Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ахвердова Ольга Альбертовна
Должность: Директор
Дата подписания: 30.10.2026 12:03:52
Уникальный программный ключ:
4927f743b64a570c75bc5fbc77ef56d4eb0f1635

ПЯТИГОРСКИЙ МЕДИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ –
филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

_____О.А. Ахвердова

«28» августа 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ

По специальности: 30.05.01 Медицинская биохимия

Квалификация выпускника: врач-биохимик

Кафедра: неорганической, физической и коллоидной химии

Курс: 4

Семестр: 8

Форма обучения: очная

Лекции – 16 часов

Практические занятия – 34 часа

Самостоятельная работа – 17,8 часов

Промежуточная аттестация: зачёт – 8 семестр

Трудоемкость дисциплины: 2 ЗЕ (72 часа)

Год набора: 2025-2026 г.г.
Год реализации: 2028-2029 и 2029-2030 уч.год

Пятигорск, 2026

Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Рабочая программа по дисциплине «Математическое моделирование в биологии и медицине» разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 30.05.01 Медицинская биохимия (уровень - специалитет), утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации N 1013 от 11 августа 2016 г.

Разработчики программы:
докт. хим. наук Погребняк А.В.,
канд. фарм. наук Глушко А.А.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры неорганической, физической и коллоидной химии
протокол № 1 от «28» августа 2026 г.

Рабочая программа согласована с учебно-методической комиссией дисциплин математического и естественно-научного цикла

протокол № 1 от «28» августа 2026 г.

Рабочая программа согласована с библиотекой

Внешняя рецензия дана директором НИИ физической и органической химии ЮФУ, доктором химических наук Метелицей А.В.

Рабочая программа утверждена на заседании Центральной методической комиссии протокол № 1 от «28» августа 2026 г.

Рабочая программа утверждена на заседании Ученого совета
Протокол № 1 от «28» августа 2026 года

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины Математическое моделирование в биологии и медицине – формирование теоретических научных знаний и практических умений в области исследования сложных биологических систем и процессов на основе методов математического моделирования.

Задачами дисциплины являются:

– раскрыть содержание базовых понятий, предмета, методов и принципов математического моделирования в биологии и медицине;

– изучить представление о видах моделирования и основных походах к построению экспериментальных моделей;

– исследование и оптимизация биологических процессов и систем на различных уровнях их организации.

Воспитательной задачей является формирование гражданской позиции, активного и ответственного члена российского общества, осознающего свои конституционные права и обязанности, уважающего закон и правопорядок, обладающего чувством собственного достоинства, осознанно принимающего общечеловеческие гуманистические и демократические ценности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Математическое моделирование в биологии и медицине» относится к вариативной части блок Б1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы (Б1.УОО.О.ДЭ.1.1 – дисциплина по выбору).

Дисциплина «Математическое моделирование в биологии и медицине» изучается в 8 семестре очной формы обучения.

Перечень дисциплин и/или практик, усвоение которых необходимо для изучения дисциплины:

– Теория вероятности и математическая статистика (основные понятия и методы математического анализа, элементы функционального анализа, математические методы в биологии);

– Физика (основные законы физической кинетики);

– Общая биохимия (ферменты, строение, механизм катализа, многосубстратные реакции);

– Общая и медицинская биофизика (механизмы взаимодействия лигандов с рецепторами).

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

– Новые направления поиска и создания лекарственных средств;

– Клиническая фармакокинетика;

– Молекулярные аспекты создания лекарственных препаратов.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Код и наименование компетенции	Индекс компетенции	Планируемые результаты обучения, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций
ПК-8 Способен к выполнению фундаментальных научных	ПК-8.1.1	Знать: - базовые понятия математического моделирования; особенности кинетики биологических систем; основные подходы, используемые для создания моделей

биомедицинских исследований		сложных биологических систем и процессов; - влияние различных факторов на скорость протекания ферментативной реакции; способы обработки данных в кинетическом эксперименте; механизм лиганд-рецепторного взаимодействия; влияние pH на скорость ферментативных реакций; влияние температуры на кинетику ферментативных реакций; кинетику многосубстратных ферментативных реакций;
	ПК-8.2.1	Уметь: - адекватно ставить задачи исследования сложных объектов на основе экспериментальных моделей; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы; выбирать класс модели и оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения эксперимента; выбирать адекватные методы исследования моделей; разрабатывать модели систем с использованием различных подходов к исследованию систем; - качественно и количественно оценивать статистическую значимость получаемых результатов.
ПК-9 Способен к выполнению прикладных и поисковых научных биомедицинских исследований и разработок	ПК-9.1.1	Знать: - кинетику роста клеточной популяции, кинетику отмирания клеточной популяции, кинетику утилизации субстрата клеточной популяцией; кинетику биосинтеза продукта клеточной популяцией; основные ресурсы для поиска информации в области моделирования биообъектов в глобальных компьютерных сетях; принципы поиска информации в области математического моделирования.
	ПК-9.2.1	Уметь: - самостоятельно формулировать биологическую задачу в терминах математики и/или информатики; - сотрудничать с математиками и программистами при разработке сложных компьютерных средств для решения биологических задач; - выбирать экспериментальную модель для конкретной задачи построения и исследования биологических моделей; работать с компьютерной программой для

		построения фазовых и динамических портретов биологических систем; - планировать эксперимент по молекулярному моделированию; - работать с современным программным обеспечением, предназначенным, в частности, для проведения молекулярного моделирования; - обрабатывать данные с использованием компьютерных методик с целью определения кинетических параметров процессов в клеточных популяциях.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

- базовые понятия математического моделирования; особенности кинетики биологических систем; основные подходы, используемые для создания моделей сложных биологических систем и процессов;
- влияние различных факторов на скорость протекания ферментативной реакции; способы обработки данных в кинетическом эксперименте; механизм лиганд-рецепторного взаимодействия; влияние pH на скорость ферментативных реакций; влияние температуры на кинетику ферментативных реакций; кинетику многосубстратных ферментативных реакций;
- кинетику роста клеточной популяции, кинетику отмирания клеточной популяции, кинетику утилизации субстрата клеточной популяцией; кинетику биосинтеза продукта клеточной популяцией; основные ресурсы для поиска информации в области моделирования биообъектов в глобальных компьютерных сетях; принципы поиска информации в области математического моделирования.

Уметь:

- адекватно ставить задачи исследования сложных объектов на основе экспериментальных моделей; осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы; выбирать класс модели и оптимизировать ее структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения эксперимента; выбирать адекватные методы исследования моделей; разрабатывать модели систем с использованием различных подходов к исследованию систем;
- качественно и количественно оценивать статистическую значимость получаемых результатов.
- самостоятельно формулировать биологическую задачу в терминах математики и/или информатики;
- сотрудничать с математиками и программистами при разработке сложных компьютерных средств для решения биологических задач;
- выбирать экспериментальную модель для конкретной задачи построения и исследования биологических моделей; работать с компьютерной программой для построения фазовых и динамических портретов биологических систем;
- планировать эксперимент по молекулярному моделированию;
- работать с современным программным обеспечением, предназначенным, в частности, для проведения молекулярного моделирования;
- обрабатывать данные с использованием компьютерных методик с целью определения кинетических параметров процессов в клеточных популяциях.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	8 семестр
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем:	**54,2**	**54,2**
Аудиторные занятия всего, в том числе:	50	50
Лекции	16	16
Практические занятия	34	34
КААТЗ	0,2	0,2
Консультации	2	2
Контроль самостоятельной работы	2	2
2. Самостоятельная работа	**17,8**	**17,8**
ИТОГО:	**72**	**72**
Общая трудоемкость	**2 ЗЕ**	**2 ЗЕ**

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование раздела (темы)	Содержание раздела	Индикатор компетенции
8 семестр		
Раздел 1. Молекулярное моделирование биологических систем *Лек№1–2, Пр№1–2, Ср№1–2*	**Введение в курс математического моделирования в биологии и медицине. Математическая модель молекулы и вычислительные методы (Лек№1, 2 ч)** **Компьютерные программы для молекулярного моделирования. Вычислиение физико-химических свойств веществ. Молекулярная динамика (Лек№2, 2 ч)** – Построение компьютерных моделей молекул и вычислиение физико-химических свойств веществ. Моделирование молекулярной динамики (Пр№1, 4 ч) – Моделирование молекулярной динамики и колебательный анализ (Пр№2, 4 ч) – Изучить тему занятия: Построение компьютерных моделей молекул и вычислиение физико-химических свойств веществ. Моделирование молекулярной динамики (Ср№1, 2 ч) – Изучить тему занятия: Моделирование молекулярной динамики и колебательный анализ (Ср№2, 2 ч)	ПК-8.1.1 ПК-8.2.1 ПК-9.1.1 ПК-9.2.1
Раздел 2. Ферментативный катализ. Молекулярная рецепция. *Лек№3–4, Пр№3–4, Ср№3–4*	**Ферментативная кинетика. Закон действующих масс при моделировании биохимических реакций. Математическая модель ферментативной реакции. Теория**	ПК-8.1.1 ПК-8.2.1 ПК-9.1.1 ПК-9.2.1

	Михаэлиса-Ментен. (Лек№3, 2 ч) **Методы моделирования лиганд-рецепторного и лиганд-ферментного взаимодействия. Молекулярный докинг. (Лек№4, 2 ч)** – Молекулярный докинг биологически активных веществ с рецепторами и ферментами. (Пр№3, 4 ч) – Моделирование лиганд-рецепторного взаимодействия методом молекулярной динамики (Пр№4, 4 ч) – Изучить тему занятия: Молекулярный докинг биологически активных веществ с рецепторами и ферментами (Ср№3, 2 ч) – Изучить тему занятия: Моделирование лиганд-рецепторного взаимодействия методом молекулярной динамики (Ср№4, 2 ч)	
Раздел 3. Мембранный транспорт. Математическая модель клетки. *Лек№5–6, Пр№5–6, Ср№5–6*	**Молекулярные механизмы проведения и усиления рецепторного сигнала (Лек№5, 2 ч)** **Механизмы мембранного транспорта: пассивная диффузия, облегченная диффузия, активный транспорт, транслокация групп. (Лек№6, 2 ч)** – Моделирование клеточной мембраны (Пр№5, 4 ч) – Моделирование проведения и усиления рецепторного сигнала (Пр№6, 4 ч) – Изучить тему занятия: Моделирование клеточной мембраны (Ср№5, 2 ч) – Изучить тему занятия: Моделирование проведения и усиления рецепторного сигнала (Ср№6, 2 ч)	ПК-8.1.1 ПК-8.2.1 ПК-9.1.1 ПК-9.2.1
Раздел 4. Моделирование клеточных процессов. Математическое моделирование в эпидемиологии. *Лек№7–8, Пр№7–9, Ср№7–8*	**Клеточный цикл. Фазы роста клеточных культур. Ингибирование и активация клеточного роста. Остановка роста, апоптоз и гибель клеток. (Лек№7, 2 ч)** **Математическое моделирование эпидемий. Конструирование эпидемиологических моделей. (Лек№8, 2 ч)** – Определение кинетических параметров роста клеточной популяции (Пр№7, 4 ч) – Математическое моделирование эпидемий (Пр№8, 4 ч) – ЗАЧЕТНОЕ ЗАНЯТИЕ (Пр№9, 2 ч) – Изучить тему занятия: Определение кинетических параметров роста клеточной популяции (Ср№7, 3 ч) – Изучить тему занятия: Математическое	ПК-8.1.1 ПК-8.2.1 ПК-9.1.1 ПК-9.2.1

