

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра органической и биологической химии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии

О.А.Маракаев

« 15 » 09 2020 г.

Рабочая программа дисциплины
«Основы конструирования лекарственных и биологически активных веществ»

Направление подготовки
04.03.01 «Химия»

Направленность (профиль)
«Медицинская и фармацевтическая химия»

Форма обучения
очная

Программа рассмотрена на заседании
кафедры

от «2» сентября 2020 г., протокол № 1

Зав. кафедрой  В.Ю. Орлов

Программа одобрена НМК
факультета биологии и экологии
протокол № 1 от «14» сентября 2020 г.

Председатель НМК  М. И. Ковалева

Ярославль, 2020

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Основы конструирования лекарственных и биологически активных веществ» являются: формирование фундаментальных знаний по взаимосвязи структуры химических веществ и их биологической активностью, умений и навыков экспериментальной работы по конструированию параметров структуры веществ и моделированию их взаимодействия с биомолекулами. Данный курс вырабатывает у студентов современные представления о подходах к конструированию лекарственных и биологически активных веществ.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Основы конструирования лекарственных и биологически активных веществ» относится к дисциплинам по выбору Блока Б1.В.ДВ.3.2.

Для освоения данной дисциплины студенты должны владеть математическим аппаратом, уметь находить корреляционные зависимости, применять приемы сравнения, анализа и синтеза, объяснения причинно-следственных связей, обобщения, иметь представление об основных классах химических соединений и их свойствах.

Полученные в курсе «Основы конструирования лекарственных и биологически активных веществ» знания необходимы для изучения специальных дисциплин, а также для выполнения квалификационных работ.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОП бакалавриата

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Код компетенции	Формулировка компетенции	Перечень планируемых результатов обучения
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1	способностью использовать полученные знания теоретических основ фундаментальных разделов химии при решении профессиональных задач	Знать: – взаимосвязь между строением химических соединений и их свойствами; - основные мишени для лекарственных и биологически активных соединений; - способы формирования требуемой структуры. Уметь: – прогнозировать и анализировать свойства химических соединений в сопоставлении с их строением; - классифицировать химические вещества и типы взаимодействий; - оценивать возможность проявления соединениями тех или иных видов биологической активности; - строить математические модели взаимодействия соединений с биомолекулами. Владеть навыками: - обращения с химическими веществами, – получения и определения основных параметров химических веществ; - проведения компьютерных экспериментов и интерпретации их результатов - синтеза биологически активных соединений.

ПК-3	владением системой фундаментальных химических понятий	<p>Знать: фундаментальные понятия в области органической и биохимии</p> <p>Уметь: применять фундаментальные понятия для решения научных и технологических задач</p> <p>Владеть навыками: Эффективного использования фундаментальных химических понятий для решения задач профессиональной деятельности</p>
------	---	---

4. Объем, форма реализации, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 акад.ч.

Дисциплина реализуется с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), предоставляемых образовательной площадкой МООК ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline).

Отдельные элементы курса преподаются в дистанционной форме в рамках онлайн курса «Базовые основы конструирования лекарственных веществ»

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение. Рациональный дизайн. (В дистанционной форме)	7	18	9		4		12	Опрос. Отчет о выполнении практического задания
2	Химическое модифицирование структуры В дистанционной форме)	7	18	9		4		12	Опрос. Отчет о выполнении практического задания
3	Комплексное планирование изыскания лекарственных средств	7	18	9		4		10	Опрос. Отчет о выполнении практического задания
4	Синтез лекарственных веществ.	7	18	9		2		11	Опрос. Отчет о выполнении практического задания
							0,3	12,7	Зачет
	Всего		72	36		14	0,3	57,7	

