

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт катализа им. Г.К. Борескова  
Сибирского отделения Российской академии наук**

УТВЕРЖДАЮ

ВРИО директора ИК СО РАН

чл.-корр. РАН

В.И. Бухтияров

21 \_\_\_\_\_ 2015 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физико-химические основы катализа и адсорбции**

Направление подготовки: 04.06.01 – Химические науки

Направленность подготовки: 02.00.04 - Физическая химия

Уровень образования: подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь.

Новосибирск 2015

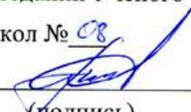
Программа составлена в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 04.06.01 – Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденный Приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 № 869.
2. Паспорт научной специальности 02.00.04 – Физическая химия (разработанный экспертами ВАК Минобрнауки России в соответствии с Номенклатурой специальностей работников, утверждённой приказом Минобрнауки России от 25.02.2009 г. № 59).
3. Программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 02.00.04 – Физическая химия

Составители рабочей программы  
ВРИО директора, чл.-корр. РАН  
(должность, ученое звание, ученая степень)  (подпись) В.И. Бухтияров  
(Ф.И.О.)

рук. группы, к.х.н.  
(должность, ученое звание, ученая степень)  (подпись) И.В. Мишаков  
(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета ИК СО РАН

«11» 05 2015 г., протокол № 08  
Ученый секретарь, к.х.н.  (подпись) А.А. Ведягин  
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО:

Зам. директора по научной работе, д.х.н.  (подпись) О.Н. Мартьянов  
(Ф.И.О.)

## 1. Цели освоения дисциплины

Основная цель Дисциплины заключается в получении аспирантами теоретических знаний в области катализа и адсорбции на современном уровне во взаимосвязи с другими науками, развитии представлений о механизмах реакций, об изучении и разработке катализаторов и каталитических процессов. Дисциплина основывается на современной концепции единства явлений гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа.

В курсе преподавания Дисциплины излагаются основные причины возникновения каталитических эффектов, вводятся понятия активного центра катализатора и каталитического цикла. Рассматриваются формы промежуточных химических взаимодействий в ходе каталитических реакций, явления химической активации веществ. Даются представления об особенностях каталитической активации веществ с участием газообразных, жидких и твердых катализаторов. Дисциплина построена на фактологическом описании принципов каталитического действия катализаторов разной природы: кислот и оснований, цеолитов, комплексов переходных металлов, твердых оксидов металлов, сульфидов металлов, твердых металлоорганических систем и металлоферментов. Излагаются сведения о каталитических механизмах протекания наиболее важных процессов: гидролиза, изомеризации, полного и частичного окисления, гидрирования, карбонилирования, полимеризации олефинов, восстановительной олигомеризации окиси углерода, синтеза аммиака, гидроочистки и риформинга, синтеза метанола, серной кислоты, и ряда других. Уделено внимание современным технологиям каталитических процессов в химической промышленности, энергетике и защите окружающей среды.

### Основные задачи дисциплины:

- обучить учащихся аспирантуры теоретическим основам катализа;
- сформировать понимание сущности каталитического действия, элементарных стадиях каталитических реакций; каталитическом цикле;
- дать представление о классификации каталитических процессов, катализаторов и основных методах их приготовления;
- дать представление о роли катализа в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, энергетике, защите окружающей среды;
- закрепить необходимый понятийный аппарат важнейших разделов катализа.

## 2. Место дисциплины в структуре программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации

### 04.06.01 - Химические науки, направленность (специальность) - 02.00.04 - физическая химия

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы аспирантуры. Преподается на первом/втором курсах.

Требования к первоначальному уровню:

Для успешного освоения Дисциплины «Физико-химические основы катализа и адсорбции» аспиранты должны иметь базовые знания и представления, полученные в результате изучения следующих курсов:

- Физическая химия
- Химическая кинетика
- Неорганическая химия
- Органическая химия
- Химическая термодинамика
- Строение вещества

- Статистическая физика
- Координационная химия
- Химия высокомолекулярных соединений

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

Процесс изучения Дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Универсальные компетенции (УК):

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
УК-3	готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач

Общепрофессиональные компетенции (ОПК):

ОПК-1	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ОПК-3	готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования

Профессиональные компетенции (ПК):

