

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра органической и биологической химии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев
«20» мая 2021 г.

Рабочая программа
«Реакции формирования карбо- и гетероароматического базиса»

Направление подготовки
04.06.01 «Химические науки»

Направленность (профиль)
«Органическая химия»

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «11» мая 2021 года, протокол № 13

Ярославль

1. Целями освоения дисциплины «Реакции формирования карбо- и гетероароматического базиса» являются формирование у аспирантов теоретического фундамента современного органического синтеза, самостоятельной работы с научно-технической литературой, расширение и закрепление базовых понятий органической химии, необходимых для дальнейшего изучения различных областей химии, развитие способности к творчеству, в том числе к научно-исследовательской работе, и выработка потребности к самостоятельному приобретению знаний.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Данная дисциплина относится к разделу дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ.3.2).

Дисциплина «Реакции формирования карбо- и гетероароматического базиса» показывает пути решения одной из основных проблем современной органической химии – синтеза сложных органических молекул.

Для изучения данной дисциплины необходимы «входные» знания, умения, полученные в процессе обучения по программам специалитета или бакалавриата – магистратуры, а также при изучении дисциплины «Современная органическая химия» в аспирантуре и готовность обучающегося, к восприятию знаний и навыков, необходимых при освоении данной дисциплины и приобретенных в результате освоения предшествующих дисциплин. Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее для выполнения и защиты диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине – знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения программы аспирантуры, и критерии их оценивания

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- **Профессиональные компетенции:** способностью творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности фундаментальные знания по органической химии, применять методические навыки органического синтеза, исследования механизмов химических реакций и структуры соединений (ПК-1).

| Код компетенции | Планируемые результаты обучения | Критерии оценивания результатов обучения | | |
|-----------------|--|--|---|---|
| | | Пороговый уровень | Продвинутый уровень | Высокий уровень |
| ПК - 1 | Знать: – номенклатуру и классификации органических соединений, основные типы органических реакций - свойства и способы получения основных классов органических соединений, генетическую связь между ними - тенденции развития современного | 1. Воспроизведение названий органических соединений и реакций, отнесение их к определенному типу. 2. Воспроизведение свойств и способов получения органических соединений | 1. Воспроизведение названий органических соединений и реакций, отнесение их к определенному типу. Выполнение анализа типов реакций. 2. Воспроизведение свойств и способов | 1. Воспроизведение названий органических соединений и реакций, отнесение их к определенному типу. Выполнение в полном объеме анализа типов реакций 2. Воспроизведение свойств и |

| | | | | |
|--|--|--|---|---|
| | <p>органического синтеза</p> <p>Уметь: – анализировать научную литературу с целью выбора направления синтеза целевого соединения – представлять полученные в исследовании результаты в виде отчета</p> <p>Владеть навыками: – определения основных параметров химических веществ – проведения синтеза органических веществ и объяснения полученных результатов</p> | <p>3. Воспроизведение тенденций развития современного органического синтеза</p> <p>4. Выбор направления синтеза целевого соединения.</p> <p>5. Представление результатов работы в виде отчета.</p> <p>6. Определение основных характеристик химических соединений</p> <p>7. Синтез органических веществ и установление их структуры.</p> | <p>получения органических соединений. Выполнение анализа свойств соединений в сопоставлении с их строением.</p> <p>3. Воспроизведение тенденций развития современного органического синтеза. Выполнение анализа тенденций развития 4. Выбор направления синтеза целевого соединения. Обоснование выбранного направления.</p> <p>5. Представление результатов работы в виде отчета. Анализ полученных результатов.</p> <p>6. Определение основных характеристик химических соединений. Анализ полученных результатов</p> <p>7. Синтез органических веществ и установление их структуры. Объяснение полученных результатов.</p> | <p>способов получения органических соединений. Выполнение в полном объеме анализа свойств соединений в сопоставлении с их строением</p> <p>3. Воспроизведение тенденций развития современного органического синтеза. Выполнение в полном объеме анализа тенденций развития</p> <p>4. Выбор направления синтеза целевого соединения. Обоснование в полном объеме выбранного направления.</p> <p>5. Представление результатов работы в виде отчета. Анализ в полном объеме полученных результатов.</p> <p>Определение основных характеристик химических соединений. Анализ полученных результатов. Оценка возможности их применения для конкретных целей.</p> <p>7. Синтез органических веществ и</p> |
|--|--|--|---|---|

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | установление их структуры. Объяснение в полном объеме полученных результатов. |
|--|--|--|--|--|