	моделирование эпидемий (СрN№8, 2,8 ч)	

6. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

Очная форма обучения

Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу (в часах)			
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Раздел 1. Молекулярное моделирование биологических систем *Лек№1–2, Пр№1–2, Ср№1–2*	4	-	8	4
Раздел 2. Ферментативный катализ. Молекулярная рецепция. *Лек№3–4, Пр№3–4, Ср№3–4*	4	-	8	4
Раздел 3. Мембранный транспорт. Математическая модель клетки. *Лек№5–6, Пр№5–6, Ср№5–6*	4	-	8	4
Раздел 4. Моделирование клеточных процессов. Математическое моделирование в эпидемиологии. *Лек№7–8, Пр№7–9, Ср№7–8*	4	-	10	5,8
Итого (часов)	**16**	**-**	**34**	**17,8**
Форма контроля	Зачет			

7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубленное изучение разделов и тем рабочей программы и предполагает изучение литературных источников, выполнение домашних заданий и проведение исследований разного характера. Работа основывается на анализе литературных источников и материалов, публикуемых в интернете, а также реальных речевых и языковых фактов, личных наблюдений. Также самостоятельная работа включает подготовку и анализ материалов по темам пропущенных занятий.

Самостоятельная работа по дисциплине включает следующие виды деятельности:

– работа с лекционным материалом, предусматривающая проработку конспекта лекций и учебной литературы;

– поиск (подбор) и обзор литературы, электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса, написание доклада, исследовательской работы по заданной проблеме;

– выполнение задания по пропущенной или плохо усвоенной теме;

– самостоятельный поиск информации в Интернете и других источниках;

– выполнение домашней контрольной работы (решение заданий, выполнение упражнений);

– изучение материала, вынесенного на самостоятельную проработку (отдельные темы, параграфы);

– написание рефератов;

– подготовка к тестированию;

– подготовка к практическим занятиям;

– подготовка к зачету;

Задания для самостоятельной работы

1. СрМ№1 (2 часа). Определение порядка и константы скорости химической реакции.
2. СрМ№2 (2 часа). Температурная зависимость скорости реакции. Правило Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса.
3. СрМ№3 (2 часа). Кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса–Ментен. Определение Km и Vmax.
4. СрМ№4 (2 часа). Типы ферментативного катализа. Ингибирование ферментативных реакций.
5. СрМ№5 (2 часа). Кинетика лиганд-рецепторного взаимодействия. Построение графика Скэтчарда.
6. СрМ№6 (2 часа). Кооперативное связывание лиганда с рецептором. Уравнение Хилла.
7. СрМ№7 (3 часа). Кинетика роста клеточных популяций. Уравнение Моно.
8. СрМ№8 (2,8 часа). Математические модели эпидемий. Модель SIR.

Тематика рефератов

1. История развития математического моделирования в биологии и медицине.
2. Вклад отечественных учёных в развитие математических методов в биологии.
3. Химическая кинетика как основа математического моделирования биохимических процессов.
4. Ферментативный катализ и математическое описание ферментативных реакций.
5. Теория Михаэлиса–Ментен и её развитие: отклонения от михаэлисовской кинетики.
6. Модели лиганд-рецепторного взаимодействия. Уравнение Скэтчарда и кооперативность.
7. Модели мембранного транспорта веществ.
8. Кинетика роста клеточных популяций. Уравнение Моно и его применение.
9. Математические модели клеточного цикла и апоптоза.
10. Модели взаимодействия популяций «хищник–жертва» (модель Лотки–Вольтерра).
11. Компартментные модели в фармакокинетике.
12. Математическое моделирование распространения инфекционных заболеваний. Модель SIR и её обобщения.
13. Роль теломер и теломеразы в клеточном старении.
14. Гемолиз эритроцитов как модельное явление для изучения мембранного транспорта.
15. Полиферментные системы и сопряжённые реакции.
16. Ингибирование и инактивация ферментов в биологических системах.
17. Проточные культуры (хемостат) как модель для изучения роста микроорганизмов.
18. Применение математического моделирования при анализе биокинетических процессов.

Критерии оценивания выполнения реферата

Оценка	Критерии
Отлично	полностью раскрыта тема реферата; указаны точные названия и определения; правильно сформулированы понятия и категории; проанализированы и сделаны собственные выводы по выбранной теме; использовалась дополнительная литература и иные материалы и др.;
Хорошо	недостаточно полное, раскрытие темы; несущественные ошибки в определении понятий и категорий и т. п., кардинально не меняющих суть изложения; использование устаревшей литературы и других источников;

Удовлетворительно	реферат отражает общее направление изложения лекционного материала и материала современных учебников; наличие достаточного количества несущественных или одной-двух существенных ошибок в определении понятий и категорий и т. п.; использование устаревшей литературы и других источников; неспособность осветить проблематику дисциплины и др.;
Неудовлетворительно	тема реферата не раскрыта; большое количество существенных ошибок; отсутствие умений и навыков, обозначенных выше в качестве критериев выставления положительных оценок и др.

Перечень практических навыков и умений самостоятельная работа

1. Рассчитайте начальную скорость реакции второго порядка A + B → C при k = 3 л/(моль·мин), [A] = 0,05 М, [B] = 0,1 М.
2. Определите время удвоения популяции клеток, если удельная скорость роста μ = 0,08 $ч^{-1}$.
3. Вычислите скорость ферментативной реакции по уравнению Михаэлиса-Ментен при Vmax = 40 мкмоль/(мл·мин), Km = 1,5 мМ, [S] = 3 мМ.
4. Рассчитайте плотность потока вещества по закону Фика при D = $2·10^{-9}$ $м^2/с$, ΔC = 0,8 $моль/м^3$, d = 100 мкм.
5. Найдите максимальную скорость ферментативной реакции, если v = 20 мкмоль/(мл·мин) при [S] = 2Km.
6. Определите удельную скорость роста популяции с временем удвоения 12 ч.
7. Вычислите базовое число воспроизводства R0 в модели SIR при β = 0,04 $ч^{-1}$ и γ = 0,02 $ч^{-1}$.
8. Определите долю невосприимчивых, необходимую для погасания эпидемии при R0 = 5.
9. Рассчитайте степень насыщения рецепторов (долю занятых рецепторов) при концентрации лиганда, равной 3Kd.
10. Определите, во сколько раз изменится начальная скорость ферментативной реакции при увеличении концентрации субстрата с 0,5Km до 4Km.
11. Сколько времени необходимо для снижения числа инфицированных вдвое в модели SIR при γ = 0,05 $ч^{-1}$?
12. Вычислите коэффициент диффузии, если J = 0,02 ммоль/($м^2$·с), ΔC = 0,5 $моль/м^3$, d = 50 мкм.
13. Рассчитайте равновесную концентрацию лиганд-рецепторных комплексов, если R0 = 80 пМ, Kd = 4 нМ, [L] = 20 нМ.
14. Определите константу диссоциации Kd лиганда по тангенсу наклона прямой Скэтчарда, равному 0,25 $нМ^{-1}$.

Критерии оценивания практических задач

Форма проведения текущего контроля	Критерии оценивания
Решения практической задачи	«5» (отлично) – выставляется за полное, безошибочное выполнение задания
	«4» (хорошо) –в целом задание выполнено, имеются отдельные неточности или недостаточно полные ответы, не содержащие ошибок.
	«3» (удовлетворительно) – допущены отдельные ошибки при выполнении задания.
	«2» (неудовлетворительно) – отсутствуют ответы на большинство вопросов задачи, задание не выполнено или выполнено не верно.

Типовые практические задания для самостоятельной работы

Задача № 1

Реакция разложения лекарственного вещества протекает по первому порядку. Начальная концентрация вещества C0 = 0,8 моль/л, через 30 мин она составила 0,2 моль/л. Рассчитайте константу скорости реакции и время полупревращения.

Эталон ответа.

Используем уравнение первого порядка: $k = (1/t)\cdot\ln(C0/Ct) = (1/30)\cdot\ln(0,8/0,2) = (1/30)\cdot\ln4 = 1,386/30 = 0,0462$ мин$^{-1}$. Время полупревращения $t1/2 = \ln2/k = 0,693/0,0462 = 15$ мин.

Задача № 2

Время полупревращения реакции первого порядка составляет 8 ч. Какая доля исходного вещества останется через 24 ч?

Эталон ответа.

За 24 ч проходит три периода полупревращения (24/8 = 3). После каждого периода остаётся половина вещества: $C/C0 = (1/2)^3 = 1/8 = 0,125$, то есть останется 12,5 % исходного вещества.

Задача № 3

Реакция второго порядка протекает при равных начальных концентрациях исходных веществ C0 = 0,1 моль/л с константой скорости k = 0,5 л/(моль·мин). Определите время полупревращения.

Эталон ответа.

Для реакции второго порядка при равных начальных концентрациях $t1/2 = 1/(k\cdot C0) = 1/(0,5\cdot0,1) = 1/0,05 = 20$ мин.

Задача № 4

Температурный коэффициент скорости реакции равен 2,5. На сколько градусов нужно повысить температуру, чтобы скорость реакции возросла в 6,25 раза?

Эталон ответа.

По правилу Вант-Гоффа $v2/v1 = \gamma^n$, где n – число десятков градусов. $2,5^n = 6,25$, так как $2,5^2 = 6,25$, следовательно n = 2, то есть температуру нужно повысить на 20 градусов.

Задача № 5

Максимальная скорость ферментативной реакции Wm = 120 мкмоль/(л·мин), константа Михаэлиса Km = 5 мМ. Рассчитайте стационарную скорость реакции при концентрации субстрата [S] = 15 мМ.