ПК-1	способен к установлению механизма действия катализаторов, изучению элементарных стадий и кинетических закономерностей протекания гомогенных, гетерогенных и ферментативных каталитических превращений;
ПК-2	способен к исследованию природы каталитического действия и промежуточных соединений реагентов с катализатором с использованием химических, физических, квантово-химических и других методов
ПК-3	способен к поиску и разработке новых катализаторов и каталитических композиций, усовершенствованию существующих катализаторов для проведения новых химических реакций, ускорения известных реакций и повышения их селективности
ПК-4	способен к установлению связи реакционной способности реагентов с их строением и условиями осуществления химической реакции

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- сущность и физико-химические основы катализа;

- принципы действия катализаторов и основы механизмов каталитических превращений;
- теоретические основы гомогенного, гетерогенного и ферментативного катализа;
- важнейшие каталитические процессы в современной химической промышленности, энергетике и защите окружающей среды;

**Уметь:**

- применять полученные знания для описания механизмов каталитических реакций;
- использовать теоретические знания в научно-исследовательской работе;
- проводить обработку полученной информации, составлять рефераты и отчеты;
- делать доклады и презентации по результатам проведенных исследований.

**Владеть навыками:**

- практического использования основных физико-химических методов анализа для исследования структуры и поверхности адсорбентов и катализаторов;
- исследования процессов адсорбции и кинетики химических превращений;
- использования учебной и научной литературы для проведения исследований;

**4. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Общая трудоёмкость Дисциплины составляет 6 зачетных единиц или 216 часов.

	<b>Объём часов / зачетных единиц</b>
<b>Всего</b>	<b>216/6</b>
<b>Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)</b>	<b>44</b>
в том числе:	
лекции	44
семинары	
практические занятия	-
<b>Самостоятельная работа аспиранта (всего)</b>	<b>172</b>
<b>Вид контроля по дисциплине:</b> Рубежный контроль зачет (Итоговый контроль)	

**5. Разделы дисциплины и виды занятий**

№	Тема, раздел	Всего часов	Аудиторные занятия			Самостоятельная работа студентов
			лекции	семинары	лаб.	
1	Физико-химические основы катализа и его значение	22	4	-	-	18
2	Сущность каталитического действия	24	4	-	-	20
3	Кислотно-основной катализ	22	4	-	-	18
4	Металлокомплексный катализ	26	6	-	-	20

5	Гетерогенный катализ металлами	24	6	-	-	18
6	Гетерогенный катализ оксидами и сульфидами металлов	26	6			20
7	Гетерогенные металлоорганические катализаторы	22	4			18
8	Ферментативный катализ	24	4			20
9	Основные каталитические процессы в промышленности	26	6			20
	<b>Всего:</b>	<b>216</b>	<b>44</b>		-	<b>172</b>

### 6. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
Лекции		
1	Физико-химические основы катализа и его значение	Открытие каталитических явлений. История развития учения о катализе. Катализ и научно-технический прогресс. Роль катализа в живой природе. Современное определение катализа. Активность, селективность и стабильность катализаторов. Основные типы катализаторов Классификация каталитических процессов. Важнейшие катализаторы и каталитические процессы в промышленности.
2.	Сущность каталитического действия	Факторы каталитического ускорения реакций. Катализ и равновесие. Понятие о каталитическом цикле. Механизмы каталитических реакций. Принципы активации в катализе. Эффекты компенсации. Стадийный и слитный механизмы катализа. Формы промежуточного взаимодействия реагентов с катализатором. Роль энергетического и структурного факторов. Гомогенный катализ в газовой фазе. Цепные реакции. Гомогенный катализ в жидкой фазе. Особенности протекания химических реакций в растворах. Основные стадии гетерогенного каталитического процесса. Роль физической адсорбции и хемосорбции в гетерогенно-каталитическом процессе. Энергетический профиль гетерогенной каталитической реакции. О единстве явлений гомогенного и гетерогенного катализа.
3.	Кислотно-основной катализ	Кислотно-основной гомогенный катализ. Общий и специфический катализ. Кинетика кислотно-основных каталитических реакций. Соотношение Бренстеда. Гетерогенный кислотный катализ. Бренстедовские и льюисовские кислотные центры. Модифицированные кислотные катализаторы. Цеолитные катализаторы.

