

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Лельчицкий Игорь Давыдович

Должность: и.о. проректора по образовательной деятельности

Дата подписания: 13.07.2026 14:46:35

Уникальный программный ключ:

aa5b5ee17d97a2e4d94e98e995320af94f043ce2

УП: 04.04.01 Химия

ОХ 2026.plx

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Ворончихина Л.И.

28 мая 2026г.



Рабочая программа дисциплины

Биометаллоорганическая химия

Закреплена за кафедрой: **Органической химии**

Направление подготовки: **04.04.01 Химия**

Направленность (профиль): **Органическая химия**

Квалификация: **Магистр**

Форма обучения: **очная**

Семестр: **3**

Программу составил(и):

канд. хим. наук, доц., Киселева Регина Евгеньевна

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения дисциплины (модуля):

Цель данного курса – познакомить студентов с основами органической химии элементов–неорганогенов, а также с прикладными аспектами элементоорганических соединений.

Задачи :

Задачи дисциплины: изучение химии переходных металлов, химии непереходных металлов и элементов неорганогенов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.О

Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Строение и реакционная способность органических соединений

Механизмы органических реакций

Актуальные задачи современной химии. Часть 1.

Органические реагенты в современной химии

Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость	6 ЗЕТ
Часов по учебному плану	216
в том числе:	
самостоятельная работа	90
часов на контроль	36

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ОПК-1.1: Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач в избранной области химии или смежных наук

ОПК-1.2: Использует современное оборудование, программное обеспечение и профессиональные базы данных для решения задач в избранной области химии или смежных наук

ОПК-2.1: Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно интерпретирует их

ОПК-2.2: Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук

5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	3

6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Сем.	Часов	Примечание
	Раздел 1. Тема 1. Предмет элементоорганической химии и ее место в ряду других химических дисциплин				
1.1	Возникновение элементоорганической химии – «третьей химии». Вклад русских химиков в становление и развитие новой отрасли химии. Классификация, некоторые свойства и номенклатура металлоорганических соединений (МОС).	Лек	3	2	
1.2	Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева и МОС. Зависимость свойств МОС от природы центрального атома и природы лигандов. Общие тенденции в изменении свойств МОС в периоде и группе: термическая устойчивость, способность к самопроизвольному воспламенению, реакционная способность.	Ср	3	15	
	Раздел 2. Тема 2. Некоторые вопросы строения и природы связи в МОС				
2.1	Различные типы связей в МОС. Понятие об электроотрицательности. Факторы, обуславливающие свойства МОС. Характерные связи между углеродом и непереходным элементом. Ионная связь МОС непереходных металлов, степень ионности (полярности) углерод–непереходный металл.	Лек	3	2	
2.2	Участие d-орбиталей в гибридизации. Типы гибридных орбиталей и конфигурация комплекса. Правило эффективного атомного номера.	Ср	3	10	
	Раздел 3. Тема 3. Органические производные непереходных элементов				
3.1	Органические соединения щелочных металлов. Общая характеристика МОС группы. Природа связи С–Ме. Строение и реакционная способность. Методы получения.	Лек	3	2	

3.2	Mg-органические соединения. История открытия реактивов Гриньяра, их достоинства. Строение реактивов Гриньяра. Получение алкил (арил) магнийгалогенидов и диалкил(диарил)-магния. Влияние различных факторов на реакционную способность Mg-органических соединений. Реакции реактивов Гриньяра с различными соединениями. Применение магнийорганических соединений в синтезе.	Ср	3	15	
	Раздел 4. Тема 4. Органические производные элементов III группы				
4.1	Органические соединения бора. Типы и номенклатура. Гибриды бора и их строение. Двух- и трехцентровые связи. Получение борорганических соединений. Координационные соединения бора.	Лек	3	2	
4.2	Алюминийорганические соединения. Природа C-Al. Типы и Al-органических соединений. Прямой их синтез, исходя из олефинов (Циглер). Реакции Al-органических соединений. Комплексные Al-органические соединения, их строение. Применение Al-органических соединений в синтезе и промышленности: полимеризация олефинов, получение высших спиртов и карбоновых кислот, восстановление литий-алюминий гидридом	Ср	3	15	
	Раздел 5. Тема 5. Органические производные элементов IV группы				
5.1	Общая характеристика. История открытия и развития кремнийорганических соединений. Природа связи C-Si. Типы и номенклатура. Методы получения, в том числе и в промышленности. Свойства и реакции кремнийорганических соединений. Работы К.А. Андрианова. Получение и применение кремнийорганических сополимеров-силиконов.	Лек	3	4	
5.2	Способы получения свинецорганических соединений. Свойства и реакции. Тетраэтилсвинец как антидетонатор для моторного топлива. Значение свинецорганических соединений для теоретической органической химии. Опыты Панета – доказательство существования свободных радикалов.	Ср	3	15	
	Раздел 6. Тема 6. Органические производные элементов V группы				

