

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Новосибирский национальный исследовательский государственный  
университет» (Новосибирский государственный университет, НГУ)

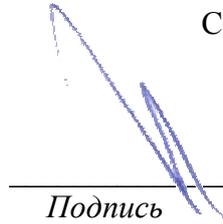
Факультет естественных наук

---

СОГЛАСОВАНО

Декан ФЕН

Резников В. А.

  
Подпись

5 октября 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

## **Кластерные соединения**

направление подготовки 04.04.01 Химия  
направленность (профиль): Химия

Форма обучения: очная

Разработчик:

д.х.н. Наумов Н.Г.

Зав. кафедрой

Чл.-к. РАН, д.х.н., проф. Федин В.П.

Руководитель программы:

чл.-корр. РАН, проф. Нетесов С.В.

Новосибирск, 2020

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы .....	4
3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося .....	5
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
5. Перечень учебной литературы .....	8
6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся..	8
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины .....	8
8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине .....	9
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине .....	9
10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.....	9

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
<p><b>М-ОПК-1.</b> Способен выполнять комплексные экспериментальные и расчетно-теоретические исследования в избранной области химии или смежных наук с использованием современных приборов, программного обеспечения и баз данных профессионального назначения</p>	<p><b>М-ОПК-1.1.</b> Использует существующие и разрабатывает новые методы получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук</p>	<p>- <i>умеет</i> искать информацию по синтезу и структурному анализу металлоорганических соединений в научных публикациях с использованием БД;                      - <i>умеет</i> анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные</p>
	<p><b>М-ОПК-1.2.</b> Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук</p>	<p>- <i>умеет</i> искать информацию по строению и свойствам кластерных соединений и материалов в научных публикациях и иных источниках с использованием БД, Интернета и других средств;                      - <i>умеет</i> читать и использовать структурную информацию, анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные по структуре веществ;                      - <i>умеет</i> использовать структурные данные для предсказания и понимания свойств и создания новых материалов, квантово-химических, термодинамических и иных расчетов.</p>
<p><b>М-ОПК-2.</b> Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и теоретических работ в избранной области химии или смежных наук</p>	<p><b>М-ОПК-2.1.</b> Проводит критический анализ собственных экспериментальных («в стекле» и «in silico») данных, корректно интерпретирует их</p>	<p>- <i>знает</i> основные понятия кластерных соединений и полиядерных комплексов, структурные основы общей, неорганической, органической, координационной, физической химии, химии твёрдого тела и материаловедения;                      - <i>умеет</i> грамотно и аргументированно интерпретировать собственные результаты и литературные данные с привлечением знаний о строении и электронной структуре соединений;                      - <i>имеет</i> опыт подготовки публикаций с привлечением данных о строении и электронной структуре соединений.</p>
	<p><b>М-ОПК-2.2.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и теоретических</p>	<p>- <i>умеет</i> выделить из данных о строении необходимую информацию о результатах проведенных химических исследований и использовать ее для постановки целей и задач новых экспериментов;                      - <i>формулирует</i> необходимые заключе-</p>

Результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Индикаторы	Результаты обучения по дисциплине
	работ в избранной области химии или смежных наук	ния и выводы для написания курсовых работ, публикаций и докладов
<b>М-ПК-5.</b> Способен выбирать обоснованные подходы к анализу связи структура-свойство и к конструированию веществ и материалов с заданными химическими, физическими, физико-химическими свойствами и/или биологической активностью	<b>М-ПК-5.2.</b> Проводит анализ закономерностей «структура – свойство» в рядах известных аналогов, выявляет корреляции «структура – свойство»	- <i>знает</i> теорию химической связи, закономерности устойчивости кластерных комплексов в зависимости от природы металла и лиганда, взаимосвязь электронной конфигурации ионов металлов с кластерообразованием и структурой кластерных соединений, электронное строение основных кластерных комплексов переходных металлов - <i>имеет</i> представление о различных классах кластерных соединений, типах связывания металл-металл, включая кратные металл-металл связи, и закономерностях их образования, причинах устойчивости / неустойчивости кластерных комплексов - <i>умеет</i> ориентироваться в современной координационной и кластерной химии на уровне понимания основных проблем, решаемых этими разделами химической науки.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплины (практики), изучение которых необходимо для освоения дисциплины *Кластерные соединения*:

- физика (электромагнитное излучение, кулоновское взаимодействие, дифракция),
- неорганическая химия (строение и свойства атомов, периодический закон, строение молекул, теория химической связи, стереохимия),
- физическая химия (природа химической связи в молекулах и кристаллах, химическая термодинамика, фазовые диаграммы),
- строение вещества (электронные конфигурации атомов и ионов, гибридизация, электронные переходы),
- координационная химия,
- строение неорганических веществ,
- Функциональные материалы.