Содержание разделов дисциплины

1. Введение. Рациональный драг-дизайн.
 - 1.1. Введение. Соединение-лидер.
 - 1.2. Стратегии создания новых синтетических ЛВ. Скрининг веществ. Кластерный анализ БАВ.
 - 1.3. Моделирование механизма взаимодействия вещества с биорецептором. Молекулярное конструирование.
2. Химическое модифицирование структуры.
 - 2.1. Понятие фармакофора. Введение фармакофорной группы.
 - 2.2. Стратегия пролекарств. Концепция антиметаболитов.
 - 2.3. Методология комбинаторной химии.
 - 2.4. Комбинаторные библиотеки, *building block*, *scaffold*.
3. Комплексное планирование изыскания лекарственных средств
 - 3.1. Связь структура - биоактивность.
 - 3.2. Конструирование лекарственного препарата. Схема разработки нового лекарственного вещества.
 - 3.3. Классификация лекарственных веществ.
 - 3.4. Основные болезни человека и ведущие группы лекарственных веществ на современном фармацевтическом рынке.
4. Синтез лекарственных веществ.
 - 4.1. Синтез лекарственных веществ алифатического ряда.
 - 4.2. Производные α -аминокислот. Метионин. Витамин U. Глутаминовая кислота. D-серин. Производные β -аминокислот.
 - 4.3. Противозачаточные и противовоспалительные вещества на основе циклопентафенантрена. Синтез витамина D.
 - 4.4. Аминоалкилбензолы в качестве психостимуляторов, антибиотиков и гормонов
 - 4.5. Производные орто-гидроксibenзойной кислоты. Аспирин.

5. Образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция (или лекция общего курса) – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная

информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Практическое занятие – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний.

Консультации – групповые занятия, являющиеся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов.

6. Перечень электронных ресурсов и информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

- автоматизированная библиотечная информационная система "БУКИ-NEXT";
- операционные системы семейства Microsoft Windows;
- программы Microsoft Office;
- программа Adobe Acrobat Reader;
- браузеры Mozilla Firefox, Google Chrome;
- материалы онлайн курса «Базовые основы конструирования лекарственных веществ», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова DemidOnline

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Шабаров, Ю. С. Органическая химия: учебник для вузов / Ю. С. Шабаров. - 5-е изд., стереотип. - СПб.: Лань, 2011. 847 с.
http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=1118979&cat_cd=YARSU
2. Андрусенко С.Ф., Денисенко Е.В. Биологическая химия: учебно-методическое пособие / Ставрополь: СКФУ, 2015, 131 с.
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=457874&sr=1
3. . Коноплёва, Е. В., Фармакология: учебник и практикум для вузов / Е. В. Коноплёва, М., Юрайт, 2018, 446 с. <https://www.biblio-online.ru/viewer/1B30F021-32A4-4A7B-A34D-C75518A7F495>

б) дополнительная литература

1. Урванцева Г.А. Методы анализа живых систем: уч. пособие./ Г.А.Урванцева, Е.Л.Грачева.Яросл. гос. ун-т им.П.Г.Демидова. –Ярославль, ЯрГУ, 2013. 103 с.
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20130309.pdf>
2. Фармацевтическая химия: учеб. / Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2015. 470 с. <https://e.lanbook.com/book/70696>
3. Шимановский Н. Л. , Епинетов М. А. ,Мельников М. Я. Молекулярная и нанофармакология / Москва: Физматлит, 2009. 622 с.
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=69136

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online» (www.biblioclub.ru).
3. Американское химическое общество (<http://www.acs.org/>).

4. Королевское химическое общество (<http://www.rsc.org/>).

5. Химический факультет МГУ (<http://www.chem.msu.ru/>).

8. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации, а также материалам онлайн курса «Базовые основы конструирования лекарственных веществ», размещённого на образовательной онлайн площадке ЯрГУ им. П.Г. Демидова (DemidOnline).

Число посадочных мест в лекционной аудитории больше либо равно списочному составу потока, а в аудитории для практических занятий (семинаров) – списочному составу группы обучающихся.

Автор:

Профессор, зав. кафедрой

органической и биологической химии, д.х.н.


В.Ю. Орлов

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Основы конструирования лекарственных и биологически активных
веществ»**

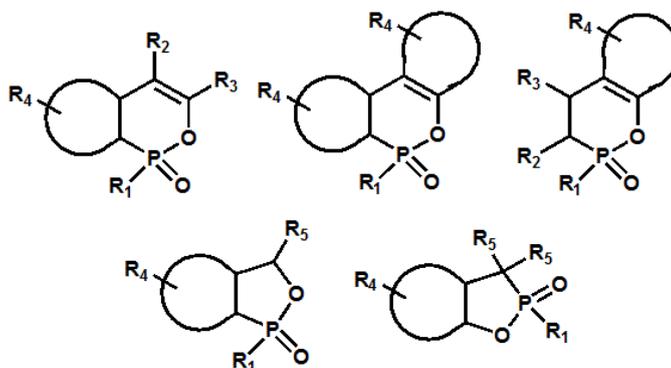
**Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации
студентов по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,
необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности,
характеризующих этапы формирования компетенций**

