез пиразолонов. Дезаминирование, способ Грисса и новые модификации. Реакция Зандмейера. Замена диазогруппы на другие заместители.

### *Окисление.*

Общие закономерности. Реакции окисления по атому углерода. Окисление металлических и метиленовых групп до первичных и вторичных спиртов, альдегидов и кетонов, карбоновых кислот. Наиболее распространенные реагенты, условия проведения реакций. Реакции окисления и каталитического дегидрирования. Окисление кратных связей углерод-углерод. Реагенты для окисления двойных и тройных связей. Расщепление гликолей. Окислительное расщепление вторичных спиртов и кетонов.

#### *Восстановление.*

Типы реакций восстановления. Гидрирование. Катализаторы, их получение и свойства. Гидрогенолиз. Образование новых связей при гидрировании. Реакции восстановления в результате передачи гидрид-иона. Нуклеофильные гидриды. Комплексные гидриды. Примеры восстановления. Восстановление с помощью металлоорганических соединений. Реактивы Гриньяра. Восстановление под действием металлов (*Na*, *Mg*, *Zn*). Условия проведения реакций, механизм, стереохимия.

Окислительно-восстановительные реакции. Реакции Оппенауэра-Меервейна-Пондорфа. Условия проведения и механизм. Реакция Канниццаро-Тищенко.

#### *Реакции элементоорганических соединений.*

Классификация ЭОС. Методы синтеза и свойства. Особенности магний-, цинк-, кадмий-, алюминий-, литийорганических соединений. Использование ЭОС в тонком органическом синтезе. Способы получения ртути-, мышьяк- и фосфорорганических соединений. Их применение в химии биологически активных соединений. Соединения бора. Способы получения и реакции.

#### *Ацилирование.*

Реакция Фриделя-Крафтса, условия проведения. Примеры использования в химии биологически активных соединений. Формилирование ароматических соединений. Реакция Вильсмейера. Условия проведения, реагенты.

#### *Фосфорилирование.*

Реакции фосфорилирования при создании моно-, ди- и триэфиров ортофосфорной кислоты. Механизм образования. Возможные побочные реакции. Стратегия синтеза. Методы активации фосфорной кислоты. Хлорфосфатный метод, использование смешанных ангидридов фосфорных кислот, дициклогексилкарбодиимидный метод, реакции с использованием фосфатинов. Достоинства и ограничения методов.

Использование защитных групп в тонком органическом синтезе и химии биологически активных соединений. Защиты *C-H* связей в ацетиленовых и ароматических соединениях. Защита *N-H* связей. Образование новой *N-C* связи. Производные уретанового синтеза. Алкильные и арильные производные. Силильные защиты. Защиты гидроксильной группы. Защиты карбоксильной группы. Способы получения различных эфиров, их устойчивость и методы деблокирования. Защита тиолов путем введения защитных групп за счет модификации сульфгидрильного заместителя. Методы защиты альдегидов и кетонов. Защита кратных углерод-углеродных связей.

#### *Реакции конденсации.*

Типы реакций. Взаимодействие карбонильных соединений с *C-H*-кислотами. Получение аминокислот по Штреккеру Альдольно-кетоновая конденсация. Условия проведения. Реакции Кневенагеля, Перкина и др. Синтез глицидных эфиров по Дарзану. Сложноэфирная Кляйзеновская конденсация. Реакция Михаэля, использование в химии природных соединений. Реакция Манниха. Реакция Виттига, реагенты, условия проведения, регио- и стереоспецифичность. Реакция Дильса-Альдера. Конденсация Дэкина-Веста, Арндта-Эйстера. Реакция Кнорра. Конденсация Бишлера-Напиральского.

#### *Перегруппировки.*

Классификация перегруппировок. Реакции, протекающие при образовании заряда, не сопряженного с кратными связями. Миграция углеродного остатка от атома углерода к другому атому углерода.