		Молекулярно-ситовой катализ.
4.	Металлокомплексный катализ	<p>Роль гомогенного катализа в современной промышленности. Основные типы комплексов металлов. Кластеры. Роль лигандов и растворителя в стабилизации структуры комплексов. Комплексообразование как основная стадия активации реагирующих молекул.</p> <p>Типы комплексов металлов с органическими молекулами различного строения. Ключевые стадии перегруппировок металлоорганических соединений: окислительное присоединение, восстановительное элиминирование, внедрение, реакции сдвига. Каталитический цикл как последовательность ключевых стадий.</p> <p>Активация водорода и гидрируемого субстрата. Полимеризация олефинов, основные интермедиаты. Механизмы реакций изомеризации, карбонилирования, окисления. Метатезис олефинов. Окисление органических веществ на металлокомплексных катализаторах.</p>
5.	Гетерогенный катализ металлами	<p>Общие сведения о гетерогенном катализе. Состав и структура гетерогенных катализаторов. Активные центры гетерогенных катализаторов.</p> <p>Гетерогенный катализ металлами. Основные факторы, определяющие активность металлов</p> <p>Важнейшие промышленные процессы, катализируемые металлами и сплавами. Механизмы реакций</p> <p>Особенности катализа дисперсными металлами. Нанесенные металлические катализаторы. Взаимодействие металл-носитель. Зависимость каталитических свойств от дисперсности. Примеры структурно-чувствительных и структурно-нечувствительных реакций. Бифункциональный гетерогенный катализ. Биметаллические катализаторы риформинга. Восстановительная олигомеризация CO. Эпоксидирование этилена.</p>
6.	Гетерогенный катализ оксидами и сульфидами металлов	<p>Реакции полного и селективного (парциального) окисления. Каталитические свойства оксидов. Активация кислорода твердыми оксидами металлов. Классификация механизмов каталитического окисления. Примеры стадийного и слитного механизмов. Связь селективности с энергией связи кислорода с поверхностью катализатора. Правило Захтлера. Активация углеводородов в реакциях селективного окисления. Окислительный аммонолиз пропилена. Механизм Грасселли. Окисление сернистого газа. Оксидные катализаторы в синтезе метанола. Окисление метанола в формальдегид и муравьиную кислоту. Окисление бензола в фенол.</p> <p>Роль процессов гидроочистки в переработке нефти. Катализ сульфидами металлов. Принцип действия катализаторов гидрообессеривания. Структура активного компонента. Условия процессов гидроочистки. Основные реакции, протекающие при гидроочистке.</p>
7.	Гетерогенные металлоорганические	Катализаторы Циглера-Натта. Образование активных центров. Полимеризация олефинов на гетерогенных

	катализаторы	катализаторах. Механизм роста и обрыва полимерной цепи. Принципы стереорегулирования при полимеризации. Технология полимеризации. Суспензионная и газофазная полимеризация. Иммобилизованные ферменты и металлокомплексы.
8.	Ферментативный катализ	Общие сведения о ферментативном катализе. Классификация ферментов и ферментативных реакций. Полифункциональная структурная организация металлоферментов. Активные и адсорбционные центры ферментов. Примеры механизмов ферментативного катализа. Кинетика ферментативных процессов.
9.	Основные каталитические процессы в промышленности	Важнейшие каталитические процессы в промышленности. Катализаторы и условия реализации процессов. Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии: крекинг, риформинг, изомеризация, алкилирование и дегидрирование алканов. Каталитическая конверсия природного газа. Синтез водорода Синтез Фишера-Тропша. Синтез метанола и диметилового эфира. Синтез аммиака и азотной кислоты. Синтез серной кислоты. Синтез окиси этилена. Современные каталитические технологии в энергетике. Каталитические процессы для защиты окружающей среды. Устройство и функционирование каталитических нейтрализаторов выхлопных газов автотранспорта.

## 7. Самостоятельная работа аспирантов

**Цель самостоятельной работы** – закрепление, углубление и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе, умения целенаправленно творчески работать с учебной, научной специальной литературой, составлять рефераты.

В самостоятельную работу аспирантов включается также подготовка к текущему и рубежному контролю, сдаче зачета.

