

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева
Российской академии наук
(ИМХ РАН)**

УТВЕРЖДАЮ



Директор

Чл.-корр. РАН

И.Л. Федюшкин

«04» *сентября* 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«СИНТЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ»

Б1.В.ОД.4 «Вариативная часть»; раздел «Обязательные дисциплины» основной профессиональной образовательной программы высшего образования - программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации **04.06.01 Химические науки**

Направленность (профиль) **02.00.03 «Органическая химия»**

Форма обучения очная

Нижний Новгород

2015

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 г. № 869.

Разработчики:

Ведущий научный сотрудник ЛКОС, д.х.н. А.Н. Корнев

Программа принята на заседании ученого совета ИМХ РАН

Протокол № 10 от « 24 » июня 2015 г.

Ученый секретарь, к.х.н.  К.Г. Шальнова

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цели дисциплины:

Формирование компетенций в области синтетической органической химии.

Задачи дисциплины:

- Сформировать представления об условиях проведения реакций и наиболее важных побочных процессах;
- Сформировать представления о границах применимости рассматриваемых реакций;
- Ознакомить обучающихся с наиболее используемыми в органическом синтезе реагентами и катализаторами;

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Настоящая дисциплина представляет собой обязательную дисциплину в разделе Вариативная часть основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки» по специальности 02.00.03 «Органическая химия».

Для успешного усвоения дисциплины аспирант должен знать основные теоретические положения следующих дисциплин:

- "Органическая химия" (теоретические представления органической химии, знания о составе, строении и свойствах основных классов органических соединений, владение основами органического синтеза);
- "Химия элементоорганических соединений" (теоретические основы, касающиеся типов связей элемент (металл) – лиганд, методов синтеза ЭОС, химические свойства и реакционная способность, вопросы практического использования);
- "Физическая химия" (основы термодинамики, кинетики, владение основными законами физической химии);
- "Физические методы исследования" (ИК-, ЯМР-, ЭПР-спектроскопия).

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции:

(УК-1) Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;

(ОПК-1) Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в физической химии с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

(ПК-1) Владение представлениями о фундаментальных основах органической химии; владение формами и методами научного познания;

(ПК-2) Владение основными синтетическими методами получения органических соединений, понимание химических аспектов технологии с учетом сырьевых и энергетических затрат;

Аспиранты, завершившие изучение данной дисциплины, должны:

Знать: теоретические основы синтетической органической химии;

Уметь: планировать целевой органический синтез; подбирать наиболее подходящие условия проведения реакции в зависимости от строения исходных соединений и целевого продукта.

Владеть: наиболее важными синтетическими методами образования связи С–С с одновременной функционализацией синтезируемой структуры;

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часов).

Дисциплина изучается в 6 и 7 семестре (3 и 4 годы обучения). Дисциплина состоит из 7 разделов.

4.1 Структура дисциплины.

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб/ сем.	Прак.	КСР.		
1	Синтетические методы в органической химии	144	72	70	-	-	2	72	Зачет

4.2 Содержание дисциплины

4.2.1 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы и трудоемкость (в часах)				Самостоят. работа
		Лек.	Лаб./ сем.	Пр.	КСР	
1	Основные понятия о синтетических методах	10	-	-	-	10
2	Методы введения водорода на место других атомов и функциональных групп	10	-	-	-	10

3	Методы окисления органических соединений	10	-	-	-	10
4	Методы создания связи С-С с помощью металлоорганических реагентов	10	-	-	1	12
5	Создание двойной углерод-углеродной связи	10	-	-	-	10
6	Алкилирование альдегидов и кетонов	10	-	-	-	10
7	Применение кремнийорганических соединений в синтезе	10	-	-	1	10

