

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,


 /С.С.Карлов/
«20» января 2026 г.

ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В АСПИРАНТУРУ

Укрупненная группа научных специальностей

1.5. Биологические науки

Перечень образовательных программ, на который осуществляется прием по данной программе:

104-01-00-153-хн, 104-01-00-154-хн, 104-01-00-156-хн, 104-01-00-1515-хн.

Москва 2026

1. Краткое описание программы.

Программа вступительного испытания разработана в соответствии с требованиями действующих федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) 04.04.01 Химия, 04.04.02 Химия, физика и механика материалов и 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

Программа вступительного испытания разработана для проведения конкурсного отбора абитуриентов, в рамках укрупненной группы научных специальностей: 1.4. Химические науки на химическом факультете, планирующих обучение по следующим программам высшего образования- программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре: *104-01-00-153-хн, 104-01-00-154-хн, 104-01-00-156-хн, 104-01-00-1515-хн.*

Вступительное испытание в аспирантуру включает в себя три последовательных этапа. Проведение этапов может быть организовано как в течение одного дня, так и распределено на несколько дней — в соответствии с утверждённым расписанием.

Срок проведения вступительного испытания определяется правилами приема в аспирантуру.

В программе описаны формы проведения каждого этапа, их содержательное наполнение, список рекомендуемой литературы, а также методика оценивания результатов.

2. Критерии успешности прохождения этапов и вступительного испытания в целом.

За вступительное испытание в сумме может быть набрано 25 баллов, из них:

- за первый этап 10 баллов;
- за второй этап 10 баллов;
- за третий этап 5 баллов.

Прохождение вступительного испытания считается успешным, если абитуриент набрал в сумме не менее 16 баллов.

Прохождение каждого этапа считается успешным, если абитуриент набрал не менее:

- 6 баллов на первом этапе;
- 7 баллов на втором этапе;
- 3 баллов на третьем этапе

Для абитуриентов, участвовавших в конкурсе научного портфолио, действует следующее правило: победитель конкурса получает максимальный балл за вступительное испытание в целом (все три этапа); призёр конкурса получает максимальный балл за первый этап испытания, затем его ответ на 2-м этапе оценивается по обычным критериям в рамках общей шкалы; в случае успешного прохождения 2 этапа испытания, за 3 этап абитуриент также получает максимальный балл.

3. Место проведения вступительного испытания: Москва, улица Ленинские горы д.1, стр. 3, д.1, стр. 40, д. 1, стр.10, д.1, стр. 11Б.

4. Форма проведения и содержание этапов вступительного испытания.

Этап 1. Оценка компетенций в области научного письма и систематизации материала для диссертационных и публикационных работ: реферат по теме научной работы в аспирантуре (с приложением текста реферата и отзыва на реферат с оценкой предполагаемого научного руководителя).

Форма проведения: первичное экспертное оценивание реферата проводится

экзаменационной комиссией без участия абитуриента, на основании документов (реферата и отзыва предполагаемого научного руководителя), предоставленных в момент подачи документов.

Во время очной части этапа члены комиссии могут задать устные вопросы по теме реферата для оценивания компетенций абитуриента в области научного письма и систематизации материала для диссертационных и публикационных работ.

Содержание этапа: реферат позволяет понять основные задачи и перспективы развития темы будущей диссертационной работы. Реферат включает титульный лист, содержательную часть и список используемой литературы (от 5 до 10 наиболее значимых источников). Содержательная часть реферата включает следующие разделы:

- краткий анализ известных в настоящее время фактов в области исследования (не более 1500 слов);
- цель и задачи (не более 250 слов);
- методы, которые предполагается использовать при выполнении диссертации и их применимость к поставленным задачам (не более 500 слов);
- ожидаемая новизна (не более 150 слов);
- актуальность и практическая/теоретическая значимость (не более 200 слов);
- соответствие паспорту специальности (не более 150 слов).

К реферату прилагается отзыв предполагаемого руководителя. В отзыве к реферату предполагаемый научный руководитель дает характеристику работы и рекомендуемую оценку, которая может быть принята или изменена экзаменационной комиссией, в том числе в случае обнаружения использования искусственного интеллекта или оригинальности менее 75% по результатам проверки в системе «Антиплагиат. ВУЗ».

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

Этап 2. Оценка уровня знаний по научной специальности, по которой предполагается подготовить диссертацию: ответ на два теоретических вопроса по выбранной специальности.

Форма проведения: этап проводится очно, в устной форме, по экзаменационным билетам, и состоит из 2-х вопросов.

Абитуриенту предлагается два вопроса, отобранных из широкого круга тем, охватывающих фундаментальные положения и современные проблемы выбранной научной области.

Содержание этапа: данный этап предполагает проверку знаний по ключевым аспектам выбранной научной области. Примерные темы определяются программой аспирантуры, на которую поступающий сдает вступительный экзамен (Приложение 2).

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

Этап 3. Оценка уровня готовности к академической и научной коммуникации на иностранном языке (английский)

Форма проведения: очно, в устной и письменной формах.

Содержание этапа:

1. Письменный перевод со словарем оригинального научного текста по специальности с английского языка на русский. Использование электронных словарей не допускается. Объем текста 1500 печатных знаков, время выполнения – 30 минут.