Эталон ответа.

По уравнению Михаэлиса $v = Wm\cdot[S]/(Km + [S]) = 120\cdot15/(5 + 15) = 1800/20 = 90$ мкмоль/(л·мин).

Задача № 6

Реакция второго порядка A + B → продукты протекает при различных начальных концентрациях: a = 1,0 моль, b = 0,8 моль. К моменту времени t = 50 мин прореагировало x = 0,4 моль вещества. Рассчитайте константу скорости.

Эталон ответа.

Для различных начальных концентраций $k = 1/(t(a - b))\cdot\ln[b(a - x)/(a(b - x))] = 1/(50\cdot(1,0 - 0,8))\cdot\ln[0,8\cdot(1,0 - 0,4)/(1,0\cdot(0,8 - 0,4))] = 0,1\cdot\ln(0,48/0,4) = 0,1\cdot\ln1,2 = 0,1\cdot0,182 = 0,0182$ л/(моль·мин).

Задача № 7

Клеточная культура растёт на лимитирующем субстрате с концентрацией S = 0,4 г/л. Максимальная удельная скорость роста μmax = 0,5 ч$^{-1}$, константа насыщения Ks = 0,1 г/л. Определите удельную скорость роста по уравнению Моно и время удвоения популяции.

Эталон ответа.

$\mu = \mu max\cdot S/(Ks + S) = 0,5\cdot0,4/(0,1 + 0,4) = 0,2/0,5 = 0,4$ ч$^{-1}$. Время удвоения $tд = \ln2/\mu =$

0,693/0,4 = 1,73 ч.

Задача № 8

Удельная скорость роста клеточной популяции равна 0,35 $ч^{-1}$. Рассчитайте время удвоения популяции.

Эталон ответа.

$t_д = \ln 2/\mu = 0{,}693/0{,}35 = 1{,}98$ ч, то есть примерно 2 ч.

Задача № 9

При изучении связывания лиганда с рецепторами методом Скэтчарда получена прямая, пересекающая ось абсцисс в точке 80 пМ, а тангенс угла её наклона равен 0,25 $нМ^{-1}$. Определите концентрацию рецепторов, константу диссоциации и константу ассоциации.

Эталон ответа.

Пересечение оси абсцисс равно начальной концентрации рецепторов R0 = 80 пМ. Тангенс угла наклона равен 1/Kd, поэтому Kd = 1/0,25 = 4 нМ. Константа ассоциации Ka = 1/Kd = 0,25 $нМ^{-1}$.

Задача № 10

Константа скорости разложения вещества при комнатной температуре равна 0,02 $сут^{-1}$ (реакция первого порядка). Какая доля вещества останется через 60 сут?

Эталон ответа.

Из уравнения первого порядка $\ln(C0/Ct) = k \cdot t = 0{,}02 \cdot 60 = 1{,}2$, откуда Ct/C0 = e^(–1,2) = 0,30, то есть останется около 30 % вещества.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ЭЛЕКТРОННО-БИБЛИОТЕЧНАЯ СИСТЕМА

1. Орехов С.Н. Фармацевтическая биотехнология: учеб.пособие. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www:studmedlib.ru. М.: ГЭОТАР–Медиа, 2013.
2. Орехов С.Н. /под ред. В.А. Быкова, А.В. Катлинского. Фармацевтическая биотехнология. Руководство к практическим занятиям: учеб.пособие. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www:studmedlib.ru. М.: ГЭОТАР–Медиа, 2009.

8.2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

КНИЖНЫЙ ВАРИАНТ

1. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика: практический курс: учебное пособие для вузов. М.: ФАИР-ПРЕСС: ГРАНД, 1999.
2. Комов В.П., Шведова В.Н. Биохимия: учебник для вузов. М.: Дрофа, 2004.

8.3 ЛИЦЕНЗИОННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Microsoft Office 365. Договор с ООО СТК «ВЕРШИНА» №27122016-1 от 27 декабря 2016 г.
2. Kaspersky Endpoint Security Russian Edition. 100149 Educational Renewal License 1FB6161121102233870682. 100 лицензий.
3. Office Standard 2016. 200 лицензий OPEN 96197565ZZE1712.
4. Microsoft Open License :66237142 OPEN 96197565ZZE1712. 2017
5. Microsoft Open License : 66432164 OPEN 96439360ZZE1802. 2018.
6. Microsoft Open License : 68169617 OPEN 98108543ZZE1903. 2019.
7. Операционные системы OEM, OS Windows XP; OS Windows 7; OS Windows 8; OS Windows 10. На каждом системном блоке и/или моноблоке и/или ноутбуке. Номер лицензии скопирован в ПЗУ аппаратного средства и/или содержится в наклеенном на устройство стикере с голографической защитой.
8. Система автоматизации управления учебным процессом ООО «Лаборатория ММИС»

9. Доступ к личному кабинету в системе «4Portfolio». Договор № В-21.03/2017 203 от 29 марта 2017
10. Доступ к личному кабинету в системе «ЭИОС»
11. Система электронного тестирования VeralTest Professional 2.7. Акт предоставления прав № ИТ178496 от 14.10.2015 (бессрочно)
12. ПО Unipro UGENE разрешение на использование от 29.05.15
13. Химическая программа HyperChem 8.09. ID24369. Академ. лиц.

8.4 СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1. http://bibl.volgmed.ru/MegaPro/Web – ЭБС ВолгГМУ (база данных изданий, созданных НПР и НС ВолгГМУ) (профессиональная база данных)
2. https://e.lanbook.com – сетевая электронная библиотека (СЭБ) (база данных на платформе ЭБС «Издательство Лань») (профессиональная база данных)
3. https://www.books-up.ru – Большая медицинская библиотека (база данных на платформе электронно-библиотечной системы ЭБС Букап) (профессиональная база данных)
4. https://www.rosmedlib.ru/ – Консультант врача. Электронная медицинская библиотека (база данных профессиональной информации по широкому спектру врачебных специальностей) (профессиональная база данных)
5. http://www.studentlibrary.ru/ – электронная библиотечная система «Консультант студента» (многопрофильная база данных) (профессиональная база данных)
6. https://speclit.profy-lib.ru – электронно-библиотечная система Спецлит (база данных с широким спектром учебной и научной литературы) (профессиональная база данных)
7. https://urait.ru/ – образовательная платформа Юрайт (электронно-образовательная система с сервисами для эффективного обучения) (профессиональная база данных)
8. http://dlib.eastview.com – универсальная база электронных периодических изданий (профессиональная база данных)
9. http://elibrary.ru – электронная база электронных версий периодических изданий (профессиональная база данных)
10. https://journals.eco-vector.com/index/search/category/784/ – электронные версии периодических изданий на платформе Эко-вектор (профессиональная база данных)
11. http://www.consultant.ru/ – справочно-правовая система «Консультант-Плюс» (профессиональная база данных)
12. https://grebennikon.ru – электронная библиотека Издательского дома «Гребенников» (материалы по отраслям экономики и социологии) (профессиональная база данных)
13. https://eduport-global.com/catalog/show/MedicalScience/8 – электронная библиотека англоязычной медицинской литературы (профессиональная база данных)
14. http://www.consultant.ru/ - КонсультантПлюс. Инсталлированная база данных на сервер университета.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебной аудитории для проведения учебных занятий	Оснащение учебной аудитории
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Комплект учебной мебели, меловая доска, мультимедийный проектор, экран проекционный, компьютер с доступом в сеть «Интернет», лицензионное программное обеспечение общего назначения

Учебная аудитория для проведения практических занятий	Комплект учебной мебели, меловая доска, мультимедийный проектор, экран проекционный, компьютер с доступом в сеть «Интернет», лицензионное программное обеспечение для решения задач математического моделирования биологических и биохимических процессов
Учебная аудитория для самостоятельной работы	Комплект учебной мебели, компьютеры с выходом в сеть «Интернет», с доступом к электронной информационно-образовательной среде, лицензионное программное обеспечение общего и прикладного назначения

10. ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ ОБУЧАЮЩИМИСЯ-ИНВАЛИДАМИ И ЛИЦАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ (ПРИ НАЛИЧИИ)

Особые условия обучения и направления работы с инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья (далее обучающихся с ограниченными возможностями здоровья) определены на основании:

– Закона РФ от 29.12.2012г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;

– Закона РФ от 24.11.1995г. № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации»;

– Приказа Минобрнауки России от 06.04.2021 N 245 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;

– методических рекомендаций по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утв. Минобрнауки России 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Под специальными условиями для получения образования обучающихся с ограниченными возможностями здоровья понимаются условия обучения, воспитания и развития таких обучающихся, включающие в себя использование адаптированных образовательных программ и методов обучения и воспитания, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий, обеспечение доступа в здания вуза и другие условия, без которых невозможно или затруднено освоение образовательных программ обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

В целях доступности изучения дисциплины инвалидами и обучающимися с ограниченными возможностями здоровья организацией обеспечивается:

1. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:

- наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети «Интернет» для слабовидящих:

- размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме (с учетом их особых потребностей) справочной информации (информация должна быть выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом (на белом или желтом фоне) и продублирована шрифтом Брайля);
- присутствие ассистента. оказывающего обучающемуся необходимую помощь:
- обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
- обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-поводыря. к зданию организации;

2. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

4.1 дублирование звуковой справочной информации визуальной (установка мониторов с возможностью трансляции субтитров (мониторы, их размеры и количество необходимо определять с учетом размеров помещения);

4.2 обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации:

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата. Материально- технические условия обеспечивают возможность беспрепятственного доступа обучающихся в помещения организации, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров: наличие специальных кресел и
других приспособлений).

Обучение лиц организовано как инклюзивно, так и в отдельных группах.

11. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

11.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП прямо связаны с местом дисциплины в профессиональной образовательной программе, формами организации образовательного процесса, видами контроля, применяемыми при изучении дисциплины.

Оценочные материалы включают в себя контрольные задания и (или) вопросы, которые могут быть предложены обучающемуся в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине. Указанные планируемые задания и (или) вопросы позволяют оценить достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине, установленных в соответствующей рабочей программе дисциплины, а также сформированность компетенций, установленных в соответствующей общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

На этапе текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине показателями оценивания уровня сформированности компетенций являются результаты устных и письменных опросов, написание рефератов, выполнение практических заданий, решения тестовых заданий.