4.2.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
1	Основные понятия о синтетических методах	Выбор оптимального пути синтеза органического соединения. Стереоселективность реакций. Требования к реагентам и аппаратуре. Методы выделения продукта. Особенности перегонки в вакууме. Препаративная колоночная хроматография. Характеристика продукта реакции. Растворители, их типы. Методы приготовления "абсолютных" растворителей.	Лекции, самостоятельная работа
2	Методы введения водорода на место других атомов и функциональных групп	Декарбоксилирование карбоновых кислот и их солей, трибутиллово-гидрид. Гидрирование кратных связей. Гидрогенолиз связей углерод-гетероатом. Диастереоселективность каталитического гидрирования. Гомогенное гидрирование: катализаторы, механизм. Восстановление гидридами бора и алюминия. Восстановление функциональных групп дибораном. Гидроалюминирование алкинов. Комплексные гидриды металлов как восстановители. Алкокси-алюмогидриды лития Цианоборогидрид натрия. Восстановление ароматических соединений щелочными металлами в жидком аммиаке. Дезоксигенирование спиртов. Дезоксигенирование альдегидов и кетонов. Методы Клемменсена и Кижнера-Вольфа.	Лекции, самостоятельная работа
3	Методы окисления органических соединений	Реагенты окисления: соединения марганца и хрома, пероксиды, надкислоты, диоксид селена, озон, диметилсульфоксид, дихлордицианохинон (DDQ), хлоранил, периодинан Десса-Мартина. Окисление вторичных спиртов до кетонов соединениями Cr(VI). Синтез альдегидов	Лекции, самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
		<p>окислением первичных спиртов. Окисление с помощью диметилсульфоксида: превращение алкилгалогенидов (Корнблум), тозилатов и спиртов в альдегиды и кетоны. Взаимодействие непредельных карбоновых кислот с галогеном в присутствии основания. Трет-бутил-гидропероксид как эпоксилирующий агент. Реакция Байера-Виллигера и ее конкуренция с эпоксированием по связи C=C. Относительные скорости этих реакций. Катализ реакции Байера-Виллигера минеральными кислотами. Окислительное расщепление связи углерод-углерод. Окисление алкенов тетраоксидом осмия. Каталитический вариант реакции: использование N-оксида N-метилморфолина (NMO). Расщепление 1,2-диолов иодной кислотой и тетраацетатом свинца. Озонолиз алкенов, механизм реакции. Восстановительное и окислительное расщепление озонидов (1,2,4-триоксоланов).</p>	
4	Методы создания связи С-С с помощью металлоорганических реагентов	<p>Литий- и магнийорганические соединения, их получение из органогалогенидов и металла. Получение литийорганических соединений обменными реакциями органогалогенидов и оловоорганических соединений с литийалкилами. Литирование органических субстратов. Шкала СН-кислотности углеводородов. Особенности синтеза винильных и аллильных литий- и магнийорганических соединений. Строение литийорганических соединений: кластеры. Строение магнийорганических соединений. Равновесие Шленка. Реакции литий- и магнийорганических соединений с водой, кислородом, диоксидом углерода, альдегидами, кетонами, сложными эфирами, нитрилами, эпоксидами, орто-эфирами, третичными амидами. Взаимодействие литий- и магнийорганических соединений с алкил- и арилгалогенидами. Особенности галогенидов аллильного и бензильного типа. Медьорганические реагенты в синтезе. Получение литий-диалкилкупратов. Их строение. Купраты низшего порядка:</p>	Лекции, самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
		<p>гомокупраты Гилмана, гетерокупраты, цианокупраты. Купраты высшего порядка: цианокупраты. Третичные фосфины, амидофосфины и диалкилсульфиды как стабилизирующие лиганды. Магнезиокупраты. Реакция литий-диалкилкупратов с альдегидами, галогенопроизводными различных типов, ацилгалогенидами, оксиранами, α, β-непредельными альдегидами и кетонами. Комплексы медьорганических соединений с кислотами Льюиса (BF_3, MgBr_2), их использование в синтезе. Реакция комплексов медьорганических соединений с галогенидами магния, а также литий-диалкилкупратов с терминальными алкинами (карбокуприрование). Реакции кросс-сочетания магний-, цинк-, олово- и борорганических соединений с органогалогенидами, катализируемые комплексами палладия (Хараш, Негиши, Стилле, Сузуки). Получение катализаторов - комплексов палладия. Применение титанорганических соединений в синтезе. Введение двух алкильных групп на место атома кислорода в кетонах действием диалкилтитан-дихлорида. Диастереоселективный синтез спиртов из альдегидов с помощью гомоенолятов титана.</p>	
5	Создание двойной углерод-углеродной связи	<p>Кислотно катализируемая дегидратация спиртов. Дегидратирующие агенты. Ограничения синтетического использования реакции. Создание двойной связи углерод-углерод реакциями элиминирования от алкилгалогенидов, тозилатов, мезилатов. Синтез алкенов термолизом ксантогенатов (Чугаев), N-окисей третичных аминов (Коуп). Реакция Виттига как региоспецифический метод синтеза алкенов. Получение фосфониевых солей и илидов фосфора. Основания, используемые в реакции. Природа связи фосфор-углерод в илидах ($p-\sigma^*$-стабилизация). Механизм реакции Виттига, ее</p>	Лекции, самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
		<p>хемоселективность и стереохимия. Образование Z- и E-алкенов в реакциях нестабилизированных и стабилизированных илидов. Направленное получение Z- и E-алкенов: роль солей лития, бессолевой метод. Получение эфиров алкилфосфоновых кислот (Михаэлис-Арбузов) и их использование в синтезе алкенов (вариант Хорнера-Уэдсворта-Эммонса). Области применения реакций. Замещение атома кислорода в карбонильной группе кетонов и сложных эфиров на метиленовую группу с помощью титаноцен-дихлорида (Ф.Тebbe).</p>	
6	Алкилирование альдегидов и кетонов	<p>Методы генерирования енолятов с помощью алкоголятов и амидов щелочных металлов. Применение пространственно затрудненных амидов. Кинетически- и термодинамически контролируемые процессы енолизации, условия их осуществления. Алкилирование енолятов. Влияние полярности растворителя на региоселективность процесса. Альдольная конденсация, ее механизм. Межмолекулярная и внутримолекулярная реакции. Использование формильных (гидроксиметиленовых) производных для региоселективного алкилирования кетонов. Региоселективность присоединения нуклеофилов к α,β-непредельным карбонильным соединениям. Конденсация по Михаэлю. Механизм реакции. Основания Манниха и другие синтетические эквиваленты акцепторов Михаэля. Реакции аннелирования. Вариант Робинсона. Применение β-хлоркетонов, оснований Манниха, α-силилированных винилкетонов (Сторк) в качестве эквивалентов енонов. Реагент Назарова. Понятие о каскадных реакциях. Бис- и трис-аннелирование. Спиро-аннелирование с помощью илидов серы (метод Троста-Богдановича).</p>	Лекции, самостоятельная работа
7	Применение кремнийорганических	Сравнение кремнийорганических соединений с их углеродными аналогами. Склонность атома	Лекции, самостоятель