#### *Нуклеофильные и электрофильные перегруппировки.*

Образование положительного заряда на атоме углерода за счет поляризации двойной связи, отщепления галогена, гидроксила, диазогруппы. Положительный заряд на атоме азота, способы образования. Перегруппировки при образовании заряда на кислороде. Перегруппировки аллильного типа. Радикальные, нуклеофильные и электрофильные перегруппировки. Перенос остатка с углерод на углерод, с гетероатома на углерод.

*Использование новых реагентов в тонком органическом синтезе.*

Реагенты на полимерных носителях, их применение и преимущества. Межфазный катализ с использованием гетерофазных реагентов. Краун-эфиры. Примеры использования новых реагентов в химии природных соединений.

### **Физико-химические основы процессов органического синтеза**

*Основы термодинамики химических процессов и фазовых равновесий.*

Термодинамические закономерности химических и фазовых равновесий для реальных многокомпонентных систем. Характеристические функции, химические потенциалы. Понятие активности и коэффициентов активности, методы их расчета и экспериментального определения для реальных газов и жидкостей (растворов). Принципы расчета фазовых и химических равновесий для реальных многокомпонентных систем и сложных реакций. Закон действия масс. Стехиометрический анализ сложных реакций. Степень завершенности реакции.

Термодинамический анализ важнейших реакций органического синтеза (хлорирования, окисления, гидрирования и дегидрирования, гидратации и дегидратации, этерификации и гидролиза, карбонилирования и алкилирования и др.) и выбор условий их проведения.

Математическое моделирование фазовых равновесий жидкость-пар, жидкость-жидкость, жидкость-жидкость-пар, жидкость-твердое тело. Явление азеотропии, хемиазеотропии и полиазеотропии. Предельные законы фазового равновесия (законы Рауля и Дальтона). Анализ статики многофазных реакционных систем с избирательным обменом с внешней средой. Основные понятия термодинамико-топологического анализа структура диаграмм фазового равновесия.

*Кинетика, механизм и катализ органических реакций.*

Активные частицы (промежуточные соединения) в органическом синтезе. Ионы, радикалы, карбены, ион-радикалы, комплексы металлов, металлоорганические соединения. Основы теории реакционной способности органических соединений. Связь кинетики с термодинамикой. Принцип Белла-Эванса-Поляни. Уравнения Бренстеда, Гаммета, Тафта, Поляни-Семенова. Правила отбора элементарных стадий при выдвижении гипотез о механизме реакций.

Гетеролитические и гомолитические механизмы. Нуклеофильные и электрофильные реакции замещения, присоединения и отщепления в органическом синтезе. Кинетика и механизм этих реакций. Влияние среды. Кислотный и основной катализ в гетеролитических реакциях. Протонные и апротонные кислоты. Промышленные катализаторы. Механизм реакций и особенности кинетики процессов гидратации, дегидратации, алкилирования, полимеризации, гидролиза, этерификации, крекинга.

Радикально-цепные процессы в промышленном органическом синтезе. Механизм, инициаторы, катализаторы, ингибиторы. Кинетические модели реакций хлорирования, окисления, пиролиза и полимеризации.

Металлокомплексный катализ в промышленном органическом синтезе. Строение комплексов металлов. Природа и механизм основных стадий каталитических реакций с участием металлокомплексов. Особенности кинетики реакций в случае металлокомплексного катализа. Катализаторы и механизм реакции карбонилирования метанола, процесса оксосинтеза, процессов окисления олефинов кислородом и гидропероксидами, процессов гидрирования и полимеризации, метатезиса олефинов.

Гетерогенный катализ в промышленном органическом синтезе. Катализ металлами, оксидами и полифункциональными, катализаторами. Механизм реакций гидрирования,

окисления, окислительного аммонолиза, синтезов из  $CO$  и  $H_2$ . Влияние процессов массообмена на кинетику гетерогенно-каталитических реакций. Кинетика в условиях кинетической, внешне- и внутреннедиффузионных областей. Гетерофазные процессы. Особенности кинетики в случае медленных и мгновенных химических реакций с учетом влияния диффузии.

Теоретические основы построения кинетических моделей сложных многомаршрутных реакций органического синтеза. Теория маршрутов. Методы анализа кинетических данных и математического описания состава продуктов и селективности для сложных реакций: последовательных, параллельных, последовательно-параллельных.