2. Устное изложение содержания научно-популярного текста без словаря на английском языке. Объем текста 1500 печатных знаков, время на подготовку 5 – 7 минут.
3. Устная беседа с экзаменатором на английском языке по теме научной деятельности. Время выполнения – не более 5 минут. Экзаменатор задает вопросы и выслушивает ответы поступающего.

Фонд оценочных средств приведен в приложении 1.

**Фонд оценочных средств
Шкала оценивания этапа 1.**

Реферат по теме научной работы в аспирантуре должен соответствовать следующим критериям.

1. Цель и задачи научной работы сформулированы четко;
2. Поставленные задачи научной работы соответствуют цели, поступающий может четко сформулировать их взаимосвязь;
3. Проведен анализ наиболее значимых известных в настоящее время фактов по теме научной работы, поступающий свободно владеет фактами в предполагаемой области научной работы в аспирантуре;
4. Анализ известных в настоящее время фактов соответствует цели и задачам научной работы, позволяет судить о новизне, актуальности и практической/теоретической значимости научной работы в аспирантуре, поступающий может четко сформулировать их взаимосвязь;
5. Методы, которые предполагается использовать при выполнении научной работы в аспирантуре, согласуются с целью и задачами, поступающий ориентируется в методах в предполагаемой области научной работы в аспирантуре;
6. Четко сформулирована новизна научной работы в аспирантуре;
7. Четко сформулирована актуальность научной работы в аспирантуре;
8. Четко сформулирована практическая/теоретическая значимость научной работы в аспирантуре;
9. Четко сформулировано соответствие тематики научной работы в аспирантуре паспорту выбранной поступающим специальности;
10. Все указанные в реферате источники релевантны.

Экзаменационная комиссия проводит экспертную оценку реферата, которая зависит от того, насколько реферат соответствует указанным выше критериям.

	0	Нет реферата, текст сгенерирован с использованием искусственного интеллекта, процент оригинальности после проверки в системе «Антиплагиат. ВУЗ» ниже 75%.
Минимальный уровень	1	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 1 из 10 критериев.
	2	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 2 из 10 критериев.
Низкий уровень	3	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 3 из 10 критериев.
	4	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 4 из 10 критериев.
Средний уровень	5	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 5 из 10 критериев.
	6	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 6 из 10 критериев.

Достаточный уровень	7	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 7 из 10 критериев.
	8	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 8 из 10 критериев.
Высокий уровень	9	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует 9 из 10 критериев.
	10	Реферат по теме научной работы в аспирантуре соответствует всем 10 критериям. ИЛИ Победитель или призер Конкурса портфолио по укрупненной группе специальностей 1.4 Химические науки в году проведения вступительного испытания

Шкала оценивания этапа 2

	0	Нет ответа ни на один из теоретических вопросов.
Минимальный уровень знаний	1	Отсутствует ответ на один из двух заданных теоретических вопросов, фрагментарный ответ на второй теоретический вопрос, неспособность к анализу и сопоставлению сведений из различных разделов программы.
	2	Фрагментарные ответы на два заданных теоретических вопросов, или отсутствие ответа на один из двух теоретических вопросов и неполный ответ на второй теоретический вопрос, неспособность к анализу и сопоставлению сведений из различных разделов программы.
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.
	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.
Средний уровень знаний	5	Неполные ответы на заданные теоретические вопросы, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
	6	Неполный ответ на один из заданных теоретических вопросов, полный ответ на второй вопрос, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
Достаточный уровень знаний	7	Полные ответы на оба заданных теоретических вопроса, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
	8	Полные ответы на оба заданных теоретических вопроса, грамотные сопоставление и анализ сведений из различных разделов программы.
Высокий уровень знаний	9	Исчерпывающие ответы на все заданные вопросы, свободное владение материалом, имеются недочеты при сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.
	10	Исчерпывающие ответы на все заданные вопросы, свободное владение материалом, грамотные

	<p>сопоставление и анализ сведений из различных разделов программы.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Победитель Конкурса портфолио по укрупненной группе специальностей 1.4 Химические науки в году проведения вступительного испытания</p>
--	---

Шкала оценивания этапа 3

	0	Отказ от ответа.
<p>Низкий уровень знаний</p> <p>Неудовлетворительно</p>	1	<p>1. Текст по специальности переведен не полностью и/или с искажениями смысла, не все термины переведены правильно, неправильно переведены грамматические конструкции, перевод не всегда соответствует лексико-стилистическим и грамматическим нормам научного текста. В переводе более четырех неточностей и/или более трех искажений смысла.</p> <p>2. Текст понят не полностью. Не выделены основные положения текста. Лексические и грамматические ошибки не позволяют понять смысл высказывания.</p> <p>3. Фрагментарные знания особенностей представления результатов научной деятельности в устной форме. Непонимание вопросов экзаменаторов, неумение дать развернутый ответ. Речь с большим количеством лексических и грамматических ошибок, искажающих смысл высказывания.</p>
	2	<p>1. Текст по специальности переведен не полностью и/или с искажениями смысла, не все термины переведены правильно, неправильно переведены грамматические конструкции, перевод не всегда соответствует лексико-стилистическим и грамматическим нормам научного текста. В переводе более четырех неточностей и/или более трех искажений смысла.</p> <p>2. Текст понят не полностью. Не выделены основные положения текста. Лексические и грамматические ошибки не позволяют понять смысл высказывания.</p> <p>3. Фрагментарные знания особенностей представления результатов научной деятельности в устной форме. Непонимание вопросов экзаменаторов, неумение дать развернутый ответ. Речь с большим количеством лексических и грамматических ошибок, искажающих смысл высказывания.</p>

