

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»
Химический факультет

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. декана Химического факультета,
д.х.н., проф.

  /С.С. Карлов /
«13» февраля 2025 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА

**(для осуществления приема на обучение по
образовательным программам высшего образования -
программам подготовки научных и научно-педагогических
кадров в аспирантуре)**

1.5.4 Биохимия

Программа утверждена
Ученым советом факультета
(протокол № 1 от 13 февраля 2025 г.)

Москва - 2025

I. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММЫ

Настоящая программа вступительного экзамена в аспирантуру по специальности 1.5.4. Биохимия (химические науки) предназначена для осуществления приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре» и содержит основные темы и вопросы к экзамену, список основной и дополнительной литературы и критерии оценивания.

II. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ И ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

I. Строение и биологические функции основных классов биоорганических соединений, основные направления современной биохимии

1. Молекулярные особенности живых систем. Основные классы биологически активных соединений.
2. Разнообразие и классификация живых организмов. Представление о строении про- и эукариотической клеток, локализация процессов, функции основных органелл.
3. Физико-химические и кинетические закономерности процессов, протекающих в организмах. Энергетика живого. Уникальная роль АТФ. Другие высоко- и сверхвысокоэнергетические соединения.
4. Азотистые основания, нуклеозиды и нуклеотиды. Правила нумерации. Нуклеотиды как кислоты. ДНК и РНК.
5. Уровни структурной организации ДНК. Двухцепочечная спираль (дуплекс). Термоденатурация-ренатурация дуплекса. Типы (матричная, транспортная и рибосомная), уровни структурной организации и функции РНК. Представление о биосинтезе белка на рибосоме. Универсальный генетический код
6. Углеводы. Общее представление и классификация по различным принципам. Способы представления, проекции.
7. Химические свойства сахаров.
8. Дисахариды. Редуцирующие и нередуцирующие сахара. Сахароза и инвертный сахар.
9. Запасные и структурные полисахариды растений и животных. Гликопротеины.
10. Липиды. Общие свойства и классификация. Глицерин как прохиральное соединение.
11. Строение и свойства жирных кислот. Зависимость температуры плавления от длины цепи и количества двойных связей.
12. Триацилглицериды: строение, свойства и физиологическая роль.
13. Мембранные липиды: строение и свойства. Фосфоглицериды и сфинголипиды.
14. Стероиды: основные представители и их функции. Холестерин как компонент биомембраны. Липопотеины и хиломикроны.
15. Жидкостно-мозаичная модель биомембран. Основные компоненты

и их роль.

16. Биомембраны и молекулярные моторы (на примере АТФ-синтазы)

17. Разнообразие белков в природе. Уровни структурной организации белков.

18. Аминокислоты: строение и биологические функции. Понятие о заменимых и незаменимых аминокислотах. Классификация канонических аминокислот по свойствам боковых радикалов. Физический смысл pK_a .

19. Первичная структура белков. Особенности пептидной связи. Олиго- и полипептиды.

20. Невалентные взаимодействия и их роль в поддержании структуры белка. Дисперсионные силы притяжения и отталкивание электронных оболочек. Электростатические взаимодействия. Водородные связи. Гидрофобные взаимодействия

21. Вторичная структура белков. Представление о спиралях и складчатых листах в структуре глобулярных белков. Сверхвторичные структуры.

22. Третичная структура белка. Структурные и функциональные домены, глобулярный белок.

23. Четвертичная структура белков (ассоциаты). Гомо- и гетероолигомерные белки, их преимущества перед мономерными белками.

24. Основные типы пост-трансляционной модификации белков.

25. Сворачивание белков: термодинамический и кинетический аспекты. Общая кинетическая схема сворачивания белков и скорость-лимитирующие стадии.

26. Сворачивание белков в живых организмах. Ферменты сворачивания, представление о шаперонах

27. Стабильность белков. Общие вопросы определения стабильности, классификация типов стабильности.

28. Фибриллярные белки. Кератин и фиброин. Особенности аминокислотного состава и взаимосвязь со структурой, функциями и физиологической ролью.

29. Коллаген и эластин. Особенности аминокислотного состава и взаимосвязь со структурой, функциями и физиологической ролью. Межцепочечные ковалентные сшивки.

30. Актин, миозин. Особенности аминокислотного состава и взаимосвязь со структурой, функциями и физиологической ролью.

31. Выделение и очистка белков.

32. Водорастворимые витамины (B1, B2, B3, B5, B6, B12, C, липоевая кислота, биотин, фолиевая кислота).

33. Водонерастворимые витамины (A, D, E, K).