Самостоятельная работа аспиранта включает:

- дополнительную проработку разделов дисциплины, связанных с выполнением диссертационной работы;
- участие в научных конференциях и проблемных семинарах Института;
- подготовку докладов на конференции и конкурсы;
- работу с учебной и научной литературой;
- знакомство с научными статьями в отечественных и зарубежных журналах, электронных изданиях;
- освоение соответствующих компьютерных программ;
- поиск информации в базах данных.

Самостоятельная работа проводится в читальном зале библиотеки, в Информационно-аналитическом центре ИК СО РАН, в учебных кабинетах, на рабочем месте с доступом к ресурсам Интернет. Порядок выполнения самостоятельной работы соответствует программе курса и контролируется в ходе учебного процесса. Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, интернет-ресурсы для ученых и исследователей.

## 8. Оценочные средства для контроля успеваемости и аттестации по итогам освоения дисциплины. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1. Перечень контрольных вопросов для текущего контроля и зачета

1. Исторические аспекты развития катализа
2. Современное определение катализа
3. Роль катализа в становлении и развитии современной промышленности
4. Катализ и живая природа
5. Факторы каталитического ускорения реакций
6. Катализ и равновесие
7. Понятие об активном компоненте катализатора, активном центре, окружении активного центра и носителя
8. Каталитическая активность и способы ее выражения
9. Понятие об активном центре катализатора
10. Классификация катализаторов. Важнейшие промышленные катализаторы.
11. Классификация каталитических процессов. Важнейшие каталитические процессы в промышленности
12. Общая схема механизма каталитических реакций. Каталитический цикл
13. Принципы активации в катализе. Эффекты компенсации. Стадийный и слитный механизмы катализа
14. Формы промежуточного взаимодействия реагентов с катализатором. Роль энергетического и структурного факторов
15. Гомогенный катализ в газовой фазе. Катализаторы в цепных процессах
16. Гомогенный катализ в жидкой фазе. Особенности протекания химических реакций в растворах.
17. Кислотно-основной гомогенный катализ. Общий и специфический катализ.
18. Кинетика кислотно-основных каталитических реакций. Соотношение Бренстеда.
19. Гетерогенный катализ на твердых катализаторах. Общие сведения
20. Основные стадии гетерогенного каталитического процесса. Энергетический профиль гетерогенно-каталитической реакции
21. Роль физической адсорбции и хемосорбции в гетерогенно-каталитическом процессе. Зависимость энергии хемосорбции от степени заполнения поверхности
22. Гомогенный катализ металлокомплексами. Общие сведения
23. Металлокомплексный катализ и его место в современной промышленности
24. Основные типы комплексов металлов. Роль лигандов и растворителя
25. Комплексообразование как основная стадия активации реагирующих молекул. Типы комплексов металлов с различными органическими молекулами.
26. Ключевые стадии перегруппировок металлорганических соединений: внедрение, окислительное присоединение, восстановительное элиминирование, реакции сдвига.
27. Гидрирование. Природа стадий активации водорода и гидрируемого субстрата
28. Полимеризация олефинов, основные интермедиаты
29. Механизм формирования и природа активных комплексов на примере реакций изомеризации, карбонилирования, и окисления
30. Механизм каталитической реакции метатезиса олефинов
31. Окисление органических веществ на металлокомплексных катализаторах
32. Металлоферменты в катализе. Общие сведения
33. Классификация ферментов и ферментативных реакций
34. Структурная организация металлоферментов