<p>Средний уровень знаний</p> <p>Удовлетворительно</p>	<p>3</p>	<p>1. Текст по специальности переведен не полностью и/или с искажениями смысла, не все термины переведены правильно, плохо подобраны эквиваленты слов, не все грамматические конструкции переведены правильно, перевод не всегда соответствует лексико-стилистическим и грамматическим нормам научного текста. Допускаются 3-4 лексические неточности или неточности перевода грамматических конструкций и /или два-три искажения смысла.</p> <p>2. Текст понят не полностью. Выделены не все основные положения текста. Лексические и грамматические ошибки искажают смысл высказывания.</p> <p>3. Неполные знания особенностей представления результатов научной деятельности в устной форме. Неполное понимание вопросов экзаменаторов, неумение дать развернутый ответ. Речь с большим количеством лексических и грамматических ошибок, искажающих смысл высказывания.</p>
<p>Достаточный уровень знаний</p> <p>Хорошо</p>	<p>4</p>	<p>1. Текст по специальности переведен полностью, перевод сделан без искажений смысла, термины переведены правильно, в основном найдены правильные эквиваленты слов, грамматические конструкции переведены правильно, перевод соответствует лексико-стилистическим и грамматическим нормам научного текста. Текст соответствует норме перевода. Допускаются две-три лексические неточности или неточности перевода грамматических конструкций.</p> <p>2. Текст понят правильно. Выделены все основные положения текста. Речь беглая, но встречаются лексические и грамматические ошибки, не искажающие смысл высказывания.</p> <p>3. Успешное следование нормам, принятым в научном общении, знание особенностей представления результатов научной деятельности в устной форме. Адекватное понимание вопросов экзаменатора и развернутые ответы на них. Речь беглая, с небольшим количеством лексических и грамматических ошибок, не искажающих смысл высказывания.</p>

<p>Высокий уровень знаний</p> <p>Отлично</p>	<p>5</p>	<p>1. Текст по специальности переведен полностью, перевод сделан без искажений смысла, термины переведены правильно, найдены правильные эквиваленты слов, грамматические конструкции переведены без ошибок, перевод соответствует лексико-стилистическим и грамматическим нормам научного текста. Текст соответствует норме перевода. Допускается одна лексическая или грамматическая неточность.</p> <p>2. Текст понят правильно. Выделены все основные положения текста. Речь беглая, без лексических и грамматических ошибок.</p> <p>3. Успешное следование нормам, принятым в научном общении, знание особенностей представления результатов научной деятельности в устной форме. Адекватное понимание вопросов экзаменатора и развёрнутые ответы на них. Речь беглая, без лексических и грамматических ошибок.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Победитель или призер Конкурса портфолио по укрупненной группе специальностей 1.4 Химические науки в году проведения вступительного испытания</p>
--	----------	--

ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Этап 1. Оценка компетенций в области научного письма и систематизации материала для диссертационных и публикационных работ: реферат по теме научной работы в аспирантуре (с приложением текста реферата и отзыва на реферат с оценкой предполагаемого научного руководителя).

Этап 2. Оценка уровня знаний по научной специальности, по которой предполагается подготовить диссертацию (Ответ на два теоретических вопроса по выбранной специальности). Примеры вопросов приведены в Приложении 2.

Этап 3. Оценка уровня готовности к академической и научной коммуникации на иностранном языке (английский)

1. Письменный перевод со словарем оригинального научного текста.

The branch of science called thermodynamics deals with systems that are able to transfer thermal energy into at least one other form of energy (mechanical, electrical, etc.) or into work. The laws of thermodynamics were developed over the years as some of the most fundamental rules which are followed when a thermodynamic system goes through some sort of energy change.

One cannot help noting that the laws of thermodynamics are considered to be fairly easy to state and understand, the impact they have being easy to underestimate. Among other things, they put constraints on how energy can be used in the universe. It would be very hard to overemphasize how significant this concept is. The consequences of the laws of thermodynamics touch on almost every aspect of scientific inquiry in some way.

The laws of thermodynamics do not particularly concern themselves with the specific how and

why, which makes sense for laws that had been formulated before the atomic theory was fully adopted. They do deal with the total of energy and heat transitions within a system and do not take into account the specific nature of heat transference on the atomic or molecular level.

The Zeroth law is a sort of transitive property of thermal equilibrium. The transitive property of mathematics says that if $A = B$ and $B = C$, then $A = C$. The same is sure to be true of thermodynamic systems that are supposed to be in thermal equilibrium.

2. Устное изложение содержания научно-популярного текста без словаря на английском языке.

Nobel Prize in Chemistry Goes to Discovery of ‘Genetic Scissors’ Called CRISPR/Cas9

This year’s Nobel Prize in Chemistry was awarded for the discovery of the CRISPR/Cas9 gene editing system, which has — for the first time — enabled scientists to make precise changes in the long stretches of DNA that make up the code of life for many organisms, including people. The prize was shared by Emmanuelle Charpentier, a microbiologist and director of the Berlin-based Max Planck Unit for the Science of Pathogens, and Jennifer A. Doudna, a professor and biochemist at the University of California, Berkeley. The scientists will split the prize money of 10 million Swedish kronor, or a little more than \$1.1 million.