**1.1 Контрольные задания и иные материалы,
используемые в процессе текущей аттестации**

Задания для самостоятельной работы

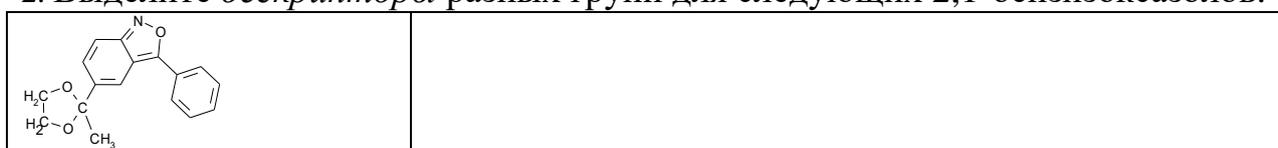
1. *Дизайн* физиологически активных веществ (составить библиотеку соединений, отвечающих следующим требованиям)

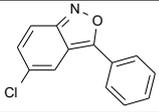
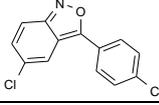
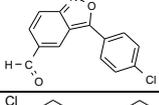
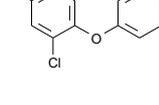
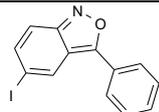
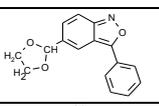
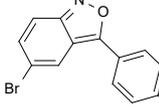
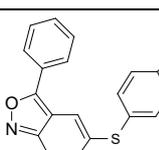
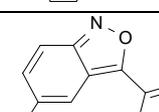
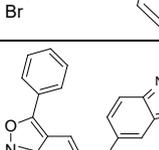
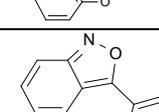


Где:

Заместители R	R1=alkyl, OH, O-Alkyl or H R2=Aryl, hetaryl, H or alkyl R3 = Aryl, hetaryl, H or alkyl R4 = Any substituent, including H R5 = Alkyl, Aryl Number of rings < or equal to 4
Молекулярный вес	250 - 450
LogP	-1 to 4.5

2. Выделите дескрипторы разных групп для следующих 2,1-бензизоксазолов:



3. Осуществите расчет параметров острой токсичности 2,1-бензизоксазолов (из предыдущего задания), используя следующие формулы

Расчет летальной дозы

$$\lg DL_{50}(\text{мг/кг}) = 3,84 - 0,25 \mu - 0,33 \mid \Sigma \sigma \mid ;$$

$$\lg DL_{50}(\text{мг/кг}) = 3,81 - 0,22 \mu - 0,52 \mid \Sigma \sigma \mid - 0,0021 \mid \Sigma \alpha \mid ;$$

$$\lg DL_{50}(\text{мг/кг}) = 3,69 + 0,0003 M + 0,0003 t_{\text{пл.}}^{\circ} - 0,22 \mu - 0,53 \mid \Sigma \sigma \mid .$$

Для летучих органических веществ ($t_{\text{кип}}$ до 200° С)

$$\lg DL_{50}(\text{мМ/кг}) = 2,8 - 0,013M.$$

Для хлорпроизводных бензолов

$$\lg DL_{50}(\text{мг/кг}) = 3,33 - 0,30 |\Sigma \alpha|;$$

$$\lg DL_{50}(\text{мг/кг}) = 3,34 - 0,23 \mu;$$

$$\lg DL_{50}(\text{мг/кг}) = 6,0 + 0,006 t^{\circ}_{\text{кпп}};$$

$$\lg DL_{50}(\text{мг/кг}) = 5,47 + 0,0064 M - 0,0069 t^{\circ}_{\text{кпп}} - 0,17 |\Sigma \alpha| - 0,53 |\Sigma \sigma|.$$