Дисциплины и практики, для изучения которых необходимо освоение дисциплины *Кластерные соединения*:

- Функциональные материалы
- Теоретические и экспериментальные методы исследования в неорганической химии
- Производственная практика, научно-исследовательская работа  
А также другие специальные курсы профилей «биоорганическая химия», «органическая химия», «неорганическая химия», «физическая химия», «кинетика и катализ».

**3. Трудоемкость дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающегося с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающегося**

Трудоемкость дисциплины – 5 з.е. (180 ч)

Форма промежуточной аттестации: 2 семестр – зачет

№	Вид деятельности	2 семестр
1	Лекции, ч	36
2	Практические занятия, ч	54
3	Занятия в контактной форме, ч из них	92
4	аудиторных занятий, ч	90
6	консультаций, час.	
7	промежуточная аттестация, ч	2
8	Самостоятельная работа, час.	88
9	Всего, ч	180

Реализация дисциплины включена в практическую подготовку в ИНХ СО РАН при проведении следующих видов занятий, часть из которых предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью:

- лекции;
- практические занятия.

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

*2 семестр*

Лекции (36 ч)

Наименование темы и их содержание	Объем, час
<b>Раздел 1. Введение в кластерную химию</b>	
Тема 1. История открытия связей металл-металл в низших галогенидах переходных металлов. Определения, понятия, классификация и терминология в кластерной химии.	2
<b>Раздел 2. Биядерные металлокластерные комплексы</b>	
Тема 2. <i>Биядерные комплексы переходных металлов с дискретными кластерами M<sub>2</sub></i> . Биядерные комплексы с четверными и тройными металл-металл связями. Особенности кристаллического и электронного строения таких комплексов и их химические свойства.	2
<b>Раздел 3. Квазиодномерные соединения переходных металлов с бесконечными металлоцепочками.</b>	
Тема 4. <i>Строение халькогенидов, халькогалогенидов и галогенидов переходных</i>	4

<i>металлов с линейными металлическими цепочками.</i> Типы координационного окружения металлических центров. Особенности электронных свойств (образование волн зарядовой плотности, пайерлсовская неустойчивость, сверхпроводящее состояние). Возможности регулирования свойств химическими и физическими методами. Классификация цепочечных соединений по их структурным, электронным и магнитным характеристикам.	
Тема 5. <i>Строение соединений переходных металлов с зигзагообразными металлоцепочками.</i> Образование кластерной структуры в зависимости от числа валентных электронов на металлических центрах. Классификация цепочечных структур.	2
<b>Раздел 4. Соединения, содержащие металлоциклы</b>	
Тема 6. <i>Соединения, содержащие металлоциклы.</i> Треугольные и квадратные металлокластеры. Кластерные соединения разного типа: строение и химические свойства гомо- и гетерометаллических кластеров, лигандная стабилизация треугольных кластеров, их превращения в кубановые гетерометаллические комплексы	4
<b>Раздел 5. Полиэдрические металлокластерные комплексы</b>	
Тема 7. <i>Полиэдрические металлокластерные комплексы.</i> Комплексы с тетраэдрическими кластерами. Синтез, строение и физико-химические свойства тетраэдрических кластеров разного типа. Молекулярные и полимерные структуры. Кубановые комплексы.	2
Тема 8. <i>Полиэдрические металлокластерные комплексы.</i> Комплексы с октаэдрическими кластерами. Октаэдрические кластеры как наиболее представительная группа кластерных соединений. Методы синтеза, строение, физико-химические свойства и различные превращения октаэдрических кластеров.	8
<b>Раздел 6. Безлигандные кластеры. Крупные металлокластеры. Наночастицы.</b>	
Тема 9.Кластерные полианионы и поликатионы пост-переходных элементов. Анионы Цинтля. Особенности образования, строение и свойства безлигандных кластеров.	2
Тема 10. <i>Магические кластеры.</i> Получение больших кластеров, их строение и стабильность. Наночастицы, их получение и свойства. Квантовые точки.	2
<b>Раздел 7. Электронное строение кластерных комплексов.</b>	
Тема 11.Особенности координации и электронных свойств лигандов в кластерных комплексах различного типа. «Магические» числа кластерных валентных электронов. Скелетные электроны. Правило эффективного атомного номера (правило Сиджвика). Взаимосвязь стабильности кластерных комплексов с их электронной структурой и особенностями координации лигандов. Электроноточные и электронодефицитные кластеры.	2
Тема 10. <i>Магические кластеры.</i> Получение больших кластеров, их строение и стабильность. Наночастицы, их получение и свойства. Квантовые точки.	2
<b>Раздел 8. Химические и физические свойства металлокластерных соединений и Возможные области практического применения металлокластерных материалов.</b>	
Тема 11.Особенности координации лигандов на нескольких металлических центрах в кластерных соединениях, мостиковые и внутренние лиганды. Реакционная способность кластерных соединений: реакции замещения лигандов; окислительно-восстановительные реакции без перестройки кластерного остова; перенос	2