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Форма проведения занятий (лекции, семинары и т.д.)
	соединений в синтезе	<p>кремния к образованию связей с атомами O, Cl и F. Нуклеофильное замещение при атоме кремния. Фторид-ион как высоко селективный агент десилилирования. Влияние атома кремния на стабильность β-карбониевого и α-карбанионного центров. Стерический эффект группы Me_3Si. Использование триметилхлорсилана в ацилоиновой конденсации.</p> <p>Триметилсилилцианид: его получение и применение в синтезе β-аминоспиртов и β-гидроксинитрилов. Синтез амидов с помощью триметилсилил-азида. Силиловые эфиры енолов, их получение из кетонов, α,β-енонов, β-дикетонов, эфиров β-кетокислот и производных малонного эфира. Силокси-диены. Диен Данишефского (1-метокси-3-триметилсилоксибутадиен-1,3) и его применение в синтезе алициклов и гетероциклов.</p> <p>Винилсиланы, их получение из магнийорганических соединений, из кетонов и тозилгидразина и реакцией гидросилилирования. Восстановление силилированных спиртов пропаргильного типа алюмогидридом лития и водородом; стереоселективность этих реакций. Синтез силилированных 1,3-диенов и их использование в реакции Дильса-Альдера. Синтез алкенов взаимодействием α-литированных силанов с карбонильными соединениями (реакция Петерсона). Стереонаправленный синтез Z- и E-алкенов из α-силилированных кетонов.</p> <p>Аллилсиланы. Их получение из магний-, литий- и натрийорганических соединений.</p> <p>Десилилирование аллилсиланов с перемещением связи C=C при действии электрофильных реагентов. Синтез этинилсиланов и расщепление связи кремний-углерод в них под действием фторид-иона и нитрата серебра.</p>	ная работа