This CRISPR tool, often described as “genetic scissors”, has been used by plant researchers to develop crops that withstand pests and drought, and it could transform agriculture. In medicine, the method is involved in clinical trials of new cancer therapies. And researchers are trying to employ it to cure certain inherited diseases. “It is being used all over science”, says Claes Gustafsson, chair of the Nobel Committee for Chemistry.

Nearly a decade ago Charpentier discovered a previously unknown molecule, tracrRNA, in bacteria. She learned that this molecule was part of an immune system in the microbes that helps them fight off viruses by cleaving viral DNA. The mechanism the microbes use to do so is called CRISPR. At about the same time, Doudna was mapping the cas proteins, a series of enzymes associated with CRISPR that snip apart DNA at specific spots. The two scientists began collaborating in 2011, after meeting at a conference in Puerto Rico where they went to a café in San Juan and talked about the overlap in their work.

3. Устная беседа с экзаменатором на английском языке по теме научной деятельности.

Примерные варианты тем для беседы

1. What scientific issues are within the scope of your project/diploma?
2. What aspects of your research turned out to be most challenging? And why?
3. What problems did you encounter and how did you address them?
4. Did the results/data obtained at each step of your work conform to your expectations?
5. What does the relevance of your scientific work consist in?
6. To what extent are the data obtained valid?
7. What are the fundamental laws and principles underlying your research?
8. What are the methods you are going to use in achieving your future goals?
9. Do you consider your work essential? Why? What is its scientific and practical importance?
10. What tasks are you planning to solve during your research?
11. Have you ever been puzzled by the results obtained?
12. Why would you like to enter postgraduate studies?

13. Do you combine work with studies?

**Примерные темы для вступительного испытания по программе
Молекулярная биология (104-01-00-153-хн)**

Введение. Структура и динамика клетки

Клетка. Клетки прокариот и эукариот. Разнообразие клеток. Особенности строения и упаковки ДНК. Органеллы. Симбиотическая теория происхождения органелл. Одно- и многоклеточные организмы. Типы клеток. Ткани. Процессы, протекающие в клетках. Биохимические процессы: синтез и распад органических соединений.

Структура клетки. *Цитоплазматическая мембрана.* Типы липидов. Асимметрия внутренней и внешней сторон мембраны. Мембранные белки и белки, ассоциированные с мембраной. Трансмембранный транспорт. Трансмембранный потенциал. Пассивный и активный транспорт. Транспортёры и каналы. Асимметрия мембран в различных типах клеток. *Ядро.* Структура хромосом. Хроматин. Ядрышко. Ядерный матрикс. Ядерная пора. Транспорт в ядро и из ядра.

Везикулярная система. Функции эндоплазматического ретикулума. Транспорт белков в ретикулум. Модификация и созревание белков. Гликозилирование и другие модификации. Сортировка белков. Аппарат Гольджи. Сигналы сортировки. Везикулярный транспорт. Эндоцитоз. Лизосомы.

Митохондрии и хлоропласты. Мембранная организация митохондрий. Ионные градиенты и синтез АТФ. Геном митохондрий и его особенности. Транспорт в митохондрии. Мембранная организация хлоропластов. Фотосинтез и превращение трансмембранного потенциала в энергию АТФ.

Цитоскелет. Микротрубочки. Система микротрубочек и их динамика в клетке. Сложные системы микротрубочек: реснички и жгутики. Движение по микротрубочкам. Актиновый цитоскелет. Миозин. Структура мышечной ткани. Промежуточные филаменты.

Динамика клетки. *Принципы передачи сигнала.* Рецепторы и гормоны. Типы рецепторов. G-белки. Рецепторы-ферменты. Вторичные посредники. Циклические нуклеотиды, инозитол трифосфат, Ca^{2+} . Киназные каскады. *Клеточное деление.* Клеточный цикл. Молекулярные механизмы, регулирующие клеточный цикл. Мейоз. Фазы мейоза.

Митоз. Фазы митоза и их молекулярные механизмы.

Клетки в составе организма. Межклеточные контакты. Типы межклеточных контактов. Плотные контакты. Десмосомы. Щелевые контакты. Другие межклеточные контакты. Внеклеточный матрикс.

Молекулярная биология гена

Химическая структура нуклеиновых кислот. *Структура ДНК и РНК.* Первичная структура ДНК. Структура и номенклатура нуклеотидов. Пространственная организация ДНК. Принципы комплементарных взаимодействий. Разнообразие РНК. Пространственная организация на примере тРНК.

Механизмы белково-нуклеинового узнавания. Значение белково- нуклеиновых комплексов в природе.

Структура и организация генома. Уровни компактизации геномной ДНК. Организация

генома у прокариот и эукариот. Регуляция экспрессии генов на уровне компактизации хроматина. Эухроматин, гетерохроматин, строение и функциональные различия.

Репликация. Механизм полуконсервативной репликации. *Репликация прокариот.* Репликативная вилка, ферменты – праймазы, ДНК-полимеразы, хеликазы, SSB, лигазы. Инициация, регуляция инициации. Терминация.

Репликация эукариот. ДНК-полимеразы, инициация (ARS), регуляция на уровне инициации, репликация в клеточном цикле, теломеры и теломераза. *Репарация.* Основные типы повреждений в ДНК, классификация систем репарации и их детальное рассмотрение (BER, NER и др.), SOS-система. Структура полимераз. Системы рестрикции-модификации.