электронов, сопровождающийся изменением кластерного остова; деградация и достройка кластерного остова; конденсация кластерных фрагментов.	
Тема 12. Физические свойства металлокластерных соединений (сверхпроводящие, люминесцентные, магнитные, рентгеноконтрастные).	2
Тема 13. Возможные области практического применения металлокластерных материалов. Использование кластерных материалов в некоторых областях химии и технологии, основываясь на их полезных функциональных свойствах – каталитических, сверхпроводящих, люминесцентных, рентгеноконтрастных)	2

Практические занятия (54 ч)

Содержание практического занятия	Объем, час
<b>Семинар 1.</b> Металл-металл связи. Наночастицы и кластеры. Классификация металлокластерных комплексов. Особенности координации лигандов в металлокластерных комплексах.	4
<b>Семинар 2.</b> Биядерные металлокластерные комплексы с d1-электронной конфигурацией атомов металла (синтез, строение, физико-химические свойства).	4
<b>Семинар 3.</b> Биядерные металлокластерные комплексы с кратными (2, 3, 4) металл-металл связями (синтез, строение).	4
<b>Семинар 4.</b> Биядерные металлокластерные комплексы с кратными (2, 3, 4) металл-металл связями (реакции замещения лигандов, редокс-реакции).	4
<b>Семинар 5.</b> Одномерная модель сверхпроводящей цепочки Литтла. Комплексы с переносом заряда. Металлоцепочечные халькогениды переходных металлов.	4
<b>Семинар 6.</b> Квазиодномерные соединения с бесконечными линейными металлоцепочками. Типы линейных металлоцепей. Пайерловские переходы. Образование волн зарядовой плотности.	4
<b>Семинар 7.</b> Квазиодномерные соединения с бесконечными линейными и зигзагообразными металлоцепочками. Классификация металлических цепочек.	4
<b>Семинар 8.</b> Соединения, содержащие металлоциклы. Треугольные халькогенидные кластерные комплексы (синтез, строение, физико-химические свойства).	5
<b>Семинар 9.</b> Тетраэдрические металлокластерные комплексы (синтез, строение, физико-химические свойства).	4
<b>Семинар 10.</b> Октаэдрические металлокластерные комплексы (синтез, строение, физико-химические свойства).	4
<b>Семинар 11.</b> Безлигандные кластеры (синтез, строение, физико-химические свойства).	4
<b>Семинар 12.</b> Электронное строение кластерных комплексов. Предсказание строения металлокластерного остова на основе числа кластерных валентных электронов. Люминесцентные свойства октаэдрических кластеров.	5
<b>Семинар 13.</b> Возможные области применения металлокластерных материалов (фазы Шевреля как высокополевые сверхпроводники, рентгеноконтрастные комплексы, люминесцентные материалы).	4

Самостоятельная работа студентов (88 ч)

Перечень занятий на СРС	Объем, час
Самостоятельная работа во время занятий, из них:	80
закрепление, обобщение и повторение пройденного учебного материала	20
уточнение и дополнение сведений и знаний, полученных на лекциях	20

выполнение домашнего задания	20
подготовка к прохождению текущего контроля успеваемости (контрольные работы)	12
изучение теоретического материала, не освещаемого на лекциях	8
Самостоятельная работа во время промежуточной аттестации, из них:	8
подготовка к зачету	8