### **Теоретические основы разделительных и реакционно-массообменных процессов в промышленности органического синтеза**

Нуклеофильное замещение в алифатическом ряду. Механизмы  $SN_1$  и  $SN_2$ , смешанный ионно-парный механизм. Влияние структуры субстрата и полярности растворителя на скорости и механизм реакции. Анхимерное содействие и синергетическое ускорение, участие соседних групп, перегруппировки в ходе нуклеофильного замещения. Корреляционные уравнения Суэйна—Скотта и Эдвардса.

Нуклеофильное замещение при кратной углерод-углеродной связи и в ароматическом ядре. Типичные механизмы нуклеофильного замещения у  $sp^2$ -гибридного атома углерода. Винильный катион. Моно- и бимолекулярные процессы нуклеофильного замещения в ароматическом ряду. Катализ переходными металлами. Нуклеофильное замещение в нитропроизводных бензола. Нуклеофильное замещение водорода (викариозное замещение). Комплексы Мейзенхеймера. Нуклеофильное замещение в ароматических гетероциклах. Кинезамещение.

Электрофильное замещение у атома углерода. Механизмы замещения  $SE_1$ ,  $SE_2$ ,  $SE_i$ . Нуклеофильный катализ электрофильного замещения. Влияние структуры субстрата и эффектов среды на скорость и направление реакций. Замещение у олефинового атома углерода и в ароматическом кольце. Генерирование электрофильных реагентов. Правила ориентации и их молекулярно-орбитальная интерпретация. Электрофильное замещение других групп, кроме водорода. Ипсо-замещение. Кинетические изотопные эффекты.

Реакции элиминирования (отщепления). Механизмы гетеролитического элиминирования  $E_1$  и  $E_2$ . Стереoeлектронные требования и стереоспецифичность при  $E_2$ -элиминировании. Термическое син-элиминирование.

Присоединение по кратным углерод-углеродным связям. Электрофильное присоединение. Сильные и слабые электрофилы, механизм и стереохимия присоединения, регио- и стереоселективность реакций. Присоединение к сопряженным системам. Катионная полимеризация олефинов. Нуклеофильное присоединение по кратным связям C-C. Механизм процесса. Влияние структуры нуклеофила и субстрата и эффектов среды на скорость и направление реакции. Реакция Михаэля. Анионная полимеризация олефинов.

Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе: присоединение оснований, включая карбанионы, металлоорганических соединений. Реакция Анри. Кислотный и основной катализ присоединения. Енолизация альдегидов и кетонов. Механизм этерификации кислот и получение ацеталей. Конденсации карбонильных соединений, карбоновых кислот и их производных. Нуклеофильное присоединение к альд- и кетиминам и карбоний-иммониевым ионам (реакция Манниха).

Перегруппировки в карбокатионных интермедиатах. Классификация перегруппировок: пинаколиновая и ретропинаколиновая, перегруппировка Демьянова. Перегруппировка Вагнера—Мейервейна. Перегруппировки с миграцией к атому азота (Гофмана, Курциуса, Бекмана). Реакция Байера—Виллигера.

Радикальные и ион-радикальные реакции присоединения, замещения и элиминирования. Цепные радикальные реакции. Полимеризация, теломеризация, реакции автоокисления. Ингибиторы, инициаторы и промоторы цепных реакций. Редокс-реакции. Электросинтез органических соединений.

Молекулярные реакции (*цис-транс*-изомеризация, распад молекул, размыкание циклов). Коарктатные реакции.

Согласованные реакции. Концепция сохранения орбитальной симметрии и правила Вудворда—Гофмана. Электроциклические реакции, сигматропные перегруппировки. Перициклические реакции (2+2) и (2+4)-циклоприсоединения. 1,3-диполярное циклоприсоединение.

Двойственная реакционная способность и таутомерия органических соединений. Прототропные и сигматропные перегруппировки. Правило Корнблюма. Кетонольное равновесие. Нитросоединения и нитроновые кислоты, нитрозосоединения и оксимы. Металлотропия.