Итоговая оценка сформированности компетенций определяется по итогам промежуточной аттестации (зачета) по дисциплине.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели оценивания	Критерии оценивания компетенций	Шкала оценивания

Понимание смысла компетенции	Имеет базовые общие знания в рамках диапазона выделенных задач Понимает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах области исследования. В большинстве случаев способен выявить достоверные источники информации, обработать, анализировать информацию. Имеет фактические и теоретические знания в пределах области исследования с пониманием границ применимости	Минимальный уровень Базовый уровень Высокий уровень
Освоение компетенции в рамках изучения дисциплины	Наличие основных умений, требуемых для выполнения простых задач. Способен применять только типичные, наиболее часто встречающиеся приемы по конкретной сформулированной (выделенной) задаче Имеет диапазон практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования. В большинстве случаев способен выявить достоверные источники информации, обработать, анализировать информацию. Имеет широкий диапазон практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем. Способен выявлять проблемы и умеет находить способы решения, применяя современные методы и технологии.	Минимальный уровень Базовый уровень Высокий уровень
Способность применять на практике знания, полученные в ходе изучения дисциплины	Способен работать при прямом наблюдении. Способен применять теоретические знания к решению конкретных задач. Может взять на себя ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем. Затрудняется в решении сложных, неординарных проблем, не выделяет типичных ошибок и возможных сложностей при решении той или иной проблемы Способен контролировать работу, проводить оценку, совершенствовать действия работы. Умеет выбрать эффективный прием решения задач по возникающим проблемам.	Минимальный уровень Базовый уровень Высокий уровень

Критерии оценки при текущем и промежуточном контроле

ХАРАКТЕРИСТИКА ОТВЕТА	**Оценка ECTS**	**Баллы в БРС**	**Уровень сформированности компетентности по дисциплине**	**Оценка**
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана	A	100-96	ВЫСОКИЙ	5 (отлично)

совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Знание об объекте демонстрируется на фоне понимания его в системе данной науки и междисциплинарных связей. Ответ формулируется в терминах науки, изложен литературным языком, логичен, доказателен, демонстрирует авторскую позициюстудента. В полной мере овладел компетенциями.				
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные доказателен, демонстрирует авторскую позицию студента. В полной мере овладел компетенциями.	B	95-91	ВЫСОКИЙ	5 (отлично)
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Ответ изложен литературным языком в терминах науки. В ответе допущены недочеты, исправленные студентом с помощью преподавателя. В полной мере овладел компетенциями.	C	90-86	СРЕДНИЙ	4(хорошо)
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен литературным языком в терминах науки. Могут быть допущены недочеты или незначительные ошибки, исправленные студентом с помощью преподавателя. В полной мере овладел компетенциями.	D	85-81	СРЕДНИЙ	4(хорошо)
Дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показано умение	E	80-76	СРЕДНИЙ	4(хорошо)

выделить существенные и несущественные признаки, причинно-следственные связи. Ответ четко структурирован, логичен, изложен в терминах науки. Однако допущены незначительные ошибки или недочеты, исправленные студентом спомощью «наводящих» вопросов преподавателя. В полной мере овладел компетенциями.				
Дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложенв терминах науки. Могут быть допущены 1-2 ошибки в определении основных понятий, которыестудент затрудняется исправить самостоятельно. Достаточный уровень освоения компетенциями	F	75-71	НИЗКИЙ	З(удовлетво-рительно)
Дан недостаточно полный и недостаточно развернутый ответ. Логика и последовательность изложения имеют нарушения. Допущены ошибки в раскрытии понятий, употреблении терминов. Студент не способен самостоятельно выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Студент может конкретизировать обобщенные знания, доказав на примерах их основные положения только с помощьюпреподавателя. Речевое оформление требует поправок,коррекции. Достаточный уровень освоения компетенциями	G	70-66	НИЗКИЙ	З(удовлетво-рительно)
Дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя приводят к коррекции	H	61-65	КРАЙНЕ НИЗКИЙ	З(удовлетво-рительно)

ответа студента на поставленный вопрос. Обобщенных знаний не показано. Речевое оформление требует поправок, коррекции. Достаточный уровень освоения компетенциями				
Не получены ответы по базовым вопросам дисциплины или дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связь данного понятия, теории, явления с другими объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины. Компетенции не сформированы	I	60-0	НЕ СФОРМИРОВАНА	2

11. 2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

ПК-8 Способен к выполнению фундаментальных научных биомедицинских исследований

ПК-8.1.1 Знает теоретические и практические основы фундаментальных наук; методологические принципы изучения живых систем; принципы теории и практики планирования медико-биологического эксперимента, его технического и математического обеспечения.

ПК-8.2.1 Умеет использовать современные медико-биологические методы фундаментальных научных исследований; применять методы математического анализа и статистической обработки результатов наблюдений; интерпретировать результаты научных фундаментальных исследований в области медицины и биологии.

ПК-9 Способен к выполнению прикладных и поисковых научных биомедицинских исследований и разработок

ПК-9.1.1 Знает теоретические и методические основы фундаментальных и медико-биологических наук, клинических и прикладных дисциплин.

ПК-9.2.1 Умеет выполнять прикладные и поисковые научные исследования и разработки, направленные на улучшение диагностики заболеваний человека, скрининг, мониторинг заболеваний, оценку эффективности лечения.

Сформированы:

знания

Результаты обучения
Знает базовые понятия математического моделирования; особенности кинетики

Результаты обучения
биологических систем; основные подходы к созданию моделей сложных биологических систем и процессов; Знает влияние различных факторов на скорость ферментативных реакций, способы обработки данных в кинетическом эксперименте, механизм лиганд-рецепторного взаимодействия; Знает кинетику роста и отмирания клеточной популяции, утилизации субстрата и биосинтеза продукта, основные ресурсы и принципы поиска информации в области математического моделирования.

умения.

Результаты обучения
Умеет адекватно ставить задачи исследования сложных объектов на основе экспериментальных моделей, осуществлять формализацию и алгоритмизацию функционирования исследуемой системы; Умеет выбирать класс модели, методы исследования моделей и оптимизировать их структуру в зависимости от поставленной задачи, свойств моделируемого объекта и условий проведения эксперимента; Умеет формулировать биологическую задачу в терминах математики и/или информатики, сотрудничать с математиками и программистами при разработке компьютерных средств для решения биологических задач, качественно и количественно оценивать статистическую значимость получаемых результатов.

Профессиональные навыки, владения

Результаты обучения
Владеет навыками выбора экспериментальной модели для конкретной задачи построения и исследования биологических моделей, работы с компьютерными программами построения фазовых и динамических портретов биологических систем; Владеет навыками планирования эксперимента по молекулярному моделированию и работы с современным программным обеспечением для проведения молекулярного моделирования; Владеет компьютерными методиками обработки данных с целью определения кинетических параметров процессов в клеточных популяциях.

Контрольные вопросы по темам дисциплины для текущего контроля

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Контрольные вопросы
1	1	Классификация методов компьютерной химии. Перечислите этапы построения компьютерной модели молекулы. Что такое оптимизация геометрии молекулы? Перечислите программы, применяемые для моделирования молекулярных систем Метод молекулярных орбиталей Метод молекулярной механики Полуэмпирические методы
2	1	Этапы моделирования молекулярной динамики. Алгоритмы термостатирования Алгоритмы баростатирования Граничные условия в молекулярной динамике Шаг моделирования в молекулярной динамике
3	2	Что такое скорость химической реакции? Единица измерения скорости химической реакции?

		Какие домены существуют в молекулах ферментов и рецепторов? Опишитие принцип индуцированного соответствия Какие типы химических связей образуются между лигандом и рецептором (ферментом) Какие программы используются для молекулярного докинга Виды молекулярного докинга
4	2	От каких факторов зависит скорость ферментативной реакции? Какие силовые поля используются для моделирования биологических макромолекул методом молекулярной динамики? Этапы моделирования лиганд-рецепторного взаимодействия
5	3	Пассивный транспорт (диффузия). Закон Фика. Активный транспорт Электрохимический градиент Примеры белков встроенных в цитоплазматическую мембрану Этапы сборки модели фосфолипидной мембраны
6	3	Опишите принцип G-протеин ассоциированной рецепции Опишите принцип работы рецепторов - ионных каналов Опишите принцип работы рецепторов-ферментов
7	4	Кривая роста клеточной популяции Уравнение Моно Хемостатный способ культивирования Турбидостатный способ культивирования Синхронная культура
8	4	Опишите математическую модель SIR Что такое компартментная модель?

1. Закон действующих масс и константа скорости химической реакции.
2. Порядок и молекулярность химической реакции. Реакции первого и второго порядков.
3. Зависимость скорости реакции от температуры. Правило Вант-Гоффа, уравнение Аррениуса.
4. Энергия активации химических и биохимических реакций.
5. Особенности кинетики ферментативных реакций. Основные этапы.
6. Уравнение Михаэлиса–Ментен: вывод, график зависимости v от [S], физический смысл Km и Vmax.
7. Способы определения кинетических параметров ферментативной реакции.
8. Типы ферментативного катализа.
9. Ингибирование ферментативных реакций: обратимое и необратимое, конкурентное и неконкурентное.
10. Кинетика роста клеточных популяций. Уравнение Моно.
11. Лиганд-рецепторное взаимодействие. Схема взаимодействия, константы скорости.
12. Уравнение Скэтчарда: вывод, график, определение R0 и Kd.
13. Кооперативное связывание лиганда с рецептором. Уравнение Хилла.
14. Модели мембранного транспорта: пассивный и активный транспорт.
15. Модель роста популяций «хищник–жертва» Лотки–Вольтерра.
16. Математическое моделирование инфекционных заболеваний. Модель SIR.

Типовые практические задания для подготовки к зачету

№ задания	Проверяемая компетенция (индикатор достижения компетенции)	Содержание вопроса	Эталон ответа
ЗАДАНИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ.			