### 5. Перечень учебной литературы

1. Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия (2 т.). М.: Мир, 2004.
2. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. М.: Мир, 1969. Ч. 3: Химия переходных элементов.
3. Ф.А.Коттон, Р.Уолтон, «Кратные связи металл-металл», перев. с англ. под ред. Дхн Р.Н.Щелокова, М., Мир, 1985, 535с.
4. С.П.Губин «Химия кластеров. Основы классификации и строение», М., Наука, 1987, 263с.
5. В.Е.Федоров «Халькогениды переходных тугоплавких металлов. Квазиодномерные соединения», Н., Наука, Сибирское отделение, 1988, 222с.

### 6. Перечень учебно-методических материалов по самостоятельной работе обучающихся

1. Известия СО АН СССР, серия хим.наук, выпуск 4, №9, 1982. (Спец. Выпуск)
2. Координационная химия, т.10, №5, 1984. (Спец. Выпуск)
3. Успехи химии, т.54, №4, 1985. (Спец. Выпуск)
4. Сверхпроводимость в тройных соединениях, т.1, Структурные, электронные и решеточные свойства, перев. с англ. под ред. Э.Фишера и М.Мейпла, М., Мир, 1985, 366с.
5. Early Transition Metal Clusters with  $\sigma$ -donor Ligands, Ed.M.H.Chisholm, VCH, 1995, 289p.
6. Metal Clusters in Chemistry, Eds. P.Braunstein, L.A.Oro, P.R.Raihby, V.1, V.2, V.3, Wiley, 1999.

### 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

#### 7.1 Ресурсы сети Интернет

Освоение дисциплины используются следующие ресурсы:

- электронная информационно-образовательная среда НГУ (ЭИОС);
- образовательные интернет-порталы;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет.
- «Российская национальная платформа открытого образования» (<http://openedu.ru/>), Coursera ([www.coursera.org](http://www.coursera.org)), edX ([www.edx.org](http://www.edx.org)).

Взаимодействие обучающегося с преподавателем (синхронное и (или) асинхронное) осуществляется через личный кабинет студента в ЭИОС и электронную почту.

#### 7.2 Современные профессиональные базы данных:

- Реферативно-поисковая база данных Reaxys(Elsevier)
- Реферативно-библиографическая база данных Scopus (Elsevier)
- Реферативно-библиографическая база данных Scifinder (ChemicalAbstractsService)
- Библиометрическаябазаданных Web of Science Core Collection (Thomson Reuters Scientific LLC.)

- База данных полнотекстовых научных журналов JSTOR.
- Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки (ЭБД РГБ)
- Электронные ресурсы российской научной библиотеки eLibrary.ru
- Электронные ресурсы издательства AmericanChemicalSociety (ACS)
- Электронные ресурсы издательства AnnualReviews
- Электронные ресурсы FreedomCollection издательства Elsevier
- Электронные ресурсы издательства The Royal Society of Chemistry (RSC)
- Электронные ресурсы издательства Wiley

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **8.1 Перечень программного обеспечения**

Для обеспечения реализации дисциплины используется стандартный комплект программного обеспечения (ПО), включающий регулярно обновляемое лицензионное ПО Windows и MS Office.

Использование специализированного программного обеспечения для прохождения практики не требуется.

### **8.2 Информационные справочные системы**

Не используются

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для реализации дисциплины *Кластерные соединения* используются специальные помещения:

1. Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущей и промежуточной аттестации;
2. Помещения для самостоятельной работы обучающихся;
3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Учебные аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду НГУ.

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине для обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется согласно «Порядку организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в Новосибирском государственном университете».

## **10. Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

Перечень результатов обучения по дисциплине *Кластерные соединения* и индикаторов их достижения представлен в разделе 1.

### **10.1 Порядок проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине**

При прохождении курса «Кластерные соединения» студенты работают по системе

ИКИ (индивидуальный кумулятивный индекс), которая составлена таким образом, что текущий контроль охватывает все разделы курса. Эта система предусматривает прохождение контрольных точек – тестов и проверочных работ. Суммарное количество баллов выставляется в конце семестра. Итоговая аттестация не предусматривает обязательного зачета – итоговый зачет за курс в целом можно получить «автоматом», набрав соответствующее количество баллов в семестре. Студент, не набравший достаточного количества баллов для получения «оценки-автомата» сдает в устной форме. Зачет проводится во время зачетной сессии.