Основы фотохимии органических соединений. Синглетные и триплетные состояния, флуоресценция и фосфоресценция, интеркомбинационная конверсия. Основные типы фотохимических реакций. Явление фотохромизма.

### **Химические реакторы для процессов органического синтеза**

Идеальные реакторы. Основные модели реальных реакторов. Экспериментальное определение структуры потоков и набор моделей химического реактора. Классификация химических реакторов. Особенности использования кинетических моделей химического процесса при построении математических моделей реактора. Принципы расчета размеров реакторов, состава продуктов и селективности по кинетическим данным с учетом модели реактора и уравнений теплового баланса.

Выбор типов реакторов с учетом их производительности, селективности реакций, тепловых и кинетических характеристик процесса. Принципы оптимизации параметров процесса по термодинамическим и кинетическим данным, использование экономических критериев оптимальности. Характеристика конструкций, материальных потоков, теплового режима и выбор варианта технологического оформления реакционного узла для основных гомогенных, гетерогенно-каталитических и гетерофазных процессов промышленного органического синтеза. Применение реакторов с псевдооживленным слоем контакта, секционированных аппаратов, оптимизация потоков в реакторах. Вопросы утилизации тепла реакций и горячих потоков, энергетический и эксергетический КПД реакторных установок. Реакторы с совмещением химического и разделительного процессов.

### **3.4 ПРАКТИЧЕСКИЕ (ЛАБОРАТОРНЫЕ) ЗАНЯТИЯ – НЕ ПРЕДУСМОТРЕНЫ.**

### **3.5 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА**

Изучение учебного материала, перенесенного с аудиторных занятий на самостоятельную проработку.

Выявление информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по следующим направлениям:

- библиография по проблемам органической химии;
- публикации (в том числе электронные) источников по органической химии;
- научно-исследовательская литература по актуальным проблемам органической химии

Конспектирование и реферирование первоисточников и научно-исследовательской литературы по тематическим блокам.

### **3.6 КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ – НЕ ПРЕДУСМОТРЕНЫ.**

**3.7 СПИСОК ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ – НЕ ПРЕДУСМОТРЕН.**

### **3.8 ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ – НЕ ПРЕДУСМОТРЕНА.**

**3.9 АКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ (ДЕЛОВЫЕ ИГРЫ, НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ) - НЕ ПРЕДУСМОТРЕНЫ.**

### **4 ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**4.1 ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ** - в рамках собеседования по итогам освоения программы дисциплины.

**4.2 ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ** - в виде экзамена кандидатского минимума.

**4.3 ИТоговый КОНТРОЛЬ** – в рамках государственного итогового экзамена.

## **5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

При текущем контроле применяется система «зачтено/не зачтено» с учетом критериев, представленных в табл.:

Оценка	Критерии
Зачтено	Аспирант показал творческое отношение к обучению, в совершенстве или в достаточной степени овладел знаниями, показал все (как минимум основные) требуемые умения и навыки
Не зачтено	Аспирант не владеет основными умениями и навыками

С целью оценки уровня знаний на кандидатском экзамене используется пятибалльная система, с учетом критериев, отраженных в табл.:

Оценка (балл)	Критерии
Отлично	Аспирант показал творческое отношение к обучению, в совершенстве овладел всеми теоретическими вопросами дисциплины, показал все требуемые умения и навыки.
Хорошо	Аспирант овладел всеми теоретическими вопросами дисциплины, показал основные умения и навыки.
Удовлетворительно	Аспирант имеет недостаточно глубокие знания по теоретическим разделам дисциплины, показал не все основные умения и навыки.
Неудовлетворительно	Аспирант имеет пробелы по отдельным теоретическим разделам специальной дисциплины и не владеет основными умениями и навыками.

Оценка уровня знаний при итоговом контроле осуществляется в соответствии с положением о Государственной итоговой аттестации.

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

### **6.1 СПИСОК ОСНОВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Смит В.А. Органический синтез. Наука и искусство / Пер. с англ. В. А. Смита, А. Ф. Бочкова. - М. : Мир, 2001. - 573 с.