Пятигорский медико-фармацевтический институт – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Инструкция к выполнению: **1. Внимательно прочитайте текст задания и поймите, что в качестве ответа ожидаются пары элементов.** **2. Прочитайте оба списка.** **3. Сопоставьте элементы списка 1 с элементами списка 2, сформируйте пары элементов.** **4. Запишите попарно буквы и цифры вариантов ответа (например, А1 или Б4)**			
1.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Установите соответствие между понятиями химической кинетики и их определениями:	
		1. Скорость химической реакции 2. Константа скорости реакции 3. Порядок реакции 4. Молекулярность реакции А. Показатель степени при концентрации вещества в кинетическом уравнении Б. Число молекул или других частиц, одновременно участвующих в одном элементарном акте В. Изменение концентрации реагирующего вещества в единицу времени Г. Коэффициент пропорциональности в уравнении закона действующих масс	1В 2Г 3А 4Б
2.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Установите соответствие между типами ферментативного катализа и их характеристиками:	
		1. Катализ сближением 2. Ковалентный нуклеофильный катализ 3. Ковалентный электрофильный катализ 4. Общий кислотно-основный катализ А. Участие групп –OH (серин, тирозин), –SH (цистеин), –COOH, –NH2, имидазола Б. Стабилизация образующихся отрицательных зарядов ионами металлов, пиридоксальфосфатом, тиаминпирофосфатом В. Локальное увеличение концентрации реагирующих молекул на активном центре фермента Г. Катализ ионами водорода или основаниями	1В 2А 3Б 4Г

3.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Установите соответствие между классом ферментов и образующимся ковалентным фермент-субстратным соединением:	
		1. Химотрипсин, трипсин, эстеразы, субтилизин, тромбин, эластаза 2. Папаин, фицин, глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназа 3. Щелочная фосфатаза, фосфоглюкомутаза 4. Альдолаза, декарбоксилазы и пиридоксалевые ферменты А. Ацилцистеин Б. Основание Шиффа В. Ацилсерин Г. Фосфосерин	1В 2А 3Г 4Б
4.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Установите соответствие между типом рецепторов и механизмом их сопряжения с клеточным ответом:	
		1. Рецепторы-ионные каналы 2. Рецепторы, сопряжённые с ферментами 3. Рецепторы, сопряжённые с G-белками 4. Рецепторы к глюкокортикоидам А. Расположены непосредственно в цитоплазме клетки Б. Одна из глобул белка-рецептора обладает каталитической активностью В. В неактивном состоянии рецептора ионный канал закрыт Г. Сопряжение осуществляет ГТФ-связывающий белок	1В 2Б 3Г 4А
5.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Установите соответствие между фазами роста клеточной культуры и их характеристиками:	
		1. Индукционный период (лаг-фаза) 2. Фаза экспоненциального роста 3. Стационарная фаза 4. Фаза отмирания культуры А. Адаптация клеток к среде и перестройка их метаболизма Б. Число клеток перестаёт расти, достигается предел накопления биомассы	1А 2В 3Б 4Г

		В. Много митозов, логарифмическое нарастание числа клеток Г. Снижение числа жизнеспособных клеток в популяции	
6.	ПК-8.2.1 ПК-9.2.1	Установите соответствие между видами мембранного транспорта и их характеристиками:	
		1. Пассивная диффузия 2. Облегчённая диффузия 3. Активный транспорт 4. Транслокация групп А. Перенос против градиента с затратой энергии Б. Перенос по градиенту химического или электрохимического потенциала В. Обратимое взаимодействие с переносчиком по градиенту концентрации Г. Перенос с химическим изменением вещества переносчиком-ферментом	1Б 2В 3А 4Г
7.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Установите соответствие между компартментами моделей эпидемий и их обозначением:	
		1. S (susceptible) 2. E (exposed) 3. I (infected) 4. R (recovered) А. Инфицированные Б. Восприимчивые В. Выздоровевшие Г. Заражённые, находящиеся в инкубационном периоде	1Б 2Г 3А 4В
8.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Установите соответствие между видом взаимодействия нескольких лигандов с рецептором и его описанием:	
		1. Конкурентное взаимодействие 2. Неконкурентное взаимодействие 3. Бесконкурентное взаимодействие 4. Химический антагонизм А. Лиганды связываются с различными местами связывания одного и того же рецептора Б. Лиганд второго типа связывается	1В 2А 3Б 4Г

		не с рецептором, а с комплексом, образованным лигандом первого типа В. Несколько лигандов связываются с одним и тем же местом связывания на рецепторе Г. Концентрация добавленных лигандов уменьшается за счёт химической реакции между ними	
ЗАДАНИЕ ЗАКРЫТОГО ТИПА НА УСТАНОВЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ **Инструкция к выполнению:** **1 Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов.** **2 Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.** **3 Построить верную последовательность из предложенных элементов.** **4 Записать буквы / цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа в нужной последовательности без пробелов и знаков препинания (например, БВА или 135)**			
9.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Установите правильную последовательность стадий ферментативной реакции по схеме Михаэлиса-Ментен: 1. Выход продукта реакции и освобождение активного центра фермента 2. Фермент-субстратные превращения в комплексе 3. Образование фермент-субстратного комплекса 4. Связывание новой молекулы субстрата активным центром	3214
10.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Установите правильную последовательность фаз роста клеточной культуры: 1. Фаза отмирания культуры 2. Индукционный период (лаг-фаза) 3. Стационарная фаза 4. Фаза экспоненциального роста 5. Фаза замедления роста 6. Фаза линейного роста	246531
11.	ПК-8.2.1 ПК-9.2.1	Установите правильную последовательность стадий гемолиза эритроцита в изотоническом растворе хлорида аммония: 1. Растяжение сферической клетки со спонтанным разрывом мембраны 2. Быстрое увеличение начального объёма клетки (релаксация в новой среде)	231

		3. Медленное дальнейшее увеличение объёма до сферы	
12.	ПК-8.2.1 ПК-9.2.1	Установите правильную последовательность этапов кинетического эксперимента и обработки его данных: 1. Определение зависимости концентрации вещества от концентраций реагирующих веществ 2. Измерение концентрации исследуемого вещества во времени 3. Определение зависимости концентрации вещества от температуры реакции 4. Задание параметров эксперимента (начальные концентрации, температура, pH)	4213
13.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Установите правильную последовательность этапов передачи сигнала G-белок-сопряжённым рецептором: 1. Образование вторичного мессенджера (цАМФ) 2. Связывание лиганда с рецептором 3. Развитие специфического клеточного ответа 4. Активация G-белка и связывание ГТФ альфа-субъединицей	2413
14.	ПК-8.2.1 ПК-9.2.1	Установите правильную последовательность определения параметров Wm и Km методом двойных обратных координат: 1. Определение Km по отрезку, отсекаемому на оси абсцисс 2. Измерение начальной стационарной скорости при различных концентрациях субстрата 3. Определение Wm по отрезку, отсекаемому на оси ординат 4. Построение графика зависимости 1/v от 1/[S]	2431

ЗАДАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА С ВЫБОРОМ ОДНОГО ВЕРНОГО ОТВЕТА ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ И ОБОСНОВАНИЕМ ВЫБОРА

Инструкция к выполнению:

1Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов.

2 Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.

3 Выбрать один ответ, наиболее верный. **4 Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа.** **5 Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа**			
15.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Термин «биокинетика» был введён: 1. И.В. Березиным и С.Д. Варфоломеевым 2. К.М. Гульдбергом и П. Вааге 3. Л. Хейфликом 4. А. Хиллом	1. И.В. Березиным и С.Д. Варфоломеевым
16.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Время полупревращения реакции первого порядка равно: 1. 1/(k·C0) 2. ln2/k, или приближённо 0,693/k 3. 1/(k·(a – b)) 4. k/C0	2. ln2/k, или приближённо 0,693/k
17.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Время полупревращения реакции второго порядка при равных начальных концентрациях исходных веществ: 1. не зависит от начальной концентрации 2. обратно пропорционально начальной концентрации 3. прямо пропорционально начальной концентрации 4. пропорционально квадрату начальной концентрации	2. обратно пропорционально начальной концентрации
18.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Согласно правилу Вант-Гоффа при повышении температуры на 10 градусов скорость реакции увеличивается: 1. в 1,5-2 раза 2. в 2-4 раза 3. в 5-10 раз 4. не изменяется	2. в 2-4 раза
19.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Константа Михаэлиса численно равна концентрации субстрата, при которой: 1. скорость реакции равна максимальной 2. скорость реакции равна половине максимальной 3. скорость реакции вдвое превышает максимальную 4. скорость реакции равна нулю	2. скорость реакции равна половине максимальной
20.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Если в уравнении Моно с учётом ингибирования избытком субстрата коэффициент удовлетворяет условию «меньше единицы», то наблюдается:	2. ингибирование субстратом

		1. активация субстратом 2. ингибирование субстратом 3. ингибирование продуктом жизнедеятельности 4. неосложнённый рост	
21.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Фермент теломераза был открыт: 1. А. Оловниковым в 1971 г. 2. Грейдером и Блэкберном в 1985 г. 3. Л. Хейфликом в 1961 г. 4. А. Вейсманом в 1881 г.	2. Грейдером и Блэкберном в 1985 г.
22.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Лиганды, которые, связываясь с рецепторами, активно вызывают биологический ответ клетки, называются: 1. антагонистами 2. агонистами 3. пермиализаторами 4. вторичными мессенджерами	2. агонистами
23.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Удельная скорость роста клеточной популяции в экспоненциальной фазе описывается уравнением: 1. Михаэлиса-Ментен 2. Моно 3. Нернста 4. Скэтчарда	2. Моно
ЗАДАНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА С ВЫБОРОМ НЕСКОЛЬКИХ ВАРИАНТОВ ОТВЕТА ИЗ ПРЕДЛОЖЕННЫХ И РАЗВЕРНУТЫМ ОБОСНОВАНИЕМ ВЫБОРА **Инструкция к выполнению:** **1 Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается несколько из предложенных вариантов.** **2 Внимательно прочитать предложенные варианты ответа.** **3 Выбрать несколько верных вариантов ответов (2 или 3).** **4 Записать последовательно номера (или буквы) выбранных вариантов без пробелов и знаков препинания (например, 135).** **5.Записать развернутое обоснование выбора**			
24.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1 ПК-8.2.1 ПК-9.2.1	К факторам, ограничивающим рост клеточных популяций, относятся: 1. истощение системы по лимитирующему субстрату 2. появление в популяции клеток, потерявших способность к делению 3. накопление продуктов, являющихся сильными ингибиторами клеточного роста 4. неограниченное увеличение концентрации субстрата в среде	123 Обоснование: неограниченное увеличение концентрации субстрата не ограничивает рост; ограничение роста связано с истощением субстрата, появлением неделящихся клеток и накоплением ингибиторов.
25.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	К нуклеофильным группам ферментов, участвующим в катализе, относятся:	123 Обоснование: пиридоксальфосфат относится к электрофильным

		1. –OH (серин, тирозин) 2. –SH (цистеин) 3. имидазол (гистидин) 4. пиридиновое кольцо пиридоксальфосфата	катализаторам, а не к нуклеофильным группам фермента.
26.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Примерами электрофильных катализаторов являются: 1. ионы металлов 2. пиридоксальфосфат 3. тиаминпирофосфат 4. имидазольное ядро гистидина	123 Обоснование: имидазол гистидина относится к нуклеофильным группам ферментов.
27.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1 ПК-8.2.1 ПК-9.2.1	К пассивному транспорту веществ через мембрану относятся: 1. простая диффузия по градиенту химического или электрохимического потенциала 2. облегчённая диффузия при обратимом взаимодействии с переносчиком 3. активный транспорт против градиента с затратой энергии 4. транслокация групп с химическим изменением вещества	12 Обоснование: активный транспорт и транслокация групп не являются пассивным транспортом, так как идут против градиента или сопровождаются химическим превращением вещества.
28.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Для G-белок-сопряжённых рецепторов характерно: 1. семь раз пронизывают цитоплазматическую мембрану 2. NH2-конец располагается внеклеточно 3. сопряжение с G-белком осуществляют третья внутриклеточная петля и COOH-конец 4. лиганд связывается с гидрофобной частью липидного бислоя	123 Обоснование: у G-белок-сопряжённых рецепторов лиганды обычно связывает вторая внеклеточная петля, а не гидрофобная часть бислоя.
29.	ПК-8.2.1 ПК-9.2.1	Из данных по стационарной кинетике ферментативной реакции определяют: 1. максимальную скорость Wm 2. константу Михаэлиса Km 3. концентрацию активных центров 4. температуру тепловой денатурации фермента	123 Обоснование: температура денатурации не определяется из стационарной кинетики по уравнению Михаэлиса.
30.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	К кинетическим моделям ограничения роста клеточной популяции относятся: 1. прогрессирующая некомпетентность 2. запрограммированный отказ	123 Обоснование: модель «хищник-жертва» описывает взаимодействие двух популяций, а не ограничение роста одной клеточной популяции.