— фенолы с $M \geq 200$:

$$\lg DL_{50} \text{ мМ/кг} = 0,0036 \cdot M + 0,18;$$

— амины с $M \geq 150$:

$$\lg DL_{50} \text{ мМ/кг} = 0,01 M - 1,25;$$

— предельные спирты:

$$\lg DL_{50} \text{ мМ/кг} = -0,5 - 0,005 M;$$

— нитросоединения без непредельных связей в незамкнутых цепях:

$$\lg DL_{50} \text{ мМ/кг} = -1,35 - 0,0039 M.$$

Расчет летальной концентрации

для углеводов

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 2,17 - 0,026 M.$$

Для бромуглеводородов:

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 0,69 - 0,00437 \cdot M - 0,00695 t^{\circ}_{\text{кпп}}.$$

Для спиртов и фенолов:

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 1,43 - 0,0102 M - 0,009 t^{\circ}_{\text{кпп}};$$

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 1,20 - 0,00204 \cdot M.$$

Для альдегидов:

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 0,65 - 0,0165 t^{\circ}_{\text{кпп}};$$

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 1,34 - 0,087 \cdot RD;$$

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 1,02 - 0,0078 t^{\circ}_{\text{кпп}} - 0,046 \cdot RD.$$

Для кетонов:

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 1,40 - 0,020 \cdot M.$$

Для органических кислот и их ангидридов:

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 0,52 - 0,008 M - 0,0079 t^{\circ}_{\text{кпп}};$$

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 0,10 - 0,016 M.$$

Для сложных эфиров:

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 0,13 - 0,0053 M - 0,0025 t_{\text{кип}}^{\circ};$$

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 0,1 - 0,016 M.$$

Для нитросоединений:

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 1,51 - 0,0121 M - 0,009 t_{\text{кип}}^{\circ};$$

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 1,35 - 0,0243 M.$$

Для аминов и их производных:

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 0,06 - 0,0109 M - 0,0028 t_{\text{кип}}^{\circ};$$

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 0,40 - 0,0202 M.$$

Для гетероциклических соединений:

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 1,46 - 0,00625 M - 0,0157 t_{\text{кип}}^{\circ}.$$

Амины и пиперидины:

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 0,833 - 0,0027 M - 0,06RD.$$

**Для нитрилов, цианидов и изоцианатов (Соедин
группой $C \equiv N$ и $C = N$):**

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/ дм}^3 = -1,06 - 0,010 M - 0,004 t_{\text{кип}}^{\circ};$$

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/ дм}^3 = -0,70 - 0,020 M.$$

Для других летучих органических соединений

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = -0,02 - 0,009 t_{\text{кип}}^{\circ};$$

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = -1,6 - 0,01 t_{\text{кип}}^{\circ};$$

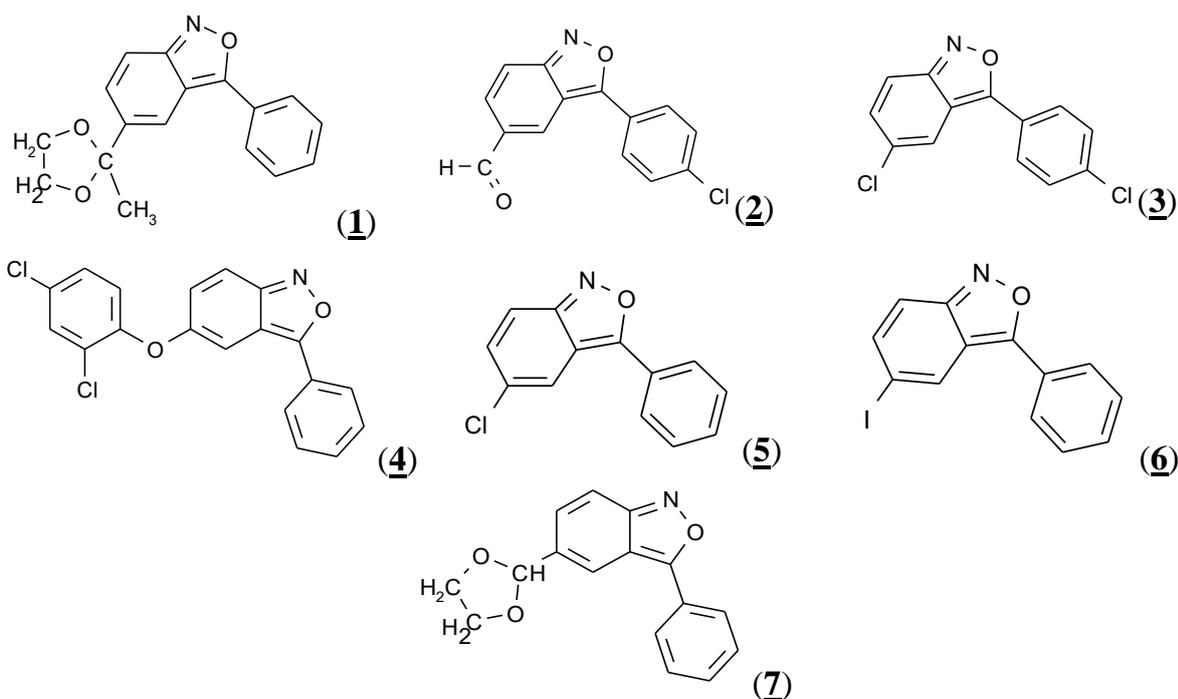
$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 0,08 - 0,011M;$$