35. Активные и адсорбционные центры ферментов. Механизмы ферментативного катализа
36. Кинетика ферментативных реакций
37. Гетерогенный катализ. Общие сведения. Энергетический профиль гетерогенной каталитической реакции
38. Гетерогенный кислотный катализ. Бренстедовские и льюисовские кислотные центры. Молекулярно-ситовой катализ.
39. Типы гетерогенных катализаторов: Катализ металлами, оксидами и сульфидами переходных металлов.
40. Гетерогенный катализ металлами. Основные факторы, определяющие активность металлов
41. Важнейшие промышленные процессы, катализируемые металлами и сплавами. Механизмы реакций
42. Особенности катализа дисперсными металлами. Нанесенные металлические катализаторы. Взаимодействие металл-носитель
43. Связь каталитической активности и дисперсности. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные реакции.
44. Бифункциональный гетерогенный катализ. Катализаторы риформинга
45. Гетерогенный катализ оксидами металлов. Активация кислорода твердыми оксидами металлов. Полное и частичное окисление
46. Классификация механизмов каталитического окисления. Примеры стадийного и слитного механизмов
47. Связь селективности с энергией связи кислорода с поверхностью катализатора. Правило Захтлера
48. Гетерогенные катализаторы полного и селективного окисления. Примеры реакций.
49. Окислительный аммонолиз пропилена. Механизм Грасселли.
50. Окисление сернистого газа.
51. Оксидные катализаторы в синтезе метанола. Окисление метанола в формальдегид и муравьиную кислоту.
52. Окисление бензола в фенол закисью азота.
53. Катализаторы Циглера-Натта. Образование активных центров, механизм роста и обрыва полимерной цепи, стереорегулирование
54. Стереорегулирование в каталитических процессах
55. Основные каталитические процессы органического синтеза
56. Катализ сульфидами. Принцип действия катализаторов гидрообессеривания
57. Важнейшие каталитические процессы в промышленности. Катализаторы и условия реализации процессов
58. Каталитическая конверсия природного газа. Синтез водорода
59. Синтез Фишера-Тропша
60. Синтез метанола и диметилового эфира
61. Синтез аммиака и азотной кислоты
62. Каталитические процессы в нефтепереработке и нефтехимии: крекинг, риформинг, изомеризация, алкилирование и дегидрирование алканов
63. Условия процессов гидроочистки. Основные реакции, протекающие при гидроочистке
64. Современные каталитические технологии в энергетике
65. Каталитическое сжигание топлива
66. Каталитические процессы защиты окружающей среды
67. Устройство и функционирование автомобильных каталитических конвертеров

## 8.2. Рекомендуемая литература (основная)

1. Б.В. Романовский. Основы катализа. Учебник для высшей школы – Москва: Издательство БИНОМ, 2014. – 172 с.
2. М.А. Куликов. Катализ и каталитические процессы: учеб. пособие / М.А. Куликов; Березниковский филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Пермь: Издательство ПНИПУ, 2013. – 246 с.
3. Пахомов Н.А. Научные основы приготовления катализаторов. Введение в теорию и практику / Отв. ред. В.А. Садыков; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т катализа им. Г.К. Борескова. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. – 262 с.
4. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика. (пер. с англ.) 2-е изд. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. – 504 с.
5. Крылов О.В. Гетерогенный катализ. «Академкнига», 2004. – 679 с.
6. Замираев К.И. Курс химической кинетики. / Новосибирск: НГУ, 2004. – 311 с.
7. Байрамов В.М. Основы химической кинетики и катализа. Учебное пособие для студентов высших учебных заведений – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 256 с.
8. Гончарук В.В., Камалов Г.Л. и др. Катализ: механизмы гомогенного и гетерогенного катализа, кластерные подходы Киев: "Наукова думка", 2002. – 543 с.
9. Кожевников И.В. Катализ кислотами и основаниями. Н.: Изд-во НГУ, 1991.
10. Боресков Г.К. Гетерогенный катализ. М.: Наука, 1986. – 304 с.
11. Б. Лич. Катализ в промышленности. Т.1-2. Пер. с англ. / Под ред. Б. Лича. – М.: Мир, 1986. – 324 с.
12. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ / Учебное пособие для вузов. – 3-е изд. испр. и доп. – М., Химия, 1985. — 592 с., ил.
13. Сеттерфилд Ч. Практический курс гетерогенного катализа: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 520 с., ил.