		3. истощение лимитирующего субстрата 4. модель «хищник-жертва»	
31.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	В модель SEIRHCD входят компартменты: 1. госпитализированные (H) 2. в критическом состоянии (C) 3. летальные случаи заболевания (D) 4. вакцинированные (V)	123 Обоснование: компартмент вакцинированных (V) входит в модель SIRV, а не в SEIRHCD.
ЗАДАНИЯ ОТКРЫТОГО ТИПА С КРАТКИМ ОТВЕТОМ (ВСТАВИТЬ ТЕРМИН, СЛОВОСОЧЕТАНИЕ И Т.П., ДОПОЛНИТЬ ПРЕДЛОЖЕНИЕ) **Инструкция к выполнению:** **1. Внимательно прочитайте текст задания и поймите суть вопроса.** **2. Продумайте логику и полноту ответа.** **3. Запишите недостающий термин, словосочетание и т.п. или дополните предложение (при необходимости разделяя ответы знаком «;»)**			
32.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Запишите уравнение для расчёта константы скорости реакции первого порядка.	k = (1/t)·ln(C0/Ct), где C0 – начальная концентрация исходного вещества, Ct – концентрация в момент времени t.
33.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Чему равно время полупревращения реакции первого порядка?	t1/2 = ln2/k, или приближённо 0,693/k; оно не зависит от начальной концентрации.
34.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Запишите уравнение Михаэлиса для стационарной скорости ферментативной реакции.	v = Wm·[S]/(Km + [S]), где Wm – максимальная скорость, Km – константа Михаэлиса, [S] – концентрация субстрата.
35.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Как связаны равновесная константа диссоциации лиганд-рецепторных комплексов и константы скоростей ассоциации и диссоциации?	Kd = k-1/k+1, где k+1 – константа скорости образования, k-1 – константа скорости распада лиганд-рецепторных комплексов.
36.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Чему равен предел деления нормальных фибробластов человека по Л. Хейфлику?	Около 50 делений; после этого клетки полностью прекращают размножение.
37.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Запишите уравнение Моно для удельной скорости роста клеточной популяции.	μ = μmax·S/(Ks + S), где μmax – предельная максимальная удельная скорость роста, Ks – параметр сродства субстрата к клеткам, S – концентрация лимитирующего субстрата.
38.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Что численно равно константе скорости реакции?	Константа скорости численно равна скорости реакции при концентрациях всех реагентов, равных единице в выбранной

			системе единиц (в стандартном состоянии).
39.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Какова размерность равновесной константы диссоциации лиганд-рецепторных комплексов?	Размерность концентрации, например М или нМ.
40.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Чему равен реальный коэффициент усиления рецепторного сигнала?	Реальный коэффициент усиления составляет 10^7–10^{10} (теоретический – 10^{12}–10^{40}).
ЗАДАНИЕ ОТКРЫТОГО ТИПА С РАЗВЕРНУТЫМ ОТВЕТОМ **Инструкция к выполнению:** **1 Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса.** **2 Продумать логику и полноту ответа.** **3 Записать ответ, используя четкие компактные формулировки.** **4 В случае расчетной задачи записать решение и ответ**			
41.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Предмет и задачи биокинетики. Связь биокинетики с химической кинетикой.	Биокинетика – раздел кинетики, изучающий кинетику биологических реакций. Это пограничная наука, возникшая на стыке биохимии и химической кинетики; термин «биокинетика» введён И.В. Березиным и С.Д. Варфоломеевым в 1979 г. Кинетика изучает механизмы и закономерности протекания химических реакций во времени в зависимости от концентраций реагирующих веществ и условий проведения эксперимента (температура, давление, pH). Задача биокинетики – установление количественных закономерностей биологических процессов на молекулярном уровне: определение скорости и механизма реакций, констант скоростей, порядка реакции, времени полупревращения и других кинетических характеристик.
42.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Кинетический эксперимент и скорость химической реакции: истинная и средняя скорость, размерность.	Кинетический эксперимент заключается в измерении концентрации исследуемого вещества в зависимости от времени и ряда параметров: начальной концентрации

			вступающих в реакцию веществ и условий проведения эксперимента (температура, давление, pH). Задача эксперимента – определение характеристик измеряемого параметра в зависимости от значений переменного при неизменных значениях фиксированных параметров. Истинная (мгновенная) скорость определяется как бесконечно малое изменение концентрации за бесконечно малое время: v = dC/dt. Средняя скорость определяется как изменение концентрации за всё время протекания реакции или за интересующий отрезок времени: vcp = (C2 – C1)/(t2 – t1). При расчёте по исходным веществам в уравнение вводится знак минус, по продуктам – знак плюс, так как скорость всегда положительна. Размерность скорости – [концентрация/время]: моль/(м3·с) в системе СИ, моль/(л·с) или моль/(л·мин) в лабораторной практике. Общая скорость сложной реакции зависит от скорости самой медленной её стадии (лимитирующая стадия).
43.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Классификация химических реакций по механизму, фазовому состоянию и молекулярности.	По механизму различают простые реакции, в которых имеет место только одно превращение, и сложные – параллельные, сопряжённые, последовательные, цепные, обратимые, механизм которых включает более одной стадии и различные промежуточные вещества. По условиям протекания реакции делятся на гомогенные, когда все вещества

			находятся в одном фазовом состоянии (газовая фаза или раствор), и гетерогенные, когда превращение идёт на поверхности раздела фаз. По молекулярности – числу молекул или других частиц, одновременно взаимодействующих в одном элементарном акте, – простые реакции и стадии сложных реакций делятся на мономолекулярные (разложение, изомеризация), бимолекулярные (большинство реакций, например C2H4 + H2O → C2H5OH) и тримолекулярные (например 2NO + Cl2 → 2NOCl; встречаются очень редко). Реакции более высокой молекулярности неизвестны.
44.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Порядок реакции. Почему порядок реакции не совпадает с молекулярностью?	Порядком реакции по данному веществу называется показатель степени при концентрации этого вещества в кинетическом уравнении реакции: v = k·CA^a·CB^b. Сумма показателей степеней при концентрациях всех исходных веществ называется общим (суммарным) порядком реакции; как правило, он не превышает трёх. Различают реакции первого, второго, третьего, а также дробного и нулевого порядка. Для простых реакций порядок – целочисленная величина, совпадающая с молекулярностью, но в большинстве случаев порядок и молекулярность не совпадают. Например, бимолекулярная реакция инверсии сахарозы при достаточно высокой концентрации воды не зависит от концентрации воды, и

			уравнение закона действующих масс записывается как v = k·Ссахарозы; порядок реакции – первый (псевдомономолекулярная, или реакция псевдопервого порядка). Для сложных реакций порядок может быть дробным. Существуют реакции нулевого порядка, скорость которых не зависит от концентрации реагентов. Порядок реакции нельзя предсказать по уравнению реакции – его определяют экспериментально по зависимости скорости от концентрации данного вещества при постоянной концентрации остальных.
45.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Закон действующих масс и константа скорости реакции.	Закон действующих масс открыт К.М. Гульдбергом и П. Вааге в 1864 г. В современной формулировке: скорость химической реакции в каждый момент времени пропорциональна произведению концентраций реагирующих веществ, имеющихся в данный момент времени, возведённых в некоторые степени. Эти степени не всегда соответствуют стехиометрическим коэффициентам. Для реакции aA + bB = dD + eE при соотношении концентраций, близком к соотношению стехиометрических коэффициентов, v = k·CA^a·CB^b, где k – коэффициент пропорциональности, называемый константой скорости реакции при данной температуре. Константа скорости численно равна скорости реакции в стандартном состоянии, то есть при концентрациях всех реагентов,