$$\lg CL_{50} \text{ мМ/дм}^3 = 0,11 - 1,2 d.$$

Где:

- M** — молекулярная масса;
d — плотность (г/см³);
RD — молярная рефракция;
t^o_{кшп.} — температура кипения (°C),
t^o_{пл.} — температура плавления (°C);
C₂₀ — максимальная насыщающая концентрация вещества в воздухе при 20° C;
P — упругость пара при 20°С в мм ртутного столба;
S — растворимость в воде в г/л;
K — коэффициент распределения масло/вода;
M.o. — молекулярный объем (M/d);
mM — миллимоль ;
nD — коэффициент преломления;
t_{восп.л.} — температура воспламенения (°C);
μ — дипольный момент (дебай);
Σ_α — сумма инкрементов ядерного квадрупольного резонанса (ЯКР);
Σ_σ — сумма σ констант Гаммета, входящие в уравнения парной и множественной регрессии .

4. С помощью корреляционного анализа *вывести уравнения*, прогнозирующие токсичность (мутагенное и цитотоксическое действие) производных 2,1-бензизоксазола на основе экспериментальных данных для соединений:



Мутагенное и цитотоксическое действие

В-ВО	КОНЦ., %	ВЫЖ-ТЬ.,	% ВЫЖ-ТИ., N	МУТ-ГЕН.	МУТАЦИИ, %, M	σ ВЫЖ-ТИ.	σ МУТ-ТИ.	\bar{m} ВЫЖ-ТИ.	\bar{m} МУТ-ТИ.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.5	469.7	92.0	9.0	1.9	5.51	1.00	± 3.89	± 0.71
	0.25	461.0	90.3	6.3	1.4	2.00	0.58	± 1.41	± 0.41
	0.125	501.3	98.2	7.3	1.5	2.08	0.58	± 1.47	± 0.41
	0.05	465.0	91.1	5.3	1.1	5.20	0.58	± 3.67	± 0.41
2	0.5	453.3	88.8	8.3	1.8	5.51	0.58	± 3.89	± 0.41
	0.25	486.0	95.2	10.7	2.2	5.57	1.16	± 3.94	± 0.82
	0.125	490.7	96.1	7.7	1.6	1.53	0.58	± 1.08	± 0.41
	0.05	478.0	93.6	8.3	1.7	2.65	0.58	± 1.87	± 0.41
3	0.5	187.3	36.7	14.3	7.7	5.51	2.09	± 3.89	± 1.47
	0.25	233.3	45.7	13.0	5.6	4.51	1.00	± 3.19	± 0.71
	0.125	309.3	60.6	10.7	3.4	5.86	0.58	± 4.14	± 0.41
	0.05	408.3	80.0	9.3	2.3	6.11	0.58	± 4.32	± 0.41
4	0.5	347.7	68.1	5.7	1.6	5.51	0.58	± 3.89	± 0.41
	0.25	400.7	78.5	3.7	0.9	2.52	0.58	± 1.78	± 0.41
	0.125	473.3	92.7	5.0	1.1	6.51	1.00	± 4.60	± 0.71
	0.05	504.0	98.7	7.0	1.4	3.61	1.00	± 2.55	± 0.71
5	0.5	422.0	82.6	16.3	3.9	3.61	1.53	± 2.55	± 1.08
	0.25	445.7	87.3	14.7	3.3	2.52	1.53	± 1.78	± 1.08
	0.125	464.7	91.0	9.0	1.9	2.52	1.00	± 1.78	± 0.71
	0.05	489.7	95.9	7.0	1.4	2.52	1.00	± 1.78	± 0.71
6	0.5	147.3	28.8	6.3	4.3	6.11	0.58	± 4.32	± 0.41
	0.25	173.7	34.0	7.3	4.2	4.51	0.58	± 3.19	± 0.41
	0.125	203.0	39.7	10.3	5.1	3.00	0.58	± 2.12	± 0.41
	0.05	321.3	62.9	6.7	2.1	5.86	0.58	± 4.14	± 0.41
7	0.5	464.0	90.9	8.3	1.8	5.57	0.58	± 3.94	± 0.41
	0.25	461.3	90.3	9.3	2.0	5.51	0.58	± 3.89	± 0.41
	0.125	471.0	92.2	10.3	2.2	2.00	0.58	± 1.41	± 0.41
	0.05	471.7	92.4	11.3	2.4	2.52	0.58	± 1.78	± 0.41
контроль		510.7	100.0	3.3	0.7	1.02	0.58	± 0.72	± 0.41