5. Образовательные технологии

1. Активные образовательные технологии: лекции, семинары и практические работы.
2. Лекции читаются с использованием современных мультимедийных возможностей (слайды подготовлены с помощью программного пакета Microsoft Office PowerPoint) и проекционного оборудования.
3. Проведение практических работ в научной лаборатории, участие обучаемых в научной работе и выполнении исследовательских проектов.
4. Использование специального программного обеспечения и Интернет-ресурсов для обучения в ходе практических и самостоятельных работ.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

Целью самостоятельной работы является овладение навыками работы с литературой (в читальном зале библиотеки, с доступом к ресурсам Интернет), более углубленное изучение отдельных разделов дисциплины при подготовке к практическим занятиям, лекциям, при выполнении индивидуальных заданий. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в форме собеседования, контроля самостоятельной работы.

Форма контроля знаний – зачет.

Контрольные вопросы к зачету:

1. Покажите, что реакция окисления органических соединений перманганатом калия является синтетическим методом.
2. Докажите, что реакция Дильса-Альдера — один из самых фундаментальных и употребляемых методов органического синтеза.
3. Почему реакцию Вюрца нельзя считать методом синтеза алканов?
4. Какие синтетические методы создания углеродного скелета Вы можете предложить?
5. Какие методы построения циклических структур Вы знаете? Проиллюстрируйте конкретными примерами.
6. Покажите на конкретных примерах, что расщепление C–C связи и перестройка углеродного скелета — синтетические методы.
7. Реакция Виттига — важный препаративный метод синтеза олефинов. Охарактеризуйте его преимущества, в сравнении с другими аналогичными методами.
8. За последнее время широкое применение в синтезе нашел метод межфазного катализа. В

чем его сущность?

9. Дайте характеристику новым принципам стимулирования органических реакций: фотохимия, сверхвысокие давления, гомогенный металлокомплексный катализ.

10. Как использовать сложноэфирную конденсацию для получения 1-метил-3-карбэтоксипиперидона-4?

11. Каким методом синтеза C–C связи можно синтезировать диацетоновый спирт? Какой экспериментальный прием используют в этом синтезе?

12. При получении диметилаллилкарбинола магниорганическим синтезом ацетон и хлористый аллил одновременно прибавляют к магнию, находящемуся под слоем эфира. Чем вызвана необходимость проведения реакции именно таким образом? Какое соединение при этом получается побочно?

13. Как лабораторным путем из ацетилена и хлороформа с применением неорганических реагентов синтезировать 3,3,4,4-тетрафторциклобутен-1?

14. Как, используя диэтилмалонат и соответствующий дигалогенид, синтезировать циклобутанкарбоновую кислоту?

15. Почему синтез аминов по Гофману из галогенпроизводных и аммиака мало пригоден для получения чистого диэтиламина, но дает хорошие результаты при синтезе ди-*n*-гексиламина?

16. Поясните образование 1-метилциклопентанола-1 при прибавлении 1 иодгексанола-5 к эфирному раствору магниорганического соединения.

17. Почему из хлорангидридов и ангидридов карбоновых кислот при обратном прибавлении реагентов (прибавление магниорганического соединения) можно получать кетоны, а из сложных эфиров – нет?