2. Тимофеев В. С. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза: Учеб. пособие для вузов/ В. С. Тимофеев, Л. А. Серафимов. -2-е изд., перераб. М.: Высшая школа, 2003.

3. П. Сайкс, Механизмы реакций в органической химии. «Химия», 2000.

4. Потехин В. М. Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки : учебник/ В. М. Потехин, В. В. Потехин. -СПб.: Химиздат, 2005.-910, [1] с. :а-ил.

5. О.Н. Темкин. Химия и технология металлокомплексного катализа (учебное пособие). М.: МИТХТ, 1980.

6. А.В. Зейгарник, Л.Г. Брук, О.Н. Темкин, Г.К. Шестаков Физико-химические основы реакционных процессов органического синтеза (конспект лекций), М.: МИТХТ, 2000.

7. Л.А. Серафимов, В.С. Тимофеев, Ю.А. Писаренко, А.В. Солохин. Технология основного органического синтеза. Совмещенные процессы. М.: Химия, 1993.
8. Н.Н. Лебедев. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. М.: Химия, 1985.

## **6.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Р.П. Евстигнеева, Тонкий органический синтез, М.: Химия, 1991.
2. В.С. Тимофеев, Л.А. Серафимов. Принципы технологии основного органического и нефтехимического синтеза. М.: Химия, 1992.
3. О.Н. Темкин, Г.К. Шестаков, Ю.А. Трегер, Ацетилен. Химия. Механизмы реакций. Технология. М.: Химия, 1991.

## **6.3 МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Технология органических веществ: Программа-минимум кандидатских экзаменов / Одобрено экспертным советом ВАК Министерства образования РФ по химическим наукам; Утверждено приказом Министерства образования и науки РФ № 274 от 08.10.2007 г.

## **6.4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ**

Программы пакета Microsoft Office

Электронные ресурсы Центральной научной библиотеки (ЦНБ) УрО РАН (30 точек доступа) - <http://cnb.uran.ru/>

Доступ к полным текстам статей из журналов издательства "Эльзевир" на платформе ScienceDirect в 21 предметной коллекции (Freedom Collection): <http://info.sciencedirect.com/>

Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

MEDLINE: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi>

MEDLINEplus <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus>

EBSCO Publishing: <http://www.ebscohost.com/>

SAGE Journals Online: <http://online.sagepub.com/>

Научные журналы издательства Taylor & Francis (UK) на электронной платформе Informaworld: <http://www.informaworld.com/>

Полные тексты международных научных журналов World Scientific Publishing: <http://www.worldscinet.com/>

Рефераты и полные тексты статей из журналов, книги, книжных серий, электронных ссылок научных издательств:

- Springer Verlag <http://springerlink.com/>

- Blackwell Publishing <http://www.blackwellpublishing.com/contacts/>

- POLYMERSnetBASE <http://www.polymersnetbase.com/>

- Chemical Abstracts <http://chemabs.cas.org>

- The Royal Society Of Chemistry <http://www.rsc.org>

- American Chemical Society <http://pubs.acs.org>

- The Electrochemical Society <http://www.electrochem.org>

База данных о химических соединениях с установленным канцерогенным и тератогенным действием на человека Chemical Hazard <http://www.iephb.nw.ru/~spirov/hazard/>

Базы ВИНТИ (периодические издания, книги, фирменные издания, материалы конференций, тезисы, патенты, нормативные документы, депонированные научные работы) <http://www.viniti.ru/bnd.html>

Авторефераты диссертаций Dissertation Abstracts: [http://www.proquest.com/en-US/products/brands/pl\\_umi.shtml](http://www.proquest.com/en-US/products/brands/pl_umi.shtml)

## **7. МАТЕРИАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Институт располагает специально оборудованным помещением для проведения лекционных занятий.

В институте:

- создана локальная сеть, объединяющая 100 компьютеров, с выходом в Интернет;
- внедрена система корпоративной электронной почты на основе MS Exchange 2003, с возможностью удаленного доступа;
- предоставлены для пользования принтеры, сканеры и ксероксы, что способствует эффективной самостоятельной деятельности аспирантов при освоении дисциплины.