Рекомбинация. Гомологическая рекомбинация. Полухиазма Холидея – структура-разрешение. Кроссинговер, генная конверсия. Ферменты рекомбинации. RecA белок. Митотическая рекомбинация эукариот. Мейотическая рекомбинация, пострепликативная репарация двуцепочечных разрывов ДНК (DSB). Специализированные системы гомологической рекомбинации. Сайт-специфическая рекомбинация. Фаги, P1. Бактериальные системы сайт-специфической рекомбинации. Эукариотические системы: V(D)J рекомбинация.

Пострепликативная репарация. Система репарации мисматчей. Транспозиция.

Транскрипция у прокариот. Субъединичный состав и цикл работы РНК-полимеразы E.coli. Регуляция транскрипции, репрессоры активаторы, lac- оперон, альтернативные сигма-факторы. Регуляция азотного метаболизма, регуляция транскрипции фага T4. Аттенуация. Реитеративная инициация. Взаимодействие с репарационной системой и выход из «арестованных комплексов». Регуляция транскрипции в стационарной фазе: ppGpp, 6S РНК. Регуляция транскрипции фага.

Транскрипция у эукариот: РНК-полимеразы I, II, III (состав, факторы, структура транскрипционных единиц, регуляция). Последовательность событий при инициации транскрипции РНК полимеразой II. Роль фосфорилирования C-концевого домена большой субъединицы РНК полимеразы II.

Процессинг РНК. Кэпирование мРНК, сплайсинг мРНК. Определение границ интронов, роль РНК-полимеразы, CBC, активаторов, PAP, цикл работы сплайсеосомы, регуляция сплайсинга. Полиаденилирование. Процессинг 3'- конца мРНК гистонов. Транс-сплайсинг, сплайсинг тРНК. Рибозимы I и II группы и другие типы рибозимов (строение, цикл работы, подвижность). Процессинг рРНК. Стабильность мРНК. МикроРНК. Ядерно-цитоплазматический транспорт.

Трансляция. Генетический код. тРНК. Аминоацилирование: активация аминокислоты, аминоацил- тРНК-синтетазы, их роль в обеспечении соответствия аминокислоты и тРНК.

Строение и функционирование рибосомы. Компоненты рибосомы. Катализируемая реакция. Структура рибосомы, ее важнейшие функциональные участки.

Трансляция у прокариот. Структура мРНК. Инициация, элонгация, терминация. Белковые факторы трансляции. Регуляция на уровне трансляции. Трансляция у эукариот, мРНК, инициация, регуляция. Антибиотики. Возможные механизмы действия антибиотиков, блокирующих трансляцию. **Белки после трансляции:** Процессинг белков, шапероны, транспорт белков в мембраны и митохондрии, транспорт в ядро, везикулярный транспорт. Посттрансляционная модификация, ее виды и функциональная роль.

Молекулярная биология вирусов

Общие сведения о вирусах: Общая характеристика вирусов. Структура вирусных частиц. Классификация вирусов. Структура генетического материала. Структура вирусных частиц.

Взаимодействие вируса и клетки: Проникновение вируса в клетку. Этапы взаимодействия вирусной частицы и клетки. Клеточные рецепторы, необходимые для вирусных частиц. Механизмы проникновения вируса в клетку.

Синтез компонентов вируса: Особенности репликации вирусных ДНК-геномов. Особенности транскрипции и трансляции (+) РНК-содержащих вирусов. Репликация и транскрипция (-) РНК-содержащих вирусов. Обратная транскрипция. Синтез вирусных белков.

Формирование вирусных частиц: Общие принципы сборки вирусных частиц. Механизмы формирования зрелых вирусных частиц. Локализация белков в месте отпочковывания. Механизмы почкования вирусных частиц. Упаковка вирусной нуклеиновой кислоты. Сигналы упаковки ДНК-содержащих и РНК-содержащих вирусов.

Основы генетической инженерии

Основы. Вектор. Плазмидные и интегративные вектора. Ферменты и реакции, применяемые в генной инженерии. Эндонуклеазы рестрикции, ДНК-лигаза, полинуклеотидкиназа, щелочная фосфатаза. ДНК-полимеразы. Обратная транскриптаза. Фрагментация ДНК. Виды нуклеаз. Эндонуклеазы рестрикции, механизм действия, использование на практике. Получение ДНК. Полимеразы, их виды, особенности, использование на практике.

Полимеразная цепная реакция. Принципы метода, реакции, компоненты реакционной смеси. Условия проведения реакции. Секвенирование ДНК. Химический синтез ДНК. Транскрипция *in vitro*.

Методы модификации генома. Клонирование. Вектора: виды, требования к векторам для клонирования. Методы селекции и скрининга клонов. Векторы на основе фага λ . Библиотеки генов и кДНК. Мутагенез. Виды мутагенеза, практическое использование. Направленный и статистический мутагенез. Мутагенез с помощью ПЦР. Геномное редактирование: системы для направленного изменения генома.

Продукция рекомбинантных белков. Решаемые задачи. Экспрессионные системы, их особенности и применение. Векторы для экспрессии.

Продукция белков в бактериях. Основные системы векторов. Регуляторные последовательности. Промоторы и требования к ним. Гибридные белки. Довески (тэги) для выделения и иммобилизации белков. Способы детекции рекомбинантных белков. Использование сплайсинга белков в генно-инженерных целях.