### Дополнительная литература:

1. Протопопов А.В., Комарова Н.Г. Химическая кинетика. Катализ / Методическое пособие к лабораторному практикуму по физической химии. – Барнаул, Изд-во АлтГТУ, 2011. – 76 с.
2. Я.Д. Самуилов, А.Я. Самуилов. Катализ в процессах (со)полимеризации и (со)поликонденсации / Казань: КГТУ, 2011. – 248 с.
3. Адсорбция, адсорбенты и адсорбционные процессы в нанопористых материалах : монография / Под. ред. А.Ю. Цивадзе; Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН. - М. : Изд. группа "Граница", 2011. – 496 с. : ил.
4. Томина Н.Н., Пимерзин А.А., Пильщиков В.А. Характеристика и технология производства катализаторов нефтепереработки: Учеб. пособ./; Самар. гос. техн. ун-т. Самара, 2006. 187 с.
5. Колесников И.М. Катализ и производство катализаторов М.: "Техника", 2004. – 400 с.
6. Байрамов В.М. Химическая кинетика и катализ. Примеры и задачи с решениями. М.: Academia, 2003.
7. Петрий О.А., Лунин В.В. (ред.) Катализ (Фундаментальные и прикладные исследования) М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 287 с.
8. Накамура А., Цуцуи М. Принципы и применение гомогенного катализа. М.: Мир, 1983. – с.232.
9. Мастерс К. Гомогенный катализ переходными металлами. М.: Мир, 1983.
10. Хенрици-Оливэ Г., Оливэ С. Координация и катализ. М.: Мир, 1980.
11. Березин И.В., Мартинек К. Основы физической химии ферментативного катализа. М.: Высш.шк., 1977.

- 12.Афанасьев В.А., Заиков Г.Е. В мире катализа. М.: Наука, 1977. – 107 с. – (Серия: Проблемы науки и технического прогресса).
- 13.Кузнецов В.И. Развитие учения о катализе. М.: Наука, 1964. – 423с.
- 14.Сабатье П. Катализ в органической химии / Перевод со 2-го, дополненного немецкого издания Л.Н. Петровой и О.А. Радченко, под редакцией и с дополнениями Н.А. Орлова и А.Д. Петрова – Л.: ГХТИ, 1932. – 418 с.

#### **Информационно-поисковые системы**

1. – Google ScholarSFX – полнотекстовый поиск в научных источниках – журналах, тезисах, книгах, online-доступ со всех компью-теров ИК СО РАН;  
– SCIRUS – бесплатная поисковая система издательства Elsevier, ориентированная на поиск только научной информации, online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;  
– SciTopics – новый бесплатный интернет-ресурс для ученых и исследователей при: представлены самая свежая и самая точная взб-информация и информация из периодики; online-доступ со всех компьютеров ИК СО РАН;
2. Библиографические базы данных, к которым существует прямой доступ из внутренней сети ИК СО РАН: "ВИНИТИ", "Current Contents", "Chemical Abstracts", и т.д.;
3. Электронный доступ к периодическим и продолжающимся изданиям (более 100 наименований, включая Applied Catalysis, Catalysis Letters, Catalysis Today, Surface Science, и др.) – <http://www.sciencedirect.com>, <http://www.e-library.ru>

#### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

- аудиторный фонд ИК СО РАН, ноутбук, мультимедиа проектор, экран.
- Компьютерный класс ИК СО РАН, электронно-вычислительные машины, оснащенные необходимым прикладным и специализированным программным обеспечением.
- Рабочие места с выходом в интернет и внутреннюю сеть ИК СО РАН.
- Приборный фонд ИК СО РАН.
- Библиотечный фонд, информационно-аналитический центр ИК СО РАН.
- Учебные материалы на сайте ИК СО РАН [www.catalysis.ru](http://www.catalysis.ru) (Раздел Образование).

#### **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины:**

В процессе изучения дисциплины выполняются текущий, рубежный и итоговый контроль знаний.

Текущий и рубежный контроль за изучением дисциплины выполняется в форме вопросов к аспирантам в ходе лекций, собеседований и аннотационных отчетов аспирантов по научным исследованиям в области физико-химических основ катализа. Цель текущего и рубежного контроля заключается в выработке у аспиранта необходимости самостоятельной работы по освоению материала дисциплины.

Итоговый контроль выполняется в форме зачета. Цель итогового контроля – проверка знаний и умений, предусмотренных целями и задачами изучения дисциплины, понимания взаимосвязей различных ее разделов и связей со знаниями некоторых разделов естественнонаучных, общепрофессиональных и специальных дисциплин. Итоговый контроль проводится после освоения дисциплины в форме ответов на вопросы по лекционной и практической части курса.

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

за \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ учебный год

В рабочую программу курса «**Физико-химические основы катализа и адсорбции**» образовательной программы по направленности подготовки «**02.00.04 - Физическая химия**» вносятся следующие дополнения и изменения: