

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ УФИМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

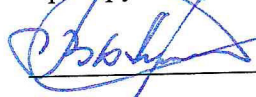
РЕКОМЕНДОВАНО
Директор УФИЦ УФИЦ РАН

Р. Д. Сафиуллин

« ___ » _____ 20__ г.

УТВЕРЖДАЮ

Врио руководителя УФИЦ РАН

 В.Б. Мартыненко

« 6 » мая 2022 г.


ДОПОЛНЕНИЯ К ПРОГРАММЕ


кандидатского экзамена по научной специальности

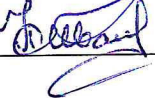
1.4.3 Органическая химия

Программа составлена в соответствии с научной специальностью и отраслью науки, предусмотренными номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются учёные степени (утверждена Приказом Минобрнауки России от 24.02.2021 г. № 118).

Составители:







д-р хим. наук, проф. М.С. Мифтахов

д-р хим. наук, проф. Ф.А. Гималова

д-р хим. наук, проф. Г.Ю. Ишмуратов

канд. хим. наук С.П. Иванов

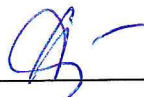
Согласовано:

Заведующий отделом аспирантуры УФИЦ РАН



/М.Ю. Тимофеева

Ученый секретарь УФИХ УФИЦ РАН



/Ф.А. Гималова

1. Низкомолекулярные биорегуляторы.

1.1 Изопреноиды. Классификация изопреноидов. Монотерпеноиды. (+)-Камфора, (-)-ментол, (-)-борнеол, Δ^3 -карен, пулегон, α - и β -пинены. Сесквитерпеноиды. Абсцизовая кислота. Дитерпеноиды. Смоляные кислоты. Природные источники. Пимараны, абиетаны. Реакция Дильса-Альдера. Реакции окисления, восстановления. Гиббереллин А₃. Полипренолы. Стероиды. Холестерин, тестостерон. Синтез эстрогена по Торгову. Тритерпеноиды. Лупаны, олеананы, урсаны. Альфа- и бета-амирины. Природные источники. Основные пути синтетической модификации. Перегруппировка Вагнера-Меервейна луп-20(29)-енов. Реакция Бекмана, Кляйзена-Шмидта, Байера-Виллигера на примере тритерпеноидов. Многокомпонентные реакции.

1.2 Ароматические гетероциклы. Флавоноиды. Изофлавоноиды. Кверцетин, Дигидрокверцетин. Природные источники.

1.3 Алкалоиды. Основные методы выделения и установления структуры. Морфин, никотин, анабазин и эфедрин. Синтез эстрогена по Робинсону. Индольные алкалоиды. Дитерпеновые алкалоиды. Лаппаконитин, аконитин.

1.4 Липиды. Полярные и неполярные липиды. Основные классы. Фосфолипиды. Простагландины, тромбоксан А₂ и лейкотриены.

1.5 Феромоны насекомых как средство внутривидовой передачи информации. Общие понятия и классификация. Диспарлор, бомбикол и др. Ювенильные гормоны: ЮГ-1,2,3, гидропрен и метопрен. Применение феромонов в сельском хозяйстве.

2. **Синтез сложных органических соединений.** Планирование синтеза. Ретросинтетический анализ. Основные реакции, применяемые при конструировании органических молекул: конструктивные, деструктивные реакции введения, удаления и взаимопревращения функциональных групп. Хемо-, регио- и стереоселективность реакций. Роль защитных групп в полном синтезе. Защита спиртов, диолов, фенолов, меркаптанов, аминов, карбонильной и карбоксильной групп, кратных связей. Активирующие и мостиковые группы. Синтетические эквиваленты функциональных групп и их использование в органическом синтезе. Хиральные синтоны. Проблема асимметрической индукции в ходе синтеза природных соединений. Использование хиральных реагентов, катализаторов и ферментов.

Обсуждение и ретросинтетический анализ следующих выполненных известными учеными (В.М. Trost, E.J. Corey) синтетических проектов: простагландина F_{2α}¹, E₂¹, эстрогена², брэфельдина А³.

3. **Применение органических соединений серы в синтезе.** Защита тиолов - тиоацетали как селективно удаляемые защитные группы для тиоацеталей (1,3-дитиан, MeSCH₂SMe и др.) в качестве эквивалентов "формил-нуклеофила". Кетентииоацетали. Димилнатрий. Применение α -сульфинил-(сульфонил)карбаанионов в синтезе. Окисление спиртов реагентами Пфитцнера-Моффата, Сверна и Кори (Me₂S-Cl₂, Me₂S-NCS).

Илиды серы. Синтезы с их участием циклопропанов и эпоксидов, перегруппировки илидов.

4. Применение моносахаридов в синтезе. Структура, стереохимия и реакции моносахаридов. О-, S-, N- и C-гликозиды. Дезокси- и ангидросахара, левоглюкозенон, гликали. Методы их синтеза и использование в качестве хиральных матриц в полном синтезе. Нуклеозиды. Силильный метод синтеза нуклеозидов.

5. Окислительные превращения непредельных соединений. Окисление олефинов O_2 , H_2O_2 и $t-BuOOH$ в присутствии комплексов переходных металлов. Диастерео- и энантиоселективное эпоксирирование аллиловых спиртов (метод Шарплесса): Эпоксирирование олефинов надкислотами, гидроксильрирование и окислительное расщепление реагентами на основе Pb, Mn, Os, I, Cr и т.д. Озонолиз олефинов (механизм, основные перекисные и неперекисные продукты озонолиза). Селективный озонолиз полиолефиновых субстратов. Аллильное окисление олефинов.

6. Элементоорганические соединения и их применение в органическом синтезе

6.1. Непереходные металлы. Методы получения Li-, Na-, Mg-, Zn- и Cd-органических соединений. Образование связи C-C с помощью органических соединений, щелочных и щелочноземельных металлов. Реакции кросс-сочетания, реакция с карбонильными соединениями, сопряженное присоединение к α,β -ненасыщенным карбонильным соединениям, реакция с эпоксидами, нитрилами и ацилхлоридами. Реакции енолятов металлов, приводящие к образованию C-C связей. Восстановление с помощью металлов I и II группы карбонильных соединений, олефинов, ацетиленов, аренов.

Гидроборирование и гидроалюминирование. Правило Крама, хелатный и нехелатный контроль.

6.2. Переходные металлы. Качественное описание связи переходный металл-олефин и переходный металл-лиганд в рамках теории молекулярных орбиталей. Правило 18 электронов. Основные типы комплексов переходных металлов: комплексы с одно-, двух и т.д. - электронными лигандами. Примеры моно- и диолефиновых π -комплексов, π -аллильных, циклопентадиенильных, циклогептатриенильных и ареновых комплексов. Природа связи в металл-углерод комплексах каждого типа. Стабилизирующее влияние карбонильных и фосфиновых лигандов, эффект транс-влияния лигандов. Пространственное строение комплексов переходных металлов.

Методы получения и основные типы медьорганических соединений. Их реакции с органическими галогенидами, эпоксидами, ацилхлоридами, α,β -непредельными карбонильными субстратами; механизм и стереохимия этих реакций. Карбокуприрование ацетиленов.

Основные типы каталитических процессов с участием комплексов переходных металлов. Цис- и транс-полимеризация 1,3-диенов и олефинов на катализаторах Циглера-Натта и реакции метатезиса непредельных соединений.

Общие представления о реакциях карбонилирования гидроформилирования, гидросилилирования, гидроцианирования и изомеризации непредельных соединений, катализируемых комплексами переходных металлов.

Кросс-сочетание алкенил-, арил- и гетероарилгалогенидов с производными Mg, Zn, Al, катализируемое комплексами палладия и никеля. Стадии окислительного присоединения и восстановительного элиминирования. Винилирование алкенил- и арилгалогенидов (реакции Хека).

7. Стереоизомерия. Аксиально-хиральные молекулы. Спираны. Аллены. Гелицены. Применение дескрипторов R, S, aR, aS, P, M при описании пространственных изомеров.

8. Физико-химические методы в анализе органических соединений

8.1 Спектроскопия ЯМР. Спектроскопия протонного магнитного резонанса. Природа спектра ПМР. Магнитное экранирование и химический сдвиг. Шкала химических сдвигов (ХС). Энантиотопные и диастереотопные протоны. Спин-спиновое взаимодействие (ССВ). Номенклатура спиновых систем. Анализ сверхтонкой структуры спектров ПМР. Геминальные, вицинальные и дальние константы ССВ, их связь с углами между взаимодействующими протонами, интегрирование спектров.

Спектроскопия ЯМР ^{13}C . Спектры ЯМР ^{13}C с полным подавлением по протонам; с подавлением протонов без эффекта Оверхаузера (количественные спектры ЯМР ^{13}C). Шкала ХС ядер ^{13}C . Связь ХС со строением молекулы. ССВ с участием ядер углерода. Прямые геминальные и вицинальные константы С-Н, их величины и зависимость от строения фрагмента молекулы. Константы ^{13}C - ^{13}C . Перенос поляризации: INEPT, DEPT и JMODXH эксперименты. Двумерные гомоядерные корреляционные спектры: $\{^1\text{H}, ^1\text{H}\}$ COSY, $\{^1\text{H}, ^1\text{H}\}$ NOESY и гетероядерные корреляционные спектры: $\{^1\text{H}, ^{13}\text{C}\}$ HSQC и $\{^1\text{H}, ^{13}\text{C}\}$ HMBC корреляции.

Динамические эффекты в спектрах ЯМР. Спектроскопия ЯМР других ядер, анализ спектров ЯМР ^{13}C органических соединений, содержащих магнитные ядра ^{19}F , ^{31}P и др.

8.2 Хроматографические методы анализа. Теоретические основы хроматографического анализа. Сущность метода и его преимущества. Области применения хроматографии.

Основы теории газовой хроматографии (хроматографическая колонка, параметры удерживания, эффективность, селективность, степень разделения, влияние температуры на разделение). Газо-жидкостная хроматография. Капиллярная хроматография. Хиральная газовая хроматография, разделение энантиомеров. Аппаратура для газовой хроматографии. Качественный анализ в газовой хроматографии. Методы количественного анализа (абсолютная калибровка, внутренний стандарт, внутренняя нормализация). Методы концентрирования в газовой хроматографии.

Жидкостная хроматография. Варианты жидкостной хроматографии по

механизму удерживания аналитов. Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Хроматограмма и хроматографические параметры. Хроматографическая колонка, свойства сорбентов. Аппаратура для ВЭЖХ.

Хроматографические свойства сорбатов. Полярность и гидрофобность сорбатов как критерии выбора условий разделения. Строение и растворимость сорбатов. Влияние свойств аналитов на выбор способа детекции. Свойства компонентов подвижных фаз. Хроматографические свойства индивидуальных растворителей. Свойства бинарных растворителей. Особенности эксплуатации колонок для ВЭЖХ.

8.3 Масс-спектрометрия. Методы ионизации исследуемого вещества: ионизация электронами (электронный удар), химическая ионизация (химическая ионизация положительных и отрицательных ионов, химическая ионизация при атмосферном давлении, ионизация электрораспылением (электроспрей)); ионизация фотонами (фотоионизация), полевая ионизация (полевая десорбция), плазменная (лазерная) десорбционная масс-спектрометрия, бомбардировка быстрыми атомами.

Типы ионов (молекулярные, осколочные, метастабильные и многозарядные ионы), изотопные соотношения (определение элементного состава ионов на основании изотопных пиков).

Основные типы реакций распада молекул при электронном ударе: простые разрывы связей; перегруппировки, связанные с миграцией атомов водорода и скелетные перегруппировки; постулат Хэммонда и правило Стивенсона-Одье (стабильность ионов и нейтральных частиц).

Масс-спектральные характеристики органических соединений при электронном ударе: углеводороды (алканы, алкены и диены, алкины, циклоалканы, ароматические углеводороды (алкилбензолы)), гетероатомные соединения (спирты, эфиры, карбоновые кислоты, сложные эфиры).

Принципы качественного и количественного анализа смесей методом масс-спектрометрии (установление количества вещества по площади хроматографического пика, методы внешнего и внутреннего стандартов).

Перечень рекомендуемой литературы и ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Общая органическая химия. Ред. Д. Бартон, У. Оллис. Т. 1-12. – М.: Химия, 1981-1986 (пер. с англ.).
2. М. Смит. Органическая химия Марча. Реакции, механизмы, строение: углубленный курс для университетов и химических вузов: в 4 т. / Пер. с англ. под ред. профессора, доктора хим. наук М.А. Юровской. – М.: Лаборатория знаний, 2020. - 458 с.: ил.
3. Д. Марч. Органическая химия. Т. 1-4. – М.: Мир, 1987 (пер. с англ.).

4. В.А. Смит, А.Д. Дильман. Основы современного органического синтеза: учебное пособие. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009 - 750 с.: ил.
5. А.А. Семенов. Очерк химии природных соединений. – Новосибирск: Изд-во Наука, 2000 – 664 с.
6. Ю.А. Овчинников. Биоорганическая химия, М.: Просвещение, 1987.
7. Н.К. Кочетков, А.Ф. Свиридов и др. Углеводы в синтезе природных соединений. – М.: Наука, 1984.
8. Панорама современной химии России. Природные и синтетические биологически активные вещества: Учебное пособие. – М.: Химия, 2008. 328 с.
9. Р. Бохински. Современные воззрения в биохимии. – М.: Мир, 1987 (пер. с англ.).
10. Органические синтезы сегодня и завтра. Ред. Б. Трост, К. Хатчинсон. – М.: Мир, 1984 (пер. с англ.).
11. Современные направления в органическом синтезе. Ред. Х. Нодзаки. – М.: Мир, 1986 (пер. с англ.).
12. А.Ф. Бочков, В.А. Смит. Органический синтез. – М.: Наука, 1987.
13. Ф. Кери, Р. Сандберг. Углубленный курс органической химии. Книга 1. Структура и механизмы (пер. с англ.) / Под ред. проф. В.М. Потапова. – М.: Химия, 1981.
14. Ф. Кери, Р. Сандберг. Углубленный курс органической химии. Книга 2. Реакции и синтезы (пер. с англ.) / Под ред. проф. В.М. Потапова. М.: Химия, 1981.
15. В.М. Потапов. Стереохимия. М.: Химия, 1988.
16. А. Хейнц. Методы окисления органических соединений (пер. с англ.). М.: Мир, 1988.
17. Г.А. Толстиков. Реакции гидроперекисного окисления. М.: Наука, 1976.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

К разделу 1.

1. А.А. Семенов, В.Г. Карцев. Основы химии природных соединений. Книга 1., М.: Науч. партнерство: МБФНП (ICSPF), 2009. – 624с.
2. А.А. Семенов, В.Г. Карцев. Основы химии природных соединений. Книга 2., М.: Науч. партнерство: МБФНП (ICSPF), 2009 – 424с.
3. А.А. Семенов, В.Г. Карцев. Биологическая активность природных соединений. М: Науч. партнерство: МБФНП (ICSPF), 2012. – 520с.
4. А.П. Орехов Химия алкалоидов. М.: Книга по Требованию, 2012. – 862с.
5. Г.А. Толстиков и р. Смоляные кислоты хвойных России. Химия, фармакология. Новосибирск: Издательство Гео, 2011. – 391с.

6. Л.Н. Рогоза и др. Препаративная химия терпеноидов. Часть 2(3). Смоляные кислоты. Новосибирск: Академиздат, 2013.
7. Г.А. Толстикова, Л.А. Балтина, В.П. Гранкина, Р.М. Кондратенко, Т.Г. Толстикова. Солодка: биоразнообразие, химия, применение в медицине. Новосибирск: Издательство Гео, 2007.
8. С.С. Лаев, Н.Ф. Салахутдинов. Препаративная химия терпеноидов. Часть 3. Тритерпеноиды. Новосибирск: Академиздат, 2016.
9. А.Е. Щекотихин, Е.Н. Олсуфьева, В.С. Янковская. Антибиотики и родственные соединения (Antibiotics and related compounds). М.: Лаборатория знаний, 2022. – 511 с. : ил., [16] с. цв. вкл.
10. М.С. Юнусов, С.С. Вершинин. Избранные главы химии изохинолиновых алкалоидов. Учебное пособие; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования "Уфимский гос. нефтяной технический ун-т", Федеральное гос. бюджетное учреждение науки "Уфимский ин-т химии Российской акад. наук". - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. - 106с.

К разделу 2.

1. L. Li, Z. Chen, X. Zhang, Y. Jia. Divergent strategy in natural product total synthesis. *Chem. Rev.*, 2018, v.118, p.3752–3832. DOI: 10.1021/acs.chemrev.7b00653
2. R.A. Fernandes, P. Kumar, P. Choudhary. Evolution of strategies in protecting-group-free synthesis of natural products: A Recent update. *Eur. J. Org. Chem.*, 2021, v.5, p.711-740. DOI: 10.1002/ejoc.202001246
3. F.Z. Gaugaz, A. Chicca, M. Redondo-Horcajo, I. Barasoain, J.F. Díaz, K.-H. Altmann. Synthesis, microtubule-binding affinity, and antiproliferative activity of new Epothilone analogs and of an EGFR-Targeted epothilone-peptide conjugate. *Int. J. Mol. Sci.* 2019, v.20, p.1113. DOI: 10.3390/ijms20051113
4. Y.-N. Cao, L.-L. Zheng, D. Wang, X.-X. Liang a, F. Gao, X.-L. Zhou. Recent advances in microtubule-stabilizing agents. *Eur. J. Med.Chem.*, 2018, v.143, p. 806-828. DOI: 10.1016/j.ejmech.2017.11.062
5. M.M. Heravi, V. Zadsirjan, M. Daraie, M. Ghanbarian. Applications of Wittig Reaction in the total synthesis of natural macrolides. *ChemistrySelect.*, 2020, v. 5, p.9654 –9690. DOI: 10.1002/slct.202002192
6. M.M. Heravi, M. Ghanbarian, V. Zadsirjan, B. A. Jani. Recent advances in the applications of Wittig reaction in the total synthesis of natural products containing lactone, pyrone, and lactam as a scaffold. *Monatsh. Chem.*, 2019, v.150, p.1365–1407.

7. M.M. Heravi, L. Mohammadkhani. Recent applications of Stille reaction in total synthesis of natural products: an update. *J. Organomet. Chem.* 2018, v.869, p.106-200. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2018.05.018
8. I. Cheng-Sánchez, F. Sarabia. Recent advances in total synthesis via metathesis reactions. *Synthesis.* 2018, v.50, p.3749–3786. DOI: 10.1055/s-0037-1610206
9. Y.-H. Tsai, C. M. B. Etichetti, S. Cicetti, J. E. Girardini, R. A. Spanevello, Alejandra G. Suarez, A. M. Sarottia. Design, synthesis and evaluation of novel levoglucosenone derivatives as promising anticancer agents. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 2020, v.30, 127247. DOI:10.1016/j.bmcl.2020.127247
10. B. Yanga, S. Gao. Recent advances in the application of Diels–Alder reactions involving *o*-quinodimethanes, aza-*o*-quinone methides and *o*-quinone methides in natural product total synthesis. *Chem. Soc. Rev.*, 2018, v.47, p.7926-7953. DOI: 10.1039/c8cs00274f
11. Z. Khademi, M.M. Heravi. Applications of Claisen condensations in total synthesis of natural products. An old reaction, a new perspective. *Tetrahedron.*, 2022, v.103, 132573
12. M.M. Heravi, F. Janati, V. Zadsirjan. Applications of Knoevenagel condensation reaction in the total synthesis of natural products. *Monatsh. Chem.*, 2020, v.151, p. 39–482; DOI:10.1007/s00706-020-02586-6
13. B.M. Trost, J. Lynch, P. Renaut, D.H. Steinman. Enantiocontrolled Cycloaddition Approach to (+)-Brefeldin A. *JACS*, 1986, v.108, p. 284.
14. D.L.J. Clive, K.S.K. Murthy, A.G.H. Wee e.a. Total Synthesis of Both (+)-Compactin and (+)-Mevinolin. A General strategy based on the use of a special titanium reagent for dicarbonyl coupling. *JACS*, 1990, v.112, p. 3018.
15. E.J. Corey, P. Da Silva Jardine, J.C. Rohloff. Total Synthesis of (±)-Forskolin. *JACS*. 1988, v.110, p.3672.
16. S. Hanessian, D. Desilets, Y.L. Bennani. A Novel Ring-Closure Strategy for the Carbapenems: The Total Synthesis of (+)-Thienamycin. *J. Org. Chem.*, 1990, v.55, p.3098.
17. E.J. Corey, W. Su. Total Synthesis of a C15 Ginkgolide, (±)-Bilobalide. *JACS*, 1987, v.109, p.7534.
18. D. Romero, M.F. Traxler, D. Lopez, R. Kolter. Antibiotics as Signal Molecules. *Chem. Rev.*, 2011, v.111, p. 5492-5505.
19. Панорама современной органической химии России. Природные и синтетические биологически активные вещества. Учебное пособие. М: Наука, 2008. – 328с.

К разделу 3.

1. Ф.З. Галин, С.Н. Лакеев, И.О. Майданова. Илиды серы в синтезе гетероциклических соединений; Акад. наук Республики Башкортостан, Отд-ние химико-технологических наук. - Уфа: Гилем, 2010. - 147 с.
2. L. Mohammadkhani, M.M. Heravi. Oxalyl Chloride: A Versatile Reagent in Organic Transformations. *ChemistrySelect*. 2019, v.4, p. 6309-6337.

К разделу 4.

1. М.С. Мифтахов, Ф.А. Валеев, И.Н. Гайсина. Левоглюкозенон: свойства, реакции и использование в тонком органическом синтезе. *Успехи химии*. 1994, т. 63(10), с. 922–936; DOI: 10.1070/RC1994v063n10ABEH000123
2. Э.Я. Лукевиц, А.Е. Заблоцкая, И.И. Соломенникова. Силильный метод синтеза нуклеозидов и нуклеотидов. *Успехи химии*, 1974, т.43(2), с. 370–398.

К разделу 5.

1. M.M. Heravi, T.B. Lashaki, N. Poorahmad. Applications of Sharpless asymmetric epoxidation in total synthesis. *Tetrahedron: Asymmetry.*, 2015, v. 6, p. 405–449. DOI:10.1016/j.tetasy.2015.03.006
2. T.J. Fisher, P.H. Dussault. Alkene ozonolysis. *Tetrahedron.*, 2017, v.73, p.4233-4258. DOI: 10.1016/j.tet.2017.03.039
3. S.G. Van Ornum, R.M. Champeau, R. Pariza. Ozonolysis Applications in Drug Synthesis. *Chem. Rev.*, 2006, v.106, p.2990–3001.

К разделу 6.

1. К. Эльшенбройх. Металлоорганическая химия; пер. с нем. – 4-е изд. электрон. М.: Лаборатория знаний, 2021. – 749 с.
2. У.Б. Шульпин. Органические реакции, катализируемые комплексами металлов, М.: Наука, 1988.
3. Х.М. Колхаун, Д. Холтон, Д. Томпсон, М. Твигг. Новые пути органического синтеза. Практическое использование переходных металлов; пер. с англ. М.: Химия, 1989
4. У.М. Джемилев, Н.Р. Поподько, Е.В. Козлова. Металлокомплексный катализ в органическом синтезе. Алициклические соединения / Под общ. ред. У. М. Джемилева; Уфим. науч. центр Рос. акад. наук, Акад. наук Респ. Башкортостан. - М.: Химия, 1999. - 647 с.: ил., табл.; 21 см.
5. Г.А. Толстикова, У.М. Джемилев, А.Г. Толстикова. Алюминийорганические соединения в органическом синтезе. отв. ред. Ю.Н. Бубнов; Российская акад. наук, Ин-т нефтехимии и катализа, Сибирское отд-ние, Ин-т катализа им. Г. К. Борескова. - Новосибирск: Гео, 2009. - 644 с. : ил., табл.; 26 см.;

К разделу 7.

1. В.В. Племенков. Химия изопреноидов: учебное пособие. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2007. – 322 с.
2. В. Смит, Л. Бочков, Р. Кейпл. Органический синтез. Наука и искусство. Пер. М.: Мир, 2001. - 573 с.
3. Г.Ю. Ишмуратов, М.П. Яковлева, Н.М. Ишмуратова, А.Г.Толстикова. Монотерпеноиды в химии оптически активных феромонов насекомых. М.: Наука, 2012. – 171 с.
4. В.Н. Одинокоев, Э.П. Серебряков. Синтез феромонов насекомых. Уфа: Гилем, 2001. 371 с.

К разделу 8.

1. Ю.М. Воловенко Спектроскопия ядерного магнитного резонанса для химиков. М.: «ICSPPF», 2011.
2. Э. Преч и др. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных (пер. с англ.). М.: Мир, БИНОМ, 2012.
3. Р. Сильверстейн и др. Спектрометрическая идентификация органических соединений (пер. с англ.). М.: БИНОМ, 2012. 512 с.
4. Я.И. Яшин, Е.Я. Яшин, А.Я. Яшин. Газовая хроматография. М.: ТрансЛит, 2009.
5. О.Б. Рудаков, И.А. Востров, С.В. Федоров, А.А. Филиппов, В.Ф. Селеменев, А.А. Приданцев. Спутник хроматографиста. Методы жидкостной хроматографии. Воронеж: Водолей, 2004.
6. П. Садек. Растворители для ВЭЖХ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
7. К.С. Сычев. Практический курс жидкостной хроматографии. Казань: Кокоро, 2013.
8. А.Т. Лебедев. Масс-спектрометрия в органической химии. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2003.
9. В.Г. Заикин, А.В. Варламов, А.И. Микая, Н.С. Простаков. Основы масс-спектрометрии органических соединений. М.: Наука, 2001.

БАЗЫ ДАННЫХ:

1. Научная электронная библиотека: <http://elibrary.ru/>
2. SCOPUS: <http://www.scopus.com/>
3. Академия Google: <https://scholar.google.ru/>
4. Elsevier: <https://elsevierscience.ru/>