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 акад. часов
Дисциплина изучается в течение 2-го семестра.

| № п/п | Темы (разделы) дисциплины, их содержание | Семестр | Виды учебных занятий и их трудоемкость (в академических часах) | | | | | Формы текущего контроля успеваемости |
|-------|--|---------|--|--------------|--------------|--------------|------------------------|---|
| | | | лекции | практические | лабораторные | консультации | самостоятельная работа | Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
| 1. | Классификация реагентов и реакций | 2 | 1 | | | 1 | 16 | Задание в рамках самостоятельной работы |
| 2. | Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду | 2 | 1 | | | | 17 | Задание в рамках самостоятельной работы |
| 3 | Реакции ароматического нуклеофильного замещения | 2 | 1 | | | | 17 | Задание в рамках самостоятельной работы |
| 4 | Реакции окисления карбо и гетероаренов | 2 | 1 | | | 1 | 16 | Задание в рамках самостоятельной работы |
| 5 | Реакции восстановления в ряду карбо и гетероаренов | 2 | 1 | | | | 17 | Задание в рамках самостоятельной работы |
| 6 | Реакции diazotирования первичных ароматических аминов | 2 | 1 | | | | 17 | Задание в рамках самостоятельной работы |
| | | | | | | | | Зачет |
| | Всего | | 6 | | | 2 | 100 | |

Содержание разделов дисциплины:

Тема 1. Классификация реагентов и реакций.

- 1.1. Основные функциональные группы. Классификация карбо- и гетероароматических соединений. Основы номенклатуры карбо- и гетероароматических соединений.
- 1.2. Типы органических реагентов, используемых в органическом синтезе. Классификация реакций.
- 1.3. Промежуточные частицы (интермедиаты): радикалы, карбокатионы, карбанионы, карбены, нитрены, арины и др

Тема 2. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду.

- 2.1. Классификация реакций ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме реакций, кинетический изотопный эффект в реакциях электрофильного замещения водорода в бензольном кольце.
- 2.2. Представление о π - и σ -комплексах. Структура переходного состояния. Арениевые ионы в реакциях электрофильного замещения.
- 2.3. Влияние природы заместителя на ориентацию и скорость реакции электрофильного замещения. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Согласованная и несогласованная ориентация двух или нескольких заместителей в ароматическом кольце.
- 2.4. Кинетический и термодинамический контроль в реакции.

Тема 3. Реакции ароматического нуклеофильного замещения.

- 3.1. Классификация механизмов реакций ароматического нуклеофильного замещения.
- 3.2. Энергетический профиль реакций.
- 3.3. Метод межфазного переноса и его использование в органическом синтезе.
- 3.4. Нуклеофильное замещение атомов водорода. Окислительное, викариозное, кинетическое и телезамещение.

Тема 4. Реакции окисления карбо и гетероаренов.

- 4.1. Действие окислителей на карбо- и гетероарены.
- 4.2. Окисление бензола, нафталина, антрацена.
- 4.3. Окисление в боковой цепи аренов.

Тема 5. Реакции восстановления в ряду карбо и гетероаренов.

- 5.1. Действие восстановителей на карбо- и гетероарены.
- 5.2. Восстановление нитроаренов в кислой и щелочной среде. Промежуточные продукты восстановления нитрогруппы (нитрозосоединения, арилгидроксиламины, азокси-, азо- и гидразосоединения).
- 5.3. Восстановление Аренов по Берчу.

Тема 6. Реакции диазотирования первичных ароматических аминов

- 6.1. Реакции диазотирования первичных ароматических аминов. Условия диазотирования в зависимости от строения амина.
- 6.2. Механизм, природа нитрозирующего агента. Строение и устойчивость солей диазония.
- 6.3. Реакции диазосоединений с выделением азота: замена диазогруппы на гидроксил-, галоген-, циан-, нитрогруппу и водород.
- 6.4. Реакции диазосоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание.
- 6.5. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и диазосоставляющие, условие сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители.

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Академические лекции (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов. Лекции имеют мультимедийное сопровождение

Самостоятельная работа – изучение студентами теоретического материала, подготовка к лекциям и отработка навыков по решению ситуационных задач.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- мультимедийное сопровождение лекций;
- программы Microsoft Office;
- для поиска учебной литературы библиотеки ЯрГУ – Автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT" (АБИС "Буки-Next").