34. Гормоны. Иерархия эндокринной системы, классификация гормонов по химическим свойствам и механизму действия. Адреналин. Биосинтез из тирозина. Механизм действия.

II. Химическая термодинамика и кинетика. Ферментативная кинетика

1. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия, тепло, работа, теплоемкость. Первый закон в химии. Энтальпии реакций, энтальпии образования. Закон Гесса и закон Кирхгоффа
2. Второй закон термодинамики. Энтропия.
3. Третий закон термодинамики. Формулировка Планка.
4. Основные понятия феноменологической кинетики: простые и сложные реакции, молекулярность и скорость реакции. Кинетический закон действия масс, константа скорости.
5. Способы определения скорости реакции. Кинетические уравнения для простых реакций. Порядок реакции способ его определения.
6. Сложные химические реакции. Квазистационарное приближение, метод Боденштейна. Кинетические уравнения для обратимых, последовательных и параллельных реакций. Цепные реакции.
7. Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса, энергия активации, способы ее определения.
8. Механизм кислотно-основного гомогенного катализа. Влияние растворителя. Кинетика гомогенно-каталитических реакций. Роль процессов переноса.
9. Кинетика двухстадийных ферментативных реакций. Метод стационарных концентраций. Реакции в квазиравновесном режиме.
10. Ингибирование ферментативных реакций. Типы ингибирования. Методы обработки экспериментальных данных.
11. Активация двухстадийной ферментативной реакции. Анализ кинетических данных.
12. Субстратное ингибирование (полное и неполное) ферментативных реакций.
13. Интегральные формы уравнений ферментативной кинетики. Основные методы обработки полной кинетической кривой.
14. Ингибирование фермента продуктом реакции.
15. pH-Зависимость двухстадийной реакции. Ионизация фермента или субстрата.
16. Определение концентрации активных центров фермента из кинетических данных.
17. Влияние температуры на кинетику ферментативных реакций. Энтальпия и энтропия активации.
18. Полное и неполное ингибирование фермента субстратом. Кинетический анализ субстратного ингибирования.
19. Нахождение значений pK_a по кривым зависимостей ферментативных реакций. Анализ несимметричных колоколообразных кривых pH-зависимости.
20. Методы определения кинетических параметров ферментативной реакции с использованием полной кинетической кривой. Инактивация фермента в ходе реакции, влияние субстрата на скорость инактивации субстрата.

III. Принципы ферментативного катализа

1. Принципы ферментативного катализа
2. Белки как биокатализаторы. Типы гомогенного катализа. Сближение и ориентация, кислотно-основной, электрофильный и нуклеофильный. Сравнение ферментов с органическими катализаторами гомогенного типа (эффективность действия, специфичность и стереоспецифичность, регуляторные свойства ферментов).
3. Аминокислоты, их кислотно-основные свойства, полярность, гидрофобность и гидрофильность (параметр Ганша).
4. Оценка свободной энергии сорбции (экстракционная и экстракционно-конформационная модели).
5. Свободная энергия сорбции субстрата на ферменте как источник ускорения химической реакции. Профили “свободная энергия – координата реакции”.
6. Сравнение скорости и свободной энергии ферментативной и неферментативной реакции
7. Модель “ключ-замок”. Специфическое, продуктивное и непродуктивное связывание субстрата и фермента. Механизм сближения и ориентации в ферментативном катализе. Теория напряжения (или деформации) и индуцированного соответствия (Кошланд).
8. Химические механизмы ферментативных реакций. Стабилизация переходного состояния общим кислотно-основным катализом. Примеры кислотно-основного катализа различными функциональными группами в белках (карбоксильная группа, аминогруппа, амидная группа, имидазол, гидроксильная группа).
9. Промежуточные ковалентные соединения в ферментативном катализе. Эффекты микросреды активного центра. Влияние растворителя на реакции нуклеофильного замещения. Внутренняя реакционная способность функциональных групп в белках.
10. Роль ионов металлов в ферментативном катализе. Механизмы взаимодействия фермента, иона металла и лиганда. Химические механизмы участия ионов металлов в ферментативном катализе. Окислительно-восстановительные реакции с участием ионов металлов и их роль в биологических процессах.

III. РЕФЕРАТ ПО ИЗБРАННОМУ НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ

Реферат по избранному направлению подготовки представляет собой обзор литературы по теме будущего научного исследования и позволяет понять основные задачи и перспективы развития темы будущей диссертационной работы. Реферат включает титульный лист, содержательную часть, выводы и список литературных источников. Объем реферата 10-15 страниц машинописного текста. В отзыве к реферату предполагаемый научный руководитель дает характеристику работы и рекомендуемую оценку, входящую в общий экзаменационный балл.