6.1	Общая характеристика производных Р, As, Sb, Bi. Фосфорорганические соединения. Работы Арбузова и его школы. Типы органических производных трех- и пентавалентного фосфора, номенклатура.	Лек	3	2	
6.2	Органические соединения мышьяка. Типы органических соединений трех- и пентавалентного мышьяка, номенклатура. Способы получения. Работы А. Льюиса. Применение мышьякорганических соединений в химиотерапии (сальварсан, арренал, атокол). Боевые отравляющие вещества (адамсит, люизит).	Ср	3	15	
	Раздел 7. Тема 7. Органические соединения переходных металлов				
7.1	Открытие МОС переходных металлов. Понятие о типах связи М-С в органических соединениях переходных металлов. π -связь, σ -связь, δ -связь.	Лек	3	1	
7.2	Классификация органических лигандов. Классификация π -комплексов по типу лиганда.	Ср	3	5	
	Раздел 8. Контроль				
8.1	Контроль	Экзамен	3	36	

Список образовательных технологий

1	Игровые технологии
2	Проектная технология
3	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)
4	Активное слушание

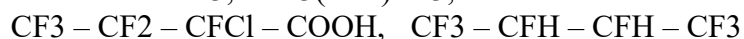
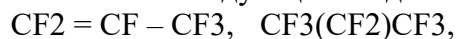
8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

ПРИМЕРЫ ЗАДАЧ И УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Органические соединения седьмой группы

1. Назовите следующие соединения:



2. Перечислите известные методы получения перфторированных углеводородов.

Объясните роль катализатора.

3. Объясните, почему перфторалканы обладают высокой химической и термической стабильностью?

Органические соединения шестой группы

4. Объясните причину отсутствия у серы способности к образованию π -связей обычного типа.

5. Напишите структурные формулы следующих соединений:

ди-трет-бутилтиокетон, метилтиоацетат, триметилендисульфид

6. Напишите реакции взаимодействия

а) дифенилселена с метилиодидом,

б) дипропилтеллура с хлористым бензилом

Органические соединения пятой группы

7. Напишите реакцию получения триэтиларсина взаимодействием соответствующего галогенида мышьяка и реактива Гриньяра.

8. Лекарственный препарат фосфакол, применяемый для лечения глаукомы, получают взаимодействием хлорангидрида диэтилфосфата с п-нитрофенолятом натрия. Напишите уравнение этой реакции.

9. По реакции Михаэлиса взаимодействием смеси галогенидов сурьмы (III) и арилгалогенидов с металлическим натрием получите трифенилстибин.

10. Назовите следующие соединения:

$(\text{CH}_3)_2\text{AsBr}_3$, $(\text{CH}_3)_2\text{AsO}$, $(\text{CH}_3)_4\text{AsCl}$, $(\text{C}_6\text{H}_5)_5\text{As}$

11. Приведите уравнения синтеза

а) трибутилфосфата из бутанола

б) хлорангидрида дибутилового эфира фосфорной кислоты из дибутилфосфата натрия

Органические соединения четвертой группы

12. Допишите уравнений реакций:

а) $3 \text{CH}_2 = \text{CHMgCl} + \text{SiCl}_4 \rightarrow \dots$

б) $4 \text{CH}_2 = \text{CHCl} + \text{SiCl}_4 \rightarrow \dots$

в) $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{MgBr} + (\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{SiH} \rightarrow \dots$

13. Силан получают восстановлением хлорида кремния (IV) литийалюминийгидридом или водородом в присутствии хлорида алюминия. Напишите уравнения обеих реакций.

14. Напишите реакцию взаимодействия четыреххлористого германия с:

а) метилмагнийиодидом, б) фениллитием

15. Расшифруйте следующую схему превращений и назовите полученные продукты

Органические соединения третьей группы

16. Какие реакции называются гидроборированием? В чем особенность этой реакции? Приведите примеры.

17. Объясните, почему триметилбор является газообразным веществом, а аналогичное соединение алюминия – жидкость?

18. Напишите реакцию получения изопрена, исходя из триэтилалюминия и пропилена.

19. Что представляют собой карбораны? Как получают эти соединения? Какова особенность связей в этих молекулах?

20. Назовите следующие соединения:

$(\text{CH}_3)_2\text{BCl}$, $(\text{CH}_3)_3\text{N}^+ - \text{BH}_3^-$, $(\text{C}_6\text{H}_5)_3\text{B}$

21. Каковы особенности строения и характера связи гидридов бора?

22. Укажите, какую геометрию имеет трехфтористый бор, триметилбор, борная кислота, триметилбор-аммиак. Почему в этих соединениях бор называют электронодефицитным?

Органические соединения второй группы

23. Допишите уравнения реакций:

24. Получите ацетиленкарбоновую кислоту из ацетилена.

25. Напишите реакции взаимодействия реактива Гриньяра с влагой воздуха, углекислым газом, кислородом.

26. Как можно синтезировать третичный амиловый спирт с помощью

цинкорганических соединений?