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Реутов О. А. Органическая химия: учебник для вузов: в 4 ч / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин; М-во образования РФ. Ч. 1. - 3-е изд. - Б.м.: Б.и., 2009. 567 с.
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=642957&cat_cd=YARSU
2. Реутов О. А. Органическая химия: учебник для вузов: в 4 ч / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин; М-во образования РФ. Ч. 2. - 3-е изд. испр. - Б.м.: Б.и., 2009. 623 с.
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=643328&cat_cd=YARSU
3. Реутов О. А. Органическая химия: учебник для вузов: в 4 ч / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин; М-во образования РФ. Ч. 3. - 3-е изд. испр. - Б.м.: Б.и., 2009. 544 с.
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=643357&cat_cd=YARSU
4. Реутов О. А. Органическая химия: учебник для вузов: в 4 ч / О. А. Реутов, А. Л. Курц, К. П. Бутин; М-во образования РФ. Ч. 4. - 3-е изд. испр. - Б.м.: Б.и., 2009. 723 с.
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=643384&cat_cd=YARSU
5. Орлов В.Ю., Котов А.Д., Русаков А.И. Функционализация карбо- N,O-содержащих гетероароматических систем. - Мир, 2010
http://lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=931882&cat_cd=YARSU

б) дополнительная литература

1. Березин, Б. Д. Органическая химия в 2 ч. Часть 1: учебник для академического бакалавриата / Б. Д. Березин, Д. Б. Березин. — 2-е изд. — М. : Издательство Юрайт, 2017. 313 с.

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ
(http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
(<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library>).

3. Американское химическое общество (<http://www.acs.org/>).
4. Королевское химическое общество (<http://www.rsc.org/>).
5. Химический факультет МГУ (<http://www.chem.msu.ru/>).

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Мультимедийное оборудование и раздаточный материал (формулы, стандартные показатели и т.д., необходимые для решения ситуационных задач)

Автор:

Профессор кафедры
органической и биологической химии, д.х.н.
(должность, ученая степень)



(подпись) В.Ю. Орлов
(Фамилия И.О.)

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Реакции формирования карбо- и гетероароматического базиса»**

**Оценочные средства
для проведения текущей и/или промежуточной аттестации аспирантов
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций**

1.1 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Задания для самостоятельной работы.

Задание № 1

«Классификация реагентов и реакций.»:

- 1) Что такое функциональная группа?
- 2) Проиллюстрируйте любыми примерами следующие термины: структурные изомеры, геометрические изомеры, хиральные соединения, энантиомеры, диастереомеры.
- 3) Назовите основные факторы, определяющие реакционную способность органического реагента. Ответ поясните примерами.
- 4) Дайте определение органическому синтезу.
- 5) Напишите схемы разрыва для всех типов ковалентных связей (по одной ковалентной связи) всеми способами в молекуле этана. Выберите наиболее вероятные, дайте объяснение, приведите примеры реакций.
- 6) Приведите механизмы полимеризации пропилена: 1) радикальной, 2) анионной, 3) катионной.

Задание № 2

«Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду.»:

- 1) Предложите схему получения толуола, используя любые неорганические вещества
- 2) Приведите пример реакции ароматического электрофильного замещения
- 3) Напишите схему реакции нитрования пиррола.
- 4) Приведите энергетическую диаграмму реакции ароматического электрофильного замещения
- 5) Приведите пример реакции Фриделя-Крафтса.
- 6) Приведите пример реакции формилирования аренов

Задание № 3

«Реакции ароматического нуклеофильного замещения.»:

- 1) Напишите схему образования карбаниона для нитроэтана.
- 2) Приведите пример реакции викариозного нуклеофильного замещения водорода в аренах.
- 3) Приведите пример реакции нуклеофильного замещения, протекающей по «ариновому» механизму
- 4) Напишите схему реакции Чичибабина.
- 5) Приведите энергетическую диаграмму реакции ароматического нуклеофильного замещения
- 6) Приведите пример реакции кин-замещения водорода в аренах

- 7) Приведите примеры нуклеофугов в реакциях S_NAr .
- 8) Приведите пример σ -комплексов Джексона-Мейзенгеймера-Яновского

Задание № 4

«Реакции окисления карбо и гетероаренов.»:

- 1) Приведите примеры реакций окисления карбо- и гетероаренов
- 2) Напишите схему реакции окисления хинолина
- 3) Какое строение будут иметь продукты, полученные в результате окисления следующих соединений: а) бутилбензола; б) *m*-диэтилбензола; в) бензола?
- 4) Какие продукты получают при окислении фенантрена? Напишите уравнения реакций.
- 5) Получите *p*-нитробензойную кислоту из *p*-нитротолуола.