Продукция белков в клетках дрожжей. Челночные векторы, искусственные хромосомы. Исследование белок-белковых взаимодействий с помощью двугибридной системы. *Экспрессия рекомбинантных белков в клетках млекопитающих.* Промоторы и способы их регуляции. Ретровирусные векторы. Адресующие последовательности. Репортерный белок GFP.

Методы молекулярной биологии

Модельные организмы. Объекты изучения – организмы, которые легко выращивать. Наиболее известные “модельные” организмы – *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces*

cerevisiae, *Caenorhabditis elegans*, *Drosophila melanogaster*, *Mus musculus*, *Rattus norvegicus*. Фенотип – проявление генотипа. Наблюдаемые фенотипы бактерий (и дрожжей)– скорость роста на различных средах, требования к питательным веществам (ауксотрофность), устойчивость к антибиотикам, устойчивость к стрессам. Фенотипы высших эукариот: морфология тела и более сложные.

Микроскопия. Методы молекулярной и клеточной биологии. Микроскопия видимого света, флюоресцентная, конфокальная сканирующая. Микроскопия с суперразрешением: N-SIM и N-STORM. Методы окрашивания: красители, антитела, конъюгированные с флюоресцентными группами, рекомбинантные белки, соединенные с флюоресцирующими белками, гибридизация с флюоресцентным зондом (FISH). Клеточный сортер. Изучение клеток с помощью микроскопии и сортера клеток – анализ апоптоза/некроза, распределения по фазам клеточного цикла, идентификация и разделение типов клеток. Электронная микроскопия – сканирующая, теневая, электронная томография, крио электронная микроскопия.

Методы выделения и детекции макромолекул. Способы разрушения клеток. Центрифугирование. Ультрацентрифугирование. Хроматография. Гель-фильтрация, гидрофобная, катионо- и анионообменная, аффинная. Ультрафильтрация. Обработка ферментами. Фенольная депротеинизация. Осаждение нуклеиновых кислот, белков. Гель-электрофорез ДНК и РНК: агарозный и полиакриламидный. Детекция ДНК и РНК: красители, радиоизотопы, флюоресцентные метки, блоттинг по Саузерну и Нозерн- блоттинг. Разделение белков электрофорезом в ПААГ. Детекция белков окрашиванием кумасси, серебром, иммуноблоттинг. Идентификация белков при помощи масс- спектрометрии MALDI.

Полногеномные методы исследования. Анализ экспрессии генов методом гибридизации на микрочипах. Высокопроизводительные методы секвенирования (NGS). Секвенирование транскриптома. Картирование полиморфных участков генома. Поиск полиморфных участков, имеющих медицинское значение. Полиморфные участки ДНК в медицинской диагностике. Анализ протеома. Двумерный гель электрофорез, сопряженная система жидкостная хроматография электроспрей-масс спектрометрия. Методы мечения протеомов, флюоресцентные и изотопные метки.

Методы определения структуры макромолекул и их взаимодействия. Прямые методы: ядерный магнитный резонанс и рентгеноструктурный анализ. Методы поиска взаимодействующих молекул: аффинная хроматография, ко-иммунопреципитация, двухгибридная система. Методы поиска взаимодействующих участков макромолекул: делеционный анализ, мутации мест связывания, сшивки, химический и ферментативный пробинг, ограниченный протеолиз, тоупринтинг.

Высокопроизводительные методы анализа. Роботизация и микрофлюидика. Комбинаторные библиотеки. Методы создания и работы с комбинаторными библиотеками ДНК/РНК. SELEX. Проблема комбинаторных библиотек белков: фаговый и рибосомный дисплей.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ОСНОВНАЯ

1. Льюин Б. Гены. Москва. Бином. 2012.
2. Б. Альбертс, А. Джонсон, Д. Льюис, М. Рэфф, К. Робертс, П. Уолтер. Молекулярная

биология клетки. (5 издание). ИКС. Москва. R&C Dynamics Ижевск. 2013.

3. Nelson D.L., Cox M.M. Principles of Biochemistry (Lehninger Principles of Biochemistry) 8th edition. 2021.

4. Кокс Майкл, Нельсон Дэвид. Основы биохимии Ленинджера. Том 3. Москва. Лаборатория знаний. 2019.

5. Flint, Enquist, Racaniello, Skalka. Principles of virology. 2nd edition. Washington, D.C. ASM Press. 2004.

6. Спирин А.С. Молекулярная биология. Рибосомы и биосинтез белка. Москва. Лаборатория знаний. 2019.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Рис Э., Стернберг М. Введение в молекулярную биологию. М., «Мир», 2002.

2. В. Lewin. Genes VIII. Pearson Education, NJ, 2004.