18. Назовите примеры синтеза через магниорганические соединения: альдегидов, кетонов, диолов, тиоспиртов.

19. Ацетоуксусный эфир получают конденсацией Кляйзена. Приведите примеры других возможных продуктов конденсации этилацетата, поясните механизм образования.

20. При нагревании неопентилиодида с амидом натрия образуется 1,1 диметилциклопропан. Каков механизм реакции?

21. Как из ацетилена и хлороформа с применением с применением неорганических реагентов синтезировать 3,3,4,4-тетрафторциклобутен-1?

22. Получить из неопентилового спирта, трифенилфосфина и четыреххлористого углерода неопентилхлорид. Объяснить механизм.

23. Предложите не менее 4-х методов синтеза иодбензола.

24. 1 моль бензилметилового эфира и 1,25 моль дихлордиметилового C в°эфира в

- присутствии следов хлористого цинка нагревают до 95-100⁰С течение 2 часов. При отгонке получают хлористый бензил с выходом 88 %. Составьте схему синтеза и поясните механизм.
25. Синтезируйте о-метилбензилхлорид из о-метилбензилового спирта. Предложите галогенирующий агент и условия проведения синтеза.
26. Синтезировать 2-иодбутан из вторбутилового спирта, иода и красного фосфора. Пояснить механизм.
27. Третбутилгипохлорит при облучении светом или в присутствии небольших количеств перекиси реагирует с алканами, давая эквимольные количества аллилхлорида и третбутилового спирта. Напишите все стадии вероятного механизма этой реакции. Можно ли эту реакцию считать методом синтеза алкилгалогенидов или спиртов?
28. Назовите не менее пяти методов восстановления нитробензола до анилина с применением различных восстановителей. Составьте уравнения соответствующих реакций.
29. Какие способы получения твердых солей диазония вам известны?
30. Предложите метод извлечения первичного амина, например, н-бутиламина, из смеси вторичных и третичных аминов, используя фталевый ангидрид.
31. Приведите восемь путей синтеза н-пропиламина, включая только реакции нуклеофильного замещения и перегруппировки. Поясните механизмы всех рассматриваемых реакций.
32. Приведите примеры синтеза аминов с использованием в качестве аминирующих агентов амида натрия, бисульфита аммония, аммиака. Поясните механизм.
33. Синтезировать трифениламин из бензола и неорганических реагентов.
34. Каков механизм образования барбитуровой кислоты из диэтилового эфира малоновой кислоты и мочевины?
35. Экспериментально установлено, что диазотирование циклогексиламинометана приводит исключительно к циклогептанолу. Укажите, образование какого продукта обычно ожидается в этой реакции и приведите механизм образования циклогептанола.
36. Хлористый фенилдиазоний разлагается в воде, кислой среде (соляная кислота) и полярной среде с образованием двух соединений А и Б и выделением азота. Добавление поваренной соли не влияет на скорость разложения (определенную по скорости выделения азота), но количество продукта А сильно возрастает. Установите природу и напишите механизмы образования соединений А и Б.
37. Было показано, что разложение борфторида фенилдиазония в присутствии порошка меди в нитробензоле дает 2- и 4-нитробифенилы, но не 3 нитробифенил. Объясните, образование какого продукта Вы могли бы ожидать при разложении борфторида фенилдиазония в акрилонитриле в отсутствие меди?