Задание № 5

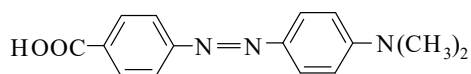
«Реакции восстановления в ряду карбо и гетероаренов.»:

- 1) Приведите примеры реакций восстановления в ряду карбо и гетероаренов
- 2) Приведите пример реакции восстановления по Берчу
- 3) Напишите реакции исчерпывающего каталитического гидрирования: а) бензола; б) толуола; в) *m*-ксилола; г) фенилэтилена (стирола); д) метилфенилацетилена. Назовите образующиеся углеводороды. В какой последовательности будут идти реакции гидрирования связей в веществах "г" и "д"?
- 4) Проведите восстановление пиридина и 2-метилпиридина: а) водородом в момент выделения; б) водородом в присутствии катализатора.

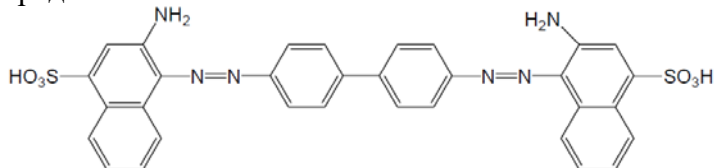
Задание № 6

8 «Реакции диазотирования первичных ароматических аминов.»:

- 1) Сравните строение фенилдиазонийхлорида с циклогексилдиазонийхлоридом и объясните причину их различной устойчивости в водных растворах на холоду
- 2) Опишите строение фенилдиазоний-катиона методом резонанса. Предскажите влияние заместителей на термодинамическую стабильность катиона
- 3) Используя реакцию диазотирования, получите из анилина 1) *p*-нитрофенол, 2) азокраситель, используя в качестве азосоставляющей *n*-(*N,N*-диметиламино)анилин.
- 4) Используя реакцию диазотирования, получите из бензола *m*-иодбензойную кислоту.
- 5) Какие диазо- и азосоставляющие следует применить для получения следующего азокрасителя:



- 6) С помощью каких реакций *p*-толуидин можно превратить в: а) *p*-метокситолуол; б) *p*-бромтолуол; в) толуол?
- 7) Напишите реакцию получения красителя «Конго крас-ный» из ближайших соединений-предшественников



Список вопросов к зачету:

1. Основные функциональные группы. Классификация карбо- и гетероароматических соединений. Основы номенклатуры карбо- и гетероароматических соединений.

Классификация реагентов и реакций. Промежуточные частицы (интермедиаты): радикалы, карбокатионы, карбанионы, карбены, нитрены, арины и др. Электронное и пространственное строение промежуточных частиц.

2. Получение ароматических углеводородов в промышленности - каталитический риформинг нефти, переработка коксового газа и каменноугольной смолы. Лабораторные методы синтеза: реакция Вюрца-Фиттига и другие реакции кросс-сочетания, алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу, восстановление жирноароматических кетонов (реакция Кижнера-Вольфа, реакция Клемменсена), протолиз арилмагнийгалогенидов.

3. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ряду. Классификация реакций ароматического электрофильного замещения. Общие представления о механизме реакций, кинетический изотопный эффект в реакциях электрофильного замещения водорода в бензольном кольце. Представление о π - и σ -комплексах. Структура переходного состояния. Арениевые ионы в реакциях электрофильного замещения. Влияние природы заместителя на ориентацию и скорость реакции электрофильного замещения. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Согласованная и несогласованная ориентация двух или нескольких заместителей в ароматическом кольце.

4. Нитрование. Нитрующие агенты. Механизм реакции нитрования. Нитрование бензола и его замещенных. Нитрование нафталина, бифенила и других аренов. Получение полинитросоединений. Галогенирование. Галогенирующие агенты. Механизм реакции галогенирования аренов и их производных. Сульфирование. Сульфлирующие агенты. Механизм реакции. Кинетический и термодинамический контроль в реакции сульфирования на примере фенола и нафталина. Обратимость реакции сульфирования. Превращения сульфогруппы.

5. Алкилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Алкилирующие агенты. Механизм реакции. Побочные процессы - изомеризация алкилирующего агента и конечных продуктов. Синтез диарил- и триарилметанов. Ацилирование аренов по Фриделю-Крафтсу. Ацилирующие агенты. Механизм реакции. Региоселективность ацилирования. Формилирование по Гаттерману-Коху и другие родственные реакции. Каталитическое гидрирование аренов, восстановление аренов по Бёрчу. Реакции замещения водорода в боковой цепи алкилбензолов на галоген. Окисление алкилбензолов до карбоновых кислот.