IV. ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Вопрос 1. Сворачивание белков в живых организмах. Ферменты сворачивания, представление о шаперонах

Вопрос 2. Влияние температуры на кинетику ферментативных реакций. Энтальпия и энтропия активации.

Вопрос 3. Содержание реферата по теме диссертационного исследования (с приложением реферата и отзыва на реферат с отметкой предполагаемого научного руководителя).

V. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ОСНОВНАЯ

1. Д. Нельсон, М. Кокс. Основы биохимии Ленинджера. Т. 1,2,3. — М. : Лаборатория знаний, 2017.
3. Биотехнология под редакцией Н.С. Егорова и В.Д. Самуилова, том 1, 7 и 8. Москва, «Высшая школа» 1987
4. Варфоломеев С.Д. Химическая энзимология, М.: Академия, 2005
5. Корниш –Боуден Э. Основы ферментативной кинетики. Пер. с англ. / М.: Мир, 1979.
6. И.В. Березин, К. Мартинек. Основы физической химии ферментативного катализа. Москва, «Высшая школа» 1977.
7. Биохимия. Под редакцией Е.С. Северина. «ГЕОТАР-Медиа» 2019

2. ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Фершт Э. Структура и механизм действия ферментов. Пер. с англ. / М.: Мир, 1980.
2. Шульц, Ширмер. Принципы структурной организации белков.
3. Микробиология. А.И. Нетрусов, И.Б. Котова, М. Издательский центр «Академия», 2007, стр. 6-100.
4. Современная микробиология. Прокариоты. / Под ред. Й.Ленглера, Г.Древса, Г.Шлегеля/, Изд-во Мир, 2005, т.1 стр. 18-70, 117-144, т.2 стр. 150-206.

V. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

Уровень знаний поступающих в аспирантуру МГУ оценивается по десятибалльной шкале. Вступительное испытание считается пройденным, если абитуриент получил семь баллов и выше. При отсутствии поступающего на вступительном экзамене в качестве оценки проставляется неявка. Результаты сдачи вступительных экзаменов сообщаются поступающим в течение трех дней со дня экзамена путем их размещения на сайте и информационном стенде структурного подразделения.

Критерии и показатели оценивания ответа на вступительном экзамене по специальности поступающих в аспирантуру Химического факультета МГУ

Вступительный экзамен по специальности в аспирантуру химического факультета проводится в устной форме, по экзаменационным билетам, и состоит из 3х вопросов (2х вопросов по различным разделам программы вступительного экзамена и вопроса по реферату).

	0	Нет ответа ни на один из трех заданных вопросов, либо отказ от ответа.
Минимальный уровень знаний	1	Отсутствуют ответы на оба заданных теоретических вопроса, существенные недочеты при изложении темы реферата, выявленные при его экспертной оценке, либо указанные в отзыве.
	2	Отсутствуют ответы на оба заданных теоретических вопроса, незначительные недочеты при изложении темы реферата, выявленные при его экспертной оценке, либо указанные в отзыве.
Низкий уровень знаний	3	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов, фрагментарный ответ на второй заданный теоретический вопрос, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы, за исключением изложения темы реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).
	4	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов, неполный ответ на второй заданный теоретический вопрос, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы, за исключением изложения темы реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).
Средний уровень знаний	5	Отсутствует ответ на один из заданных теоретических вопросов, полный ответ на второй заданный теоретический вопрос, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы, за исключением изложения темы реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).
	6	Неполные ответы на оба заданных теоретических вопроса, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы, за исключением изложения темы реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).

Достаточный уровень знаний	7	Полные ответы на оба заданных теоретических вопроса, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы, либо незначительные недочеты при изложении темы реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).
	8	Полные ответы на оба заданных теоретических вопроса, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы, либо незначительные недочеты при изложении темы реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).
Высокий уровень знаний	9	Исчерпывающие ответы на все заданные вопросы, свободное владение материалом, имеются недочеты при сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы, либо незначительные недочеты при изложении темы реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).
	10	Исчерпывающие ответы на все заданные вопросы, свободное владение материалом, грамотные сопоставление и анализ сведений из различных разделов программы, уверенное владение темой реферата (на основе его экспертной оценки, либо отзыва).

VI. АВТОРЫ

1. д.х.н. проф. Клячко Н.Л.
2. д.х.н., проф. Гладилин А.К.
3. к.х.н. доц. Ле-Дейген И.М.
4. к.х.н. с.н.с. Белова А.Б.
5. к.х.н. доц. Белогурова Н.Г.
6. д.х.н. проф. Кудряшова Е.В.