### **Правила ИКИ**

Расписание прохождения контрольных точек на текущий учебный семестр размещается на сайте кафедры по адресу: <http://icchair.niic.nsc.ru/>

В семестре до экзамена можно набрать максимум 1000 баллов.

Контрольные точки:

- Тест 1: Тема 1 – Тема 6. Балл (max.) 250;
- Тест 2: Тема 7 – Тема 12. Балл (max.) 250.
- Доклад по выбранной теме на семинаре.

Все контрольные точки являются обязательными. Тесты пишутся в назначенные по расписанию дни. Студент, не прошедший какую-либо контрольную точку в назначенный срок, получает за нее 0 баллов. Если студент пропустил тест по уважительной причине и имеет документ, подтверждающий это, он имеет право ее пересдать, для чего он должен не откладывая договориться с преподавателем о времени пересдачи. Допускается только однократное прохождение контрольной точки, пересдача на более высокий балл не разрешается. Об апелляции после контрольных работ: правильное решение тестов сообщается студентам на ближайшем семинаре после прохождения контрольной точки. В случае выявления некорректности оценки работы студента, проблема решается в устной беседе с преподавателем на том же семинаре. Позже апелляция не принимается.

### **Зачет.**

Студенты имеют возможность получить итоговый зачет за семестр, не сдавая экзамен. Для получения зачета – «автомата» студент должен набрать до начала сессии: 800 баллов и более (80%). Студенты, не имеющие оценки – «автомата», должны сдавать зачет, оценка на котором выставляется независимо от суммы баллов, набранных в семестре. Зачет проводится в устной форме. Студенты, получившие «неуд» на зачете, имеют право на пересдачу зачета. Все пересдачи проводятся в форме письменной контрольной работы, по итогам которой для получения зачета студент должен набрать не менее 55% баллов.

### ***Описание критериев и шкал оценивания индикаторов достижения результатов обучения по дисциплине Кластерные соединения***

Таблица 10.1

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
-----------------	-----------	----------------------------------	--------------------

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
М-ОПК-1.	М-ОПК-1.1. Использует существующие и разрабатывает новые методы получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук	- <i>умеет</i> искать информацию по синтезу и структурному анализу кластерных соединений в научных публикациях с использованием БД; - <i>умеет</i> анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, зачет
	М-ОПК-1.2. Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук	- <i>умеет</i> искать информацию по строению и свойствам кластерных соединений и материалов в научных публикациях и иных источниках с использованием БД, Интернета и других средств; - <i>умеет</i> читать и использовать структурную информацию, анализировать, обобщать и систематизировать литературные данные по структуре веществ; - <i>умеет</i> использовать структурные данные для предсказания и понимания свойств и создания новых материалов, квантово-химических, термодинамических и иных расчетов.	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, зачет
М-ОПК-2.	М-ОПК-2.1. Проводит критический анализ собственных экспериментальных («в стекле») и «in silico») данных, корректно интерпретирует их	- <i>знает</i> основные понятия кластерных соединений и полиядерных комплексов, структурные основы обшей, неорганической, органической, координационной, физической химии, химии твёрдого тела и материаловедения; - <i>умеет</i> грамотно и аргументированно интерпретировать собственные результаты и литературные данные с привлечением знаний о строении и электронной структуре соединений; - <i>имеет</i> опыт подготовки публикаций с привлечением данных о строении и электронной	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, зачет

Код компетенции	Индикатор	Результат обучения по дисциплине	Оценочное средство
		структуры соединений.	
	<b>М-ОПК-2.2.</b> Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	- <i>умеет</i> выделить из данных о строении необходимую информацию о результатах проведенных химических исследований и использовать ее для постановки целей и задач новых экспериментов; - <i>формулирует</i> необходимые заключения и выводы для написания курсовых работ, публикаций и докладов	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, зачет
<b>М-ПК-5.</b>	<b>М-ПК-5.2.</b> Проводит анализ закономерностей «структура – свойство» в рядах известных аналогов, выявляет корреляции «структура – свойство»	- <i>знает</i> теорию химической связи, закономерности устойчивости кластерных комплексов в зависимости от природы металла и лиганда, взаимосвязь электронной конфигурации ионов металлов с кластерообразованием и структурой кластерных соединений, электронное строение основных кластерных комплексов переходных металлов - <i>имеет</i> представление о различных классах кластерных соединений, типах связывания металл-металл, включая кратные металл-металл связи, и закономерностях их образования, причинах устойчивости / неустойчивости кластерных комплексов - <i>умеет</i> ориентироваться в современной координационной и кластерной химии на уровне понимания основных проблем, решаемых этими разделами химической науки.	Домашние работы, опросы на семинарах, тест, зачет