			равных единице в выбранной системе единиц; она количественно характеризует реакционную способность веществ в элементарной реакции при данной температуре в данной среде.
46.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Кинетика реакций первого порядка: уравнение для константы скорости и время полупревращения.	Для реакции первого порядка A → продукты уравнение закона действующих масс имеет вид v = –dC/dt = kC. После разделения переменных dC/C = –k·dt и интегрирования в интервалах от 0 до t и от C0 до Ct получают k·t = ln(C0/Ct), откуда k = (1/t)·ln(C0/Ct). Время полупревращения t1/2 – время, за которое прореагирует половина взятого для реакции исходного вещества; при подстановке Ct = C0/2 получают t1/2 = (1/k)·ln2 = 0,693/k. В отличие от реакций второго порядка, время полупревращения реакции первого порядка не зависит от начальной концентрации. С помощью этих уравнений по известной константе скорости вычисляют время полупревращения и срок годности лекарственных препаратов.
47.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Кинетика реакций второго порядка: два случая начальных концентраций и время полупревращения.	Реакции второго порядка протекают по схемам A + B → продукты или 2A → продукты. Для первого типа v = –dC/dt = k·CA·CB, для второго v = –dC/dt = k·C². Рассматривают два случая. При равных начальных концентрациях (C0A = C0B = C0, CtA = CtB = Ct) интегрирование даёт k = (1/t)·(Ct – C0)/(C0·Ct), или через количества вещества k = (1/t)·x/(a(a – x)). Время полупревращения в этом случае

			t1/2 = 1/(k·C0), то есть зависит от начальной концентрации. При различных начальных концентрациях (C0A ≠ C0B) k = 1/(t·(C0A – C0B))·ln(C0B·CtA/(C0A·CtB)), или через количества вещества k = 1/(t(a – b))·ln(b(a – x)/(a(b – x))), а t1/2 = 1/(k·(C0A – C0B)).
48.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Влияние температуры на скорость химической реакции: правило Вант-Гоффа, температурный коэффициент, энергия активации.	Для большинства химических реакций скорость с ростом температуры увеличивается. Это связано главным образом с изменением константы скорости, так как концентрация веществ с температурой изменяется мало, а изменение порядка реакции – редкое явление. Правило Вант-Гоффа: при повышении температуры на 10 градусов скорость реакции увеличивается в 2–4 раза. Оно связано с температурным коэффициентом скорости реакции: γ = k(T+10)/k(T), где kT и k(T+10) – константы скорости при температуре T и при температуре, превышающей её на 10 градусов. При температурах, близких к комнатной, для большинства газовых реакций и реакций в растворах γ примерно равно 3. Изменение скорости при повышении температуры на 10n градусов оценивают как v2/v1 = γ^n. При очень высоких и очень низких температурах правило Вант-Гоффа не выполняется. Температурная зависимость константы скорости описывается уравнением Аррениуса (1889), в которое входят энергия активации и предэкспоненциальный множитель; в аррениусовских

			координатах эта зависимость линейна.
49.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Типы ферментативного катализа и ковалентные фермент-субстратные промежуточные соединения.	В катализе участвуют аминокислоты активного центра фермента и кофакторы: органические молекулы (гемы, НАД, пиридоксальфосфат) и ионы металлов (Zn2+, Mg2+, Cu2+). Выделяют: катализ сближением (внутримолекулярные и ферментативные реакции; на активном центре локально увеличивается концентрация реагирующих молекул за счёт слабых сил связывания); ковалентный катализ, при котором фермент химически реагирует с субстратом с образованием ковалентного фермент-субстратного соединения, – нуклеофильный (группы –ОН серина и тирозина, –SH цистеина, –COOH аспарагиновой кислоты, –NH2 лизина, имидазол гистидина) и электрофильный (ионы металлов, пиридоксальфосфат, тиаминпирофосфат; основная роль – стабилизация образующихся отрицательных зарядов); общий кислотно-основный катализ (кислотный – ионами водорода и кислотами, основный – основаниями). Примеры ковалентных промежуточных соединений: ацилсерин у химотрипсина, трипсина, эстераз, субтилизина, тромбина, эластазы; ацилцистеин у папаина, фицина, глицеральдегид-3-фосфатдегидрогеназы; фосфосерин у щелочной фосфатазы и фосфоглюкомутазы; фосфорилимидазол у

			сукцинилтиокиназы; основание Шиффа у альдолазы, декарбоксилаз и пиридоксалевых ферментов.
50.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Схема Михаэлиса-Ментен: вывод стационарной скорости, физический смысл Km и Wm.	Согласно схеме Михаэлиса-Ментен (Michaelis, Menten, 1913) субстрат S образует комплекс с активным центром фермента E, в комплексе X происходят фермент-субстратные изменения, образуются продукты P, которые уходят из активного центра, освобождая его для новой молекулы субстрата. Кинетической схеме соответствует система дифференциальных уравнений; если пренебречь изменением концентрации субстрата при его избытке или на небольших временах, получают решение для концентрации комплекса. В условиях стационарности по промежуточному соединению X (dX/dt = 0) уравнение стационарной скорости имеет вид v = Wm·[S]/(Km + [S]), где Wm – максимальная скорость, Km – константа Михаэлиса. Km численно равна концентрации субстрата, при которой скорость реакции равна половине максимальной. Как правило, реальные механизмы включают большое число промежуточных соединений, однако уравнение Михаэлиса феноменологически описывает практически все ферментативные реакции, вне зависимости от числа и природы интермедиантов.
51.	ПК-8.2.1 ПК-9.2.1	Определение параметров Wm и Km из экспериментальных данных и концентрации активных центров.	Из данных по стационарной кинетике Wm и Km определяют на основе линеаризации уравнения Михаэлиса. Метод двойных обратных координат:

			строят зависимость 1/v от 1/[S]; отрезок, отсекаемый на оси ординат, даёт 1/Wm, а на оси абсцисс – 1/Km. Метод Скэтчарда (Иди-Хофсти): строят зависимость v/[S] от v, получая прямую, из которой определяют те же параметры. Максимальная скорость реакции определяется произведением каталитической константы и абсолютной концентрации активных центров. Концентрацию активных центров определяют по содержанию белка, если известно, что молекула фермента содержит только один активный центр и в растворе присутствует только один фермент (по концентрации белка и его молярной массе), либо путём необратимого ингибирования. Лимитирующую стадию определяют по нестационарной кинетике и по использованию субстратов с различной структурой и реакционной способностью.
52.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Отклонения от уравнения Михаэлиса: аллостерические эффекты, активация и ингибирование избытком субстрата.	Отклонения от михаэлевской зависимости начальной стационарной скорости от концентрации субстрата могут быть вызваны аллостерическими эффектами, а также ингибированием или активацией реакции избытком субстрата. Аллостерический эффект – изменение конформации и каталитической активности фермента в результате связывания неосновного центра; при n центрах по характеру зависимости определяют число связывающих центров. Для избытка субстрата вводят коэффициент: если он больше единицы, наблюдается

			активация субстратом, если меньше единицы – ингибирование субстратом. Многосубстратные реакции описываются механизмом тройного комплекса или механизмом «пинг-понг».
53.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Ингибирование и инактивация ферментов.	Ингибиторы делят на обратимые (пестициды, зарин, зоман, аспирин) и необратимые (оксид углерода, цианид-ион, анальгин). Времена обратимого ингибирования составляют 0,1–100 мс, необратимого – 1–1000 мин. Инактивация ферментов – переход активного фермента в неактивное состояние – вызывается тепловой денатурацией, изменением pH, денатурирующими агентами, окислением кислородом, ультразвуком, радиацией; она сопровождается конформационными изменениями, которые регистрируют по изменению спектров поглощения и флуоресценции. Различают простейшую схему инактивации с равновесием конформеров, инактивацию обоих конформеров, общий случай системы с n конформерами, диссоциативный механизм и инактивацию в процессе реакции. Механизмы инактивации дискриминируют по зависимости выхода продукта от концентрации фермента, по зависимости степени конверсии субстрата от степени инактивированности фермента, по проведению реакции при низких и при больших концентрациях фермента, по предынкубации фермента с

			компонентами реакции и с использованием интегральных уравнений реакции.
54.	ПК-8.2.1 ПК-9.2.1	Полиферментные системы, сопряжённые ферментные реакции и кинетика действия ферментов в открытых системах.	В полиферментных системах и сопряжённых ферментных реакциях общую скорость процесса лимитирует стадия, оказывающая наибольшее влияние: при бимолекулярном режиме (Si меньше соответствующих Kim) и малой степени конверсии субстрата в конечный продукт лимитирующее влияние оказывают ферменты с наименьшим параметром Vim/Kim. Ферменты в открытых системах обмениваются компонентами с окружающей средой; открытые системы бывают по субстрату и по продуктам, а реакторы – идеального перемешивания, идеального вытеснения и мембранные. В описание входят коэффициент диффузии D и скорость ламинарного потока v; для реактора идеального вытеснения и реактора идеального перемешивания стационарные решения различаются.
55.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Рецепторы и лиганды: определение, свойства, химическое строение. Агонисты и антагонисты.	Рецепторы – макромолекулы, расположенные на цитоплазматической мембране клетки или внутриклеточно, способные специфически взаимодействовать с ограниченным набором лекарственных средств и биологически активных веществ и трансформировать сигнал об этом взаимодействии в специфический клеточный ответ. Характеристики рецепторов: локализация (чаще всего

			интегральные белки мембраны, рецепторы к глюкокортикоидам расположены в цитоплазме), специфичность взаимодействия и трансдукция сигнала. По химическому строению все известные рецепторы – белки с молекулярной массой в сотни килодальтон; большинство являются трансмембранными белками, образуют четвертичную структуру с углеводами, гликопротеидами и фосфолипидами мембран, их конформация может изменяться (фосфорилирование, дефосфорилирование). Лиганды – биологически активные вещества и лекарства, способные взаимодействовать со специфическими рецепторами; они различаются по химическому строению (белковые, пептидные, производные холестерина и др.) и молекулярной массе. Агонисты, связываясь с рецепторами, активно вызывают биологический ответ клетки и стимулируют её функции; антагонисты связываются с рецепторами, не вызывают активного клеточного ответа и препятствуют связыванию агонистов, угнетая клеточные функции. С точки зрения биокинетики формально-математическое описание взаимодействия агонистов и антагонистов во многом идентично. Рецепторы одного типа обозначают греческими буквами, подгруппы – цифрами (например, α1-, α2-, β-адренорецепторы).
56.	ПК-8.1.1	Принцип структурной	Любой вид рецепторов

	ПК-9.1.1	комплиментарности. Различие механизмов действия анаприлина и коринфара.	связывает ограниченное число различных лигандов, и любой лиганд связывается с ограниченным числом видов рецепторов; чем с меньшим числом лигандов связывается рецептор, тем выше его специфичность. Этот принцип называется принципом структурной комплиментарности и сравнивается с принципом «ключ-замок». Высокая степень сродства обеспечивается центрами связывания лигандов, образованными COOH-группами дикарбоновых кислот, NH2-группами диаминовых кислот, OH-группами гидроксиаминокислот, SH-группами цистеина, имидазольным ядром гистидина, индольной группой триптофана и гидрофобными участками аминокислот. Анаприлин и коринфар (нефедипин) вызывают расслабление гладкой мускулатуры, но механизмы их действия различны: анаприлин – неселективный β-адреноблокатор, он связывается с β-адренорецепторами, вследствие чего адреналин и норадреналин не могут с ними взаимодействовать; коринфар имеет нерецепторный механизм действия – он действует на уровне медленных кальциевых каналов, уменьшая поступление кальция в клетку, из-за чего уменьшается количество актиновых нитей, способных взаимодействовать с миозином, и мышечное сокращение ослабляется.
57.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Лиганд-рецепторное взаимодействие: схема Кларка,	Лиганд-рецепторное взаимодействие описывается