27. Приведите примеры и назовите полные и смешанные ртутьорганические соединения.

28. Напишите структурные формулы следующих соединений:

- а) диметилцинк, б) хлористый этилцинк,
в) йодистый изопропилмагний

29. Напишите реакцию взаимодействия бромистого винила с магнием.

Органические соединения первой группы

30. Продукт реакции лития с бромбензолом обработали бензофеноном, а затем водой. Напишите уравнения реакций и назовите продукты.

31. Какие соединения могут образоваться при действии на этилнатрий следующих веществ:

- а) вода, б) пропанол, в) ацетон, г) диоксид углерода

ПРИМЕРНЫЕ ЗАДАНИЯ

ДЛЯ ПИСЬМЕННОГО ОПРОСА (15-20 мин)

Задание 1.

1. Напишите электронную формулу диметилсульфоксида, метансульфоновой кислоты, этансульфиновой кислоты.

2. Осуществите превращения:

Задание 2.

1. Каковы существенные различия между серой и кислородом с точки зрения строения атома.

2. Осуществите превращения:

Задание 3.

1. Дайте определение переходным металлам. Приведите примеры их комплексов.

2. Допишите уравнения:

Задание 4.

1. Поясните термин «двоесвязанность» металла и лиганда в комплексах переходных металлов.

2. Допишите следующие реакции:

Задание 5.

1. Сформулируйте правило эффективного атомного номера (Сиджвика).

2. Получите и назовите «реактив Иоцича»

Задание 6.

1. Перечислите известные вам методы получения π -олефиновых комплексов. Приведите примеры.

2. Напишите реакцию взаимодействия этантиола с а) уксусной кислотой; б) ацетоном. Назовите соединения.

8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

ПРИМЕРЫ ВОПРОСОВ К ЭКЗАМЕНУ

1. Каким образом осуществляется связь переходного металла с лигандом? Объясните возникновение связей в молекуле ферроцена.

2. В чем принципиальное отличие структуры и химической связи «классических» элементоорганических соединений от структуры и типа связей в комплексах переходных металлов?

3. Приведите примеры π -комплексов переходных металлов с двух-, трех- и четырехэлектронными лигандами. Каким образом осуществляется связь металла с лигандами в этих комплексах?

4. Каковы общие эмпирические закономерности при образовании химической связи углерод–переходный металл; углерод–непереходный металл.

5. Какие продукты могут образоваться при действии на смесь изопропилхлорида и третбутилхлорида металлическим натрием?

6. Напишите уравнения реакций взаимодействия ацетата ртути с этиленом, пропиленом и изомерными бутенами в водном растворе и в среде метанола. Как называются реакции данного типа?

7. Из бромистого пропила, используя реакцию Гриньяра, получите пентанол–1.

8. На пропилен и 1-бутен (каждый в отдельности) подействовали дибораном, полученные продукты окислили пероксидом водорода (в щелочной среде). Напишите уравнения протекающих реакций и назовите конечные продукты реакций.

9. Объясните относительную реакционную способность связей В–Н и В–С. Как будет протекать гидролиз метилдиборана?

10. Напишите реакцию взаимодействия тетрахлорида олова с а) фениллитием; б) этилмагнийбромидом; в) триметилалюминием.

11. Приведите наиболее характерные соединения трех- и пентавалентного мышьяка. Назовите их.

8.3. Требования к рейтинг-контролю

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Рекомендуемая литература

Основная

Шифр	Литература
Л.1.1	Милаева, Биометаллоорганическая химия, Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012, ISBN: 978-5-9963-0225-3, URL: http://texts.lib.tversu.ru/texts/1002287ogl.pdf
Л.1.2	, Биометаллоорганическая химия, Москва: Лаборатория знаний, 2020, ISBN: 978-5-00101-668-7, URL: https://e.lanbook.com/book/151536

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

Э1	https://xumuk.ru/:
----	--

Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	WinDjView
5	OpenOffice

Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	Репозиторий ТвГУ
2	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (подписка на журналы)
3	ЭБС ТвГУ
4	ЭБС BOOK.ru
5	ЭБС «Лань»
6	ЭБС IPRbooks
7	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
8	ЭБС «ЮРАИТ»
9	ЭБС «ZNANIUM.COM»

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-405	комплект учебной мебели, насос ВНВП, роторный испаритель, компьютер, горелка, шкаф, эл. печь

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Индивидуальные домашние задания ставят своей целью не простое прочтение материала и решение необходимого набора задач и упражнений по теме, а разработку предложенной темы в сравнении с химией аналога либо антипода и проведение сравнительного анализа, выявление общих, либо отличительных особенностей. Установление причин сходства или различия. Такая работа полезна, поскольку заставляет студента осмысленно подходить к материалу и исключает возможность повторения, прописных истин учебника. Для выполнения подобных заданий студентам необходимо просмотреть оригинальные журнальные статьи или обзоры. В каждом конкретном случае студенту предлагается дополнительная литература.