38. Напишите уравнение реакции азосочетания 8-амино-1-нафтол-3,6-дисульфокислоты с хлористым п-нитрофенилдиазонием в кислой (pH = 5) и щелочной (pH = 9) средах. Предложите структуру красителя в различных средах: pH = 3, pH = 7, pH = 10.
39. Предложите способ получения п-динитробензола из бензола с объяснением механизмов всех реакций. Обосновать предложенный метод синтеза.
40. Предложите метод синтеза красного стрептоцида из бензола.
41. Синтезируйте β-нитростирол из а) стирола, б) бензальдегида. Какой из методов более рационален?
42. Синтезируйте нитрометан из производного уксусной кислоты. Поясните механизм реакции.
43. Каким методом удобнее пользоваться при синтезе бензоилуксусного эфира: а) подвергать действию этилата натрия смесь этиловых эфиров уксусной и бензойной кислот, б) обрабатывать хлористым бензоилом натриевого производного ацетоуксусного эфира?
44. Предложите способы получения сложных эфиров енольных форм уксусного альдегида и ацетона.
45. Предложите способ получения сахарина из толуола.
46. Каким путем можно синтезировать анестезин и новокаин из п-толуидина?
47. Предложите синтез п-этилбензойной кислоты из п-ацетил-этилбензола.
48. Подтвердите, что окисление циклогексана в циклогексанол и циклогексанон в присутствии стеарата алюминия идет через стадию образования гидропероксида.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. К. Бюлер, Д. Пирсон, Органические синтезы, ч.1 и 2, М., Мир, 1973.
2. R.K. Mackie, D.M. Smith, R.A. Aitken, Guidebook to Organic Synthesis, 3rd Ed., Prentice Hall, Harlow, England, 1999.
3. H.O. House, Modern Synthetic Reactions, W.A. Benjamin, New York, 1965; 2nd Ed., Benjamin, Menlo Park, CA, 1972.
4. Michael B. Smith, Organic Synthesis / McGraw-Hill, Inc., N.-Y., 1994; 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, 2002.
5. I. Fleming, Frontier Orbitals and Organic Chemical Reactions, Wiley, London, 1976.
6. В. Смит, А. Бочков, Р. Клейпл, Органический Синтез. Наука и Искусство, М, Мир, 2001.
7. В.А. Смит, А.Д. Дильман, Основы современного органического синтеза, М. Бином, 2009.
8. Дж. Марч, Органическая химия, 4т, М.: Мир, 1989.
9. Stereochemistry of Organic Compounds; E.L. Eliel, S.H. Wilen; J. Wiley; New York; 1994.
10. Химическая Энциклопедия; т. 1-5; М, Большая Российская Энциклопедия; 1988-1998.

б) дополнительная литература:

1. Transition Metals for Fine Chemicals and Organic Synthesis / Ed. M.Beller, C.Bolm, J.Wiley-VCH; 1998.
2. H.O. House, Modern Synthetic reactions, W.A.Benjamin, 1972.
3. S.F. Dyke, The Chemistry of Enamines, Cambridge Univ. Press, 1973.
4. A. Suzuki, In Metal-catalyzed Cross-coupling Reactions / Eds. F. Diederich, P.J.Stang, Weinheim: Wiley-VCH, 1998, 167-202.
5. D.V. Knight Coupling Reactions Between sp^2 Carbon Centers, in Comprehensive Organic Synthesis / Eds. B. Trost, I. Fleming, G. Pattenden, Oxford: Pergamon, 1991, vol. 3, 481-480.
6. E-I. Negishi, F. Liu, Palladium- or Nickel-catalyzed Cross-coupling with Organometals Containing Zinc, Magnesium, Aluminium, and Zirconium, in Metal-catalyzed Cross-coupling Reactions / Eds. F. Diederich, P.J. Stang, Weinheim: Wiley-VCH, 1998, 1-47.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

ИМХ РАН располагает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом, а также эффективное выполнение диссертационной работы:

Читальный зал для проведения лекций и семинаров оснащен компьютером и проектором для демонстрации презентаций.

Компьютеры, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет, имеют доступ к международным и российским научным базам данных и электронным библиотекам с основными международными научными журналами.

Работы по получению органических соединений выполняются в специализированных лабораториях, оснащенных стандартным комплексом оборудования как для проведения синтезов, так и для исследования их физико-химических свойств. Работы с использованием МОС проводятся на рабочих местах в рамках тематики научных исследований, как по известным методикам, так и по вновь разрабатываемым.

Инструментальная база ИМХ РАН основана на центре коллективного пользования физическо-химических методов исследования.

Для самостоятельной подготовки обучающиеся используют читальный зал библиотеки.