Используя полученные уравнения *сконструировать по два соединения (2,1-бензизоксазолы) с большей и меньшей токсичностью чем данные 2,1-бензизоксазолы.*

Для сконструированных соединений *осуществить прогноз биоактивности с помощью программы PASS.*

Для прогнозирования спектра биологической активности веществ организован сайт <http://www.ibmh.msk.su/PASS>.

1.2 Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачету

(зачет выставляется по результатам собеседования со студентом)

1. Рациональный драг-дизайн. Соединение-лидер. Стратегии создания новых синтетических ЛВ. Скрининг веществ. Кластерный анализ БАВ. Моделирование механизма взаимодействия вещества с биорецептором. Молекулярное конструирование.
2. Химическое модифицирование структуры. Понятие фармакофора. Введение фармакофорной группы. Стратегия пролекарств. Концепция антиметаболитов. Методология комбинаторной химии. Комбинаторные библиотеки, *building block*, *scaffold*.
3. Комплексное планирование изыскания лекарственных средств. Связь структура - биоактивность. Конструирование лекарственного препарата. Схема разработки нового лекарственного вещества. Классификация лекарственных веществ. Основные болезни человека и ведущие группы лекарственных веществ на современном фармацевтическом рынке.
4. Синтез лекарственных веществ алифатического ряда. Синтез общих анестетиков. Синтез антираковых препаратов.
5. Алканола, аминоалканола и их эфиры. Получение этанола. Синтез диэтилового эфира. Синтез мепротана. Сложные эфиры азотистой и азотной кислот. Производные холина.
6. Альдегиды и кислоты. Получение хлорала. Уротропин. Гамма-гидроксibuтират натрия. Витамины F и B₁₅.
7. Производные α-аминокислот. Метионин. Витамин U. Глутаминовая кислота. D-серин. Производные β-аминокислот. Витамин B₃ (пантотеновая кислота). Производные γ-аминомасляной кислоты. Нейротропные средства. Витамин B₇.
8. Олигомеры α-аминокислот. Грамицидин S. Эндогенные пептиды. Пептидные гормоны. Инсулин. Ангиотензины II и I. Фермент ренин. Вторичные мессенджеры.
9. Лекарственные вещества алициклического ряда. Ментол. Витамин A.
10. Противозачаточные и противовоспалительные вещества на основе циклопентафенантрена. Синтез витамина D.
11. Камфора. Производные адамантана в качестве противовирусных средств.
12. Аминоалкилбензолы в качестве психостимуляторов, антибиотиков и гормонов.
13. Антигистаминные препараты группы диарилметана.
14. Антисептики и адреноблокаторы фенольного ряда.
15. Аминофенолы в качестве обезболивающих и противотуберкулезных средств.
16. Производные орто-гидроксibenзойной кислоты. Аспирин.
17. Средства на основе пара-аминобензойной кислоты.
18. Производные пара-аминобензолсульфонокислоты.
19. Оксопроизводные нафталина.
20. Лекарственные вещества группы азиридина и оксирана.
21. Антибиотики, содержащие четырехчленное азетидиновое ядро.
22. Пенициллины. Цефалоспорины.