Интернет-ресурсы:

1. Сайт-компаньон к 3 изданию книги Leningher A.L., Nelson D.L., Cox M.M. Principles of Biochemistry (Worth Publishers, 2000), с интерактивным 3D структурным модулем: <http://tnp-group.belozersky.msu.ru/links.html>

2. Biochemistry online: An Approach Based on Chemical Logic, by Dr. Henry Jakubowsky: <http://employees.csbsju.edu/hjakubowski/classes/ch331/bcintro/default.html>

3. Berg J.M., Tymoczko J.L., Stryer L. Biochemistry, 5th Edition, Online hypertextbook: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/bv.fcgi?call=bv.View..ShowTOC&rid=stryer.TOC&depth=2>

Примерные темы для вступительного испытания по программе Биохимия (104-01-00-154-хн)

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. Липопротеины и хиломикроны.
15. Жидкостно-мозаичная модель биомембран. Основные компоненты и их роль.
16. Биомембраны и молекулярные моторы (на примере АТФ-синтазы)
17. Разнообразии 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 рКа.
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 (В1, В2, В3, В5, В6, В12, С, липоевая кислота, биотин, фолиевая кислота).
33. Водонерастворимые витамины (А, D, Е, К).
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. Формуловка 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.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА ОСНОВНАЯ

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

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.

Примерные темы для вступительного испытания по программе Биотехнология (104-01-00-156-хн)

- I. 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. Стационарная кинетика трехстадийных ферментативных реакций. Основные методы определения констант скоростей промежуточных реакций
 14. Интегральные формы уравнений ферментативной кинетики. Основные методы обработки полной кинетической кривой.
 15. Ингибирование фермента продуктом реакции.
 16. pH-Зависимость двухстадийной реакции. Ионизация фермента или субстрата.
 17. Определение концентрации активных центров фермента из кинетических данных.
 18. Влияние температуры на кинетику ферментативных реакций. Энтальпия и энтропия активации.
 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.
- II. Принципы ферментативного катализа
1. Белки как биокатализаторы. Сравнение ферментов с органическими катализаторами гомогенного типа (эффективность действия, специфичность и стереоспецифичность, регуляторные свойства ферментов).
 2. Аминокислоты, их кислотно-основные свойства, полярность, гидрофобность и гидрофильность (параметр Ганша).
 3. Свободная энергия сорбции субстрата на ферменте как источник ускорения химической реакции. Профили “свободная энергия – координата реакции”.

4. Сравнение скорости и свободной энергии ферментативной и неферментативной реакции
5. 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).
6. 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).
7. Промежуточные ковалентные соединения в ферментативном катализе. Эффекты микросреды активного центра. Влияние растворителя на реакции нуклеофильного замещения. Внутренняя реакционная способность функциональных групп в белках.
8. Роль ионов металлов в ферментативном катализе.

III. Инженерная энзимология

1. Биотехнология: предмет и задачи. Классическая (традиционная) и "современная" (генноинженерная) биотехнология.
2. Задачи и возможности инженерной энзимологии.
3. Примеры практического использования ферментов для целей тонкого органического синтеза (получение аминокислот, пептидов, антибиотиков, стероидов и других биологически-активных веществ).
4. Пути регуляции положения равновесия в ферментативных реакциях - контроль. Выхода целевого продукта.
5. Пути получения стабильных и технологичных катализаторов на основе ферментов и их препаратов.
6. Принципы стабилизации ферментов в неводных средах.
7. Принцип пространственного разделение фермента и органического растворителя и возможности его практической реализации.
8. Примеры используемых на практике систем, их достоинства и недостатки. Мицеллярные системы, способы включения ферментов в системы обращенных мицелл. Типы и структуры фермент-содержащих мицелл.
9. Регуляция каталитической активности ферментов в мицеллярных системах варьированием степени гидратации и концентрации ПАВ. Случаи простых и сложных ферментов.
10. Использование мицеллярных систем с солюбилизированными белками (ферментами) для целей тонкого органического синтеза, химического (биохимического, иммуноферментного) анализа и медицины (терапии).
11. Обращенные мицеллы как нанореакторы контролируемой формы и размеров: возможности молекулярной и супрамолекулярной белковой инженерии.
12. Обращенные мицеллы как инструмент получения ферментных препаратов с заданными характеристиками.
13. Иммобилизация ферментов. Общие характеристики иммобилизованных ферментов. Преимущества иммобилизованных препаратов биокатализаторов. Области применения.
14. Носители для иммобилизации ферментов. Классификация. Приемы активации носителей. Носители, применяемые в медицине.

15. Типы иммобилизации. Физическая иммобилизация. Сравнительный анализ типов физической иммобилизации.
16. Химическая иммобилизация. Химические реакции, приводящие к созданию связей белок-носитель. Ковалентная модификация ферментов. Основные реакции модификации аминокрупп, карбоксильных групп и тио- групп фермента. Области применения химически иммобилизованных белков (ферментов).
17. Структура и стабильность ферментов. Молекулярные причины инактивации ферментов. Механизмы стабилизация ферментов при иммобилизации.

IV. Микробиология.

1. Клеточная и субклеточная организация прокариот.
2. Особенности работы с чистыми культурами: стерильность, организация микробиологической лаборатории, обеспечение бактериологической безопасности.
3. Рост и питание микроорганизмов.
4. Строение и функции клеточной стенки. Грамположительные и грамотрицательные бактерии.
5. Многообразие метаболических путей. Разнообразие и систематика.
6. Прокариоты в промышленных технологиях, медицине и биосфере.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

ОСНОВНАЯ

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

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Фершт Э. Структура и механизм действия ферментов. Пер. с англ. / М.: Мир, 1980.
2. Шульц, Ширмер. Принципы структурной организации белков.
3. Еремин Е.Н. Основы химической кинетики. Второе издание. М.: Высшая школа, 1976.
4. Микробиология. А.И. Нетрусов, И.Б. Котова, М. Издательский центр «Академия», 2007, стр. 6-100.