Таблица 10.2

Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания
<p><b>Тест</b>(теоретические вопросы) – наличие полных ответов на 80% вопросов и более (сумма баллов □ 200)</p>	Зачет
<p><b>Зачет:</b> <b>Теоретические вопросы:</b> – наличие полных ответов на 80% вопросов и более (сумма баллов □ 400) <b>Практическое задание:</b> – предложенные схемы синтеза корректны и рациональны, все предлагаемые стадии превращений являются выполнимыми, целевые продукты в них являются единственными или основными, условия проведения практически всех стадий указаны корректно, знание всех механизмов используемых превращений, сумма баллов □ 400 (80%). Или в семестре по системе ИКИ набрано не менее 80% баллов.</p>	
<p><b>Тест</b>(теоретические вопросы) – отсутствие ответов на большую часть вопросов, или они некорректны, – наличие ответов, противоречащих здравому смыслу и общехимическому знанию, – грубые ошибки в применении терминов и понятий. Сумма баллов &lt; 55 (55%)</p>	Незачет
<p><b>Зачет:</b> <b>Теоретические вопросы:</b> – отсутствие ответов на большую часть вопросов, или они некорректны, – наличие ответов, противоречащих здравому смыслу и общехимическому знанию, – грубые ошибки в применении терминов и понятий. Сумма баллов &lt; 275 (55%)</p>	

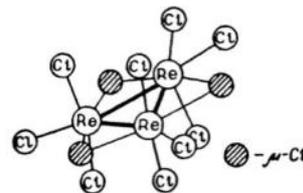
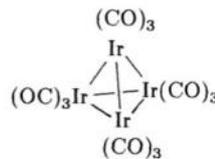
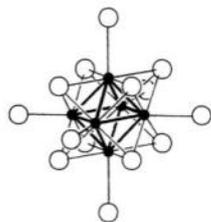
**Типовые примеры тестовых заданий и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения**

Пример тестового задания:<sup>1</sup>

1. Что такое «кластер»? Дайте краткое определение.
2. Каково расстояние в кластерах, соответствующее одинарной связи металл-металл? Приведите примеры для разных металлов.
3. Что такое число КВЭ КСЭ? Приведите примеры кластера и рассчитайте эти числа.
4. Для кластеров рассчитайте: число КВЭ, КСЭ и кратность связи металл-металл

<sup>1</sup>Примеры контрольных работ по всем темам размещены на учебно-методическом сайте кафедры органической химии по адресу: <http://icchair.niic.nsc.ru/>

$V_5(m_3-S)_6Cp_5$



$[Mo_6Br_{14}]^{2-}$

$Ir_4(CO)_{12}$

$[Re_3Cl_{12}]^{3-}$

5. Что такое изоlobalность? Приведите примеры изоlobalных фрагментов.
6. Какие кластеры относятся к малым, средним, большим? Приведите по одному примеру.
7. Кластеры  $M_n$  с «магическим» числом атомов металла. Чему равны магические числа?
8. Изобразите схематически дельтаэдрические closo-кластеры.
9. Типы лигандов.
10. Приведите пример фаз Цинтля.
11. Предположите строение  $K_4Ge_4$ , основываясь на концепции Клемма.
12. Поликатионы как примеры кластеров. «Магические числа».
13. Привести примеры биядерных комплексов с кратностью связи металл-металл от одного до четырех.
14. Нотация Шефера для полимерных кластеров на примере  $Mo_6Cl_{12}$ .

Оценочные материалы по промежуточной аттестации (приложение 2), предназначенные для проверки соответствия уровня подготовки по дисциплине требованиям ФГОС, хранятся на кафедре-разработчике РПД в печатном и электронном виде.

**Лист актуализации рабочей программы дисциплины  
«Кластерные соединения»**

№	Характеристика внесенных изменений (с указанием пунктов документа)	Дата и № протокола Ученого совета ФЕН	Подпись ответственного