6. Реакции ароматического нуклеофильного замещения. Классификация механизмов реакций ароматического нуклеофильного замещения. Энергетический профиль реакций. Метод межфазного переноса и его использование в органическом синтезе.

7. Реакции электрофильного замещения в ароматическом ядре фенолов. Перегруппировка аллиловых эфиров фенолов (Л. Кляйзен). Окисление фенолов, в том числе пространственно затрудненных. Понятие об ароксильных радикалах. Защита функциональных групп в карбо- и гетероароматических соединениях. Защита карбонильной группы, защита аминогруппы.

8. Ароматические нитросоединения. Восстановление нитроаренов в кислой и щелочной среде. Промежуточные продукты восстановления нитрогруппы (нитрозосоединения, арилгидроксиламины, азокси-, азо- и гидразосоединения). Бензидиновая перегруппировка.

9. Ароматические амины. Влияние на основность аминов заместителей в ароматическом ядре. Алкилирование и ацилирование аминов. Взаимодействие первичных, вторичных и третичных ароматических аминов с азотистой кислотой. Реакции электрофильного замещения в бензольном ядре ароматических аминов. Реакции диазотирования первичных ароматических аминов. Условия диазотирования в зависимости от строения амина. Механизм, природа нитрозирующего агента. Строение и устойчивость солей диазония. Реакции диазосоединений с выделением азота: замена диазогруппы на гидроксил-, галоген-, циан-, нитрогруппу и водород. Реакции диазосоединений без выделения азота: восстановление до арилгидразинов, азосочетание. Азосочетание как реакция электрофильного замещения. Азо- и диазосоставляющие, условие сочетания с аминами и фенолами. Азокрасители.

10. Гетероциклические соединения. Классификация гетероциклов, номенклатура. Пятичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Фуран, тиофен, пиррол. Синтез из 1,4-дикарбонильных соединений (Пааль-Кнорр), синтез пирролов по Кнорру. Ароматичность. Реакции электрофильного замещения в пятичленных ароматических гетероциклах: нитрование, сульфирование, галогенирование, формилирование, ацилирование. Ориентация электрофильного замещения. Реакции, характеризующие фуран как диен. Индол. Синтез производных индола из фенилгидразина и кетонов (Фишер). Реакции электрофильного замещения в пиррольном кольце индола: нитрование, формилирование, галогенирование.

11. Шестичленные ароматические гетероциклы с одним гетероатомом. Пиридин, хинолин и изохинолин. Синтез хинолина и изохинолина и замещенных хинолинов из анилинов по Скраупу и Дебнеру-Миллеру. Синтез изохинолина по Бишлеру-Напиральскому. Ароматичность пиридина. Пиридин и хинолин как основания. Реакции пиридина и хинолина с алкилгалогенидами. Окисление и восстановление пиридина и хинолина. Реакции электрофильного замещения в пиридине и хинолине: нитрование, сульфирование, галогенирование. Нуклеофильное замещение атомов водорода в пиридине и хинолине в реакциях с амидом натрия (Чичибабин).

**Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины
«Реакции формирования карбо- и гетероароматического базиса»**

Методические указания для аспирантов по освоению дисциплины

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться с содержанием РПД. Лекции имеют целью дать систематизированные основы научных знаний об оценке риска здоровью, кроме этого на лекциях разбираются типовые ситуационные задачи по темам.

1. Текущий контроль успеваемости.

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал;
- пользуясь лекционным материалом и основной литературой, рекомендованной для освоения дисциплины, выполнить практические задания, которые выдаются преподавателем в конце лекции. Задания подготавливаются самостоятельно, оформляются в письменном (печатном) виде и сдаются преподавателю на проверку в течении недели с момента его получения.

2. Промежуточная аттестация.

Зачетное мероприятие будет складываться из ответа на теоретический вопрос из перечня, приведенного в Приложении №1 пункт 1.1 " Список вопросов к зачету

**Учебно-методическое обеспечение
самостоятельной работы аспирантов по дисциплине**

Для самостоятельной работы аспирант может использовать конспекты лекций, основную и дополнительную учебную литературу, приведенную в пункте 7 данной РПД, а также ресурсы сети "Интернет".

**Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»,
рекомендованных к использованию при освоении дисциплины**

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" (<http://www.edu.ru> (раздел Учебно-методическая библиотека) или по прямой ссылке <http://window.edu.ru/library>).
3. Американское химическое общество (<http://www.acs.org/>).
4. Королевское химическое общество (<http://www.rsc.org/>).
5. Химический факультет МГУ (<http://www.chem.msu.ru/>).