		константа диссоциации, кинетика ассоциации и диссоциации, уравнение Скэтчарда.	схемой L + R ↔ LR с константами скоростей образования k+1 и распада k-1. Закон действующих масс для каждого вещества даёт систему из трёх нелинейных дифференциальных уравнений. Кларк (1926) предположил избыток начальной концентрации лиганда по отношению к концентрации рецепторов ([L] = [L0]); тогда концентрация лиганда практически не меняется и систему можно считать линейной. С учётом закона сохранения вещества для рецепторов ([R] + [RL] = [R0]) получают зависимость концентрации лиганд-рецепторных комплексов от концентрации добавленного лиганда, в которую входит равновесная константа диссоциации Kd = k-1/k+1. Константы скорости ассоциации определяют по показателю экспоненты для двух различных концентраций лиганда. Диссоциацию индуцируют добавлением избытка немеченого («холодного») лиганда к системе «рецептор-меченый лиганд»; при избытке немеченого лиганда ассоциацией можно пренебречь, и концентрация комплексов убывает по экспоненте. При равновесии (производная концентрации комплексов по времени равна нулю) получают уравнение Скэтчарда (1949; аналогичные уравнения независимо получили Иди и Хофсти в 1952 г.): график зависимости отношения концентраций связанного и

			свободного лиганда от концентрации лиганд-рецепторных комплексов – прямая, тангенс угла наклона которой равен 1/Kd, а пересечение оси абсцисс равно начальной концентрации рецепторов R0. Величина, обратная константе диссоциации, – константа ассоциации Ka = 1/Kd. Сродство рецепторов к лигандам в 10^5–10^6 раз превышает сродство ферментов к субстратам.
58.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	Кооперативное связывание лигандов. Координаты Хилла и Бьёррума. Виды взаимодействия лигандов с рецепторами.	Связывание нескольких молекул лиганда с одной молекулой рецептора называется кооперативным, если сродство рецептора к каждой последующей молекуле лиганда меняется. Если сродство возрастает, говорят о положительной кооперативности, если убывает – об отрицательной. Понятие кооперативности введено А. Хиллом в 1910 г. при изучении связывания кислорода с гемоглобином. В координатах Хилла тангенс угла наклона связан со степенью кооперативности: больше единицы – положительная кооперативность, меньше единицы – отрицательная, равен единице – отсутствие кооперативности. В координатах Бьёррума число перегибов равно числу типов мест связывания, а абсцисса точки перегиба равна логарифму константы диссоциации. Виды взаимодействия нескольких лигандов: по конкуренции за места связывания – неконкурентное (разные места

			связывания), конкурентное (одно место связывания), бесконкурентное (лиганд второго типа связывается с комплексом первого лиганда с рецептором); по изменению аффинности – без изменения и с изменением аффинности; по наличию взаимодействия между лигандами – без взаимодействия и с взаимодействием («химический антагонизм»). Возможно сочетание нескольких механизмов.
59.	ПК-8.1.1 ПК-9.1.1	G-белок-сопряжённые рецепторы, вторичные мессенджеры, проведение, усиление и инактивация рецепторного сигнала.	Вторичные мессенджеры – внутриклеточные молекулы, осуществляющие сопряжение рецепторов с внутриклеточными эфферентными системами (ферментами, ионными каналами, геномом). Рецепторы классифицируют по сопряжению с вторичными мессенджерами: рецепторы-ионные каналы, рецепторы, сопряжённые с ферментами, и рецепторы, сопряжённые с G-белками. G-белок-сопряжённый рецептор семь раз пронизывает мембрану, NH2-конец расположен внеклеточно, имеет три внутриклеточных и три внеклеточных петли, лиганды обычно связывает вторая внеклеточная петля, а сопряжение с G-белком осуществляют третья внутриклеточная петля и COOH-конец. G-белок состоит из альфа- и бета-γ-субъединиц: α-субъединица связывает ГТФ и взаимодействует с COOH-концом и третьей петлёй рецептора, бета-γ-субъединица крепит белок к мембране. Различают Gs-белки (стимулируют

			образование цАМФ, ингибируют Ca2+-каналы), Gi-белки (ингибируют образование цАМФ), Go-белки (угнетают потенциал-зависимые Ca2+-каналы, стимулируют K+-каналы). Один рецептор активирует 10–100 G-белков, каждый из которых – 10–100 молекул цАМФ, усиление составляет 100–10000 раз, а суммарно – 10^4–10^8 раз; теоретический коэффициент усиления 10^{12}–10^{40}, реальный – 10^7–10^{10}. Инактивация сигнала включает уменьшение концентрации LR-комплексов (диссоциация, повышение константы скорости диссоциации, изменение числа рецепторов на мембране), инактивацию сопряжения LR-комплекса с ферментами (самоинактивация альфа-субъединицы за счёт ГТФ-азной активности, десенситизация ферментной системы), инактивацию фермента, синтезирующего ключевые регуляторы ответа, и взаимодействие лиганда с различными типами рецепторов.
60.	ПК-8.2.1 ПК-9.2.1	Клеточный рост и апоптоз: фазы роста, уравнение Моно, ограничения роста, модели гибели клеток, теломеразная концепция.	Клеточный цикл у эмбриональных и микробных клеток длится около часа, у гепатоцитов и нейронов – до 10 лет. В культуре выделяют фазы роста: индукционную (лаг-фаза, адаптация клеток к среде и перестройка метаболизма), экспоненциального роста (много митозов), линейного роста (мало митозов), замедления роста, стационарную и отмирания культуры; причины замедления – истощение субстрата,

			накопление токсических продуктов и др. Удельная скорость роста при лимитировании одним субстратом описывается уравнением Моно: μ = μmax·S/(Ks + S); типичные значения μmax 10^{-2}–10^{-5} $с^{-1}$, Ks 10^{-2}–10^{-8} М. Различают лимитирование субстратом, ингибирование избытком субстрата и ингибирование продуктом; механизм ингибирования определяют по коэффициенту Ф: при 0 ≤ Ф ≤ 1 – неосложнённый рост, при Ф > 1 – ингибирование продуктами жизнедеятельности, при Ф < 0 – ингибирование субстратом. Ограничение роста связано с истощением лимитирующего субстрата, появлением клеток, потерявших способность к делению, и накоплением продуктов – сильных ингибиторов. Кинетические модели ограничения роста – прогрессирующая некомпетентность (изменение концентрации жизнеспособных клеток с удельной скоростью роста μa и константой инактивации λ) и запрограммированный отказ (потеря чувствительности клеток к ростовым факторам, уменьшение числа рецепторов R на клетке). Апоптоз – «программируемое» старение и гибель клеток, в отличие от некроза – гибели за счёт случайных событий или внешних токсинов; Хейфлик в 1961 г. показал, что нормальные фибробласты человека способны провести около 50 делений.

			Концепция «программируемого» старения основана на представлении о теломере: ДНК-полимераза не способна реплицировать «хвосты» 3’-конца матрицы, и для предотвращения укорачивания ДНК теломераза синтезирует на концах ядерной ДНК повторяемый гексануклеотид TTAGGG; теломераза предсказана А. Оловниковым в 1971 г. и открыта Грейдером и Блэкберном в 1985 г. Взаимодействие популяций типа «хищник-жертва» (А. Лотка, 1925; В. Вольтерра) описывается нелинейными дифференциальными уравнениями; аналитического решения они не имеют, поэтому используют численное решение и метод фазового портрета.

Критерии и шкала оценивания устного опроса

Оценка за ответ	Критерии
Отлично	выставляется обучающемуся, если: - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; - исчерпывающее, последовательно, четко и логически излагает теоретический материал; - свободно справляется с решение задач, - использует в ответе дополнительный материал; - все задания, предусмотренные учебной программой выполнены; - анализирует полученные результаты; - проявляет самостоятельность при трактовке и обосновании выводов
Хорошо	выставляется обучающемуся, если: - теоретическое содержание курса освоено полностью; - необходимые практические компетенции в основном сформированы; - все предусмотренные программой обучения практические задания выполнены, но в них имеются ошибки и неточности; - при ответе на поставленный вопросы обучающийся не отвечает аргументировано и полно. - знает твердо лекционный материал, грамотно и по существу отвечает на основные понятия.

Удовлетворительно	выставляет обучающемуся, если: - теоретическое содержание курса освоено частично, но проблемы не носят существенного характера; - большинство предусмотренных учебной программой заданий выполнено, но допускаются не точности в определении формулировки; - наблюдается нарушение логической последовательности.
Неудовлетворительно	выставляет обучающемуся, если: - не знает значительной части программного материала; - допускает существенные ошибки; - так же не сформированы практические компетенции; - отказ от ответа или отсутствие ответа.

Критерии оценивания практических задач

Форма проведения текущего контроля	Критерии оценивания
Решения практической задачи	«5» (отлично) – выставляется за полное, безошибочное выполнение задания
	«4» (хорошо) –в целом задание выполнено, имеются отдельные неточности или недостаточно полные ответы, не содержащие ошибок.
	«3» (удовлетворительно) – допущены отдельные ошибки при выполнении задания.
	«2» (неудовлетворительно) – отсутствуют ответы на большинство вопросов задачи, задание не выполнено или выполнено не верно.

Критерии оценивания тестовых заданий

Оценка	Коэффициент К (%)	Критерии оценки
Отлично	Свыше 80% правильных ответов	глубокое познание в освоенном материале
Хорошо	Свыше 70% правильных ответов	материал освоен полностью, без существенных ошибок
Удовлетворительно	Свыше 50% правильных ответов	материал освоен не полностью, имеются значительные пробелы в знаниях
Неудовлетворительно	Менее 50% правильных ответов	материал не освоен, знания обучающегося ниже базового уровня

Критерии оценивания на зачете

Шкала оценивания	Показатели
Зачтено	Достаточный объем знаний в рамках изучения дисциплины В ответе используется научная терминология. Стилистическое и логическое изложение ответа на вопрос правильное Умеет делать выводы без существенных ошибок Владеет инструментарием изучаемой дисциплины, умеет его использовать в решении стандартных (типовых) задач. Ориентируется в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине. Активен на практических (лабораторных) занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий.

Не зачтено	Не достаточно полный объем знаний в рамках изучения дисциплины В ответе не используется научная терминология. Изложение ответа на вопрос с существенными стилистическими и логическими ошибками. Не умеет делать выводы по результатам изучения дисциплины Слабое владение инструментарием изучаемой дисциплины, не компетентность в решении стандартных (типовых) задач. Не умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по изучаемой дисциплине. Пассивность на практических (лабораторных) занятиях, низкий уровень культуры исполнения заданий. Не сформированы компетенции, умения и навыки. Отказ от ответа или отсутствие ответа.