Примерные темы для вступительного испытания по программе Экология (104-01-00-1515-хн)

1. Основные понятия экологии, строения вещества и термодинамики.

Понятие об экологии - наука о взаимодействии организмов (включая человека) между собой и с их средой обитания, изучающая биотические механизмы регуляции и стабилизации окружающей среды, обеспечивающие устойчивость жизни. Понятие экосистемы.

Понятие об экологической химии - наука о химических процессах и взаимодействиях в окружающей среде, включая процессы антропогенного загрязнения окружающей среды и их последствия. Загрязняющее вещество, источник загрязнения.

Электронное строение атома и химическая связь. Типы химических связей. Органические и неорганические соединения. Основные характеристики химических связей в органических соединениях: энергия, длина, полярность, поляризуемость.

Моль вещества, молекулярная масса. Число Авогадро. Низкомолекулярные и высокомолекулярные соединения.

Понятие о молекуле, супрамолекуле и супрамолекулярной химии. Основные типы химических связей, которые реализуются в высокомолекулярных соединениях и супрамолекулярных ансамблях. Примеры высокомолекулярных соединений и супрамолекулярных ансамблей в окружающей среде.

Термодинамические свойства систем, интенсивные и экстенсивные величины, функции состояния и уравнения состояния.

Первый и второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Энергия Гельмгольца, энергия Гиббса.

Растворы. Химический потенциал. Уравнение Гиббса – Дюгема. Закон действующих масс и константа равновесия.

Адсорбция. Изотермы адсорбции Гиббса и Ленгмюра. Полимолекулярная адсорбция. Адсорбционные методы исследования дисперсных систем.

Электрохимический потенциал и условия равновесия. ЭДС электрохимического элемента, электродный потенциал. Уравнение Нернста.

Микро- и макросостояния системы. Фазовое пространство. Эргодическая гипотеза. Термодинамическая вероятность и ее связь с энтропией. Закрытые и открытые системы. Окружающая среда как открытая система.

2. Органическая химия синтетических, природных и загрязняющих веществ.

Строение органических соединений. Гибридизация атома углерода. Ковалентные s- и p-связи. Сопряженные системы и делокализованная химическая связь. Примеры сопряженных систем в природных соединениях.

Строение бензола. Формула Кекуле. Молекулярные орбитали бензола. Концепция ароматичности. Правило Хюккеля. Полициклические ароматические углеводороды. Теория их канцерогенной активности.

Промышленные и лабораторные методы получения ароматических углеводородов. Каталитический риформинг нефтяного сырья и выделение аренов из продуктов коксования каменного угля. Лабораторные методы: реакция Вюрца-Фиттига, тримеризация моно- и дизамещенных алкинов.

Полярность связи. Индуктивный эффект. Мезомерный эффект. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Внутри- и межмолекулярные взаимодействия в органических соединениях (донорно-акцепторные взаимодействия, водородные связи). Водородные связи в природных соединениях.

Примеры органических кислот и оснований. Факторы, определяющие кислотность и основность. Амины как основания и нуклеофилы. Важность параметра кислотности. Теория жестких и мягких оснований (ЖМКО) Пирсона. Примеры жестких и мягких оснований.

Электрофильное присоединение к алкенам. Присоединение галогенов, галогеноводородов, гидратация, гидрирование Правило Марковникова. Хлорированные углеводороды как класс загрязняющих веществ.

Озонолиз алкенов, механизм реакции. Окислительное и восстановительное расщепление озонидов. Реакции озонолиза органических соединений как основной механизм окисления в атмосфере. Образование пероксиацетилнитрата.

Реакции нуклеофильного замещения у насыщенного атома углерода как метод создания связей C-C, C-X, C-N, C-P. Классификация механизмов нуклеофильного замещения (S_N1 - и S_N2 -механизмы). Основные характеристики бимолекулярного и мономолекулярного механизмов.

Нуклеофильное присоединение к карбонильной группе воды, спиртов, тиолов и аминов (кислотный и основной катализ). Защита карбонильной группы.

Альдольная конденсация, механизм. Внутри- и межмолекулярная реакции. Дегидратация альдолей как метод синтеза α,β -ненасыщенных карбонильных соединений. Примеры протекания в биологических системах.

Моносахариды. Классификация. Тетрозы, пентозы и гексозы. Альдозы и кетозы. Глюкоза. Химические свойства: этерификация, восстановление, образование O-гликозидов, различные варианты окисления. Аскорбиновая кислота (витамин С).

Дисахариды: мальтоза, целлобиоза, сахароза. Восстанавливающие и невосстанавливающие дисахариды. Аминосахара. Полисахариды: крахмал, целлюлоза, хитин. Понятие о строении полисахаридов.

Строение жиров и масел. Гидролиз и гидрогенизация жиров. Химизм их прогоркания и антиоксидантное действие витамина Е. Структуры фосфолипидов.

Альфа-Аминокислоты. D и L конфигурация. Способы получения аминокислот. Изoeлектрическая точка. Пептидная связь. Первичная структура белка.

Представление о растительных биополимерах: лигнин, мономерные структурные звенья, природа связей, структура полимера.

Гуминовые вещества как супрамолекулярный продукт окисления лигноуглеводного комплекса. Общие представления о строении и функциональных группах гуминовых веществ.

Органические загрязняющие вещества. Нефтяные углеводороды, включая полициклические ароматические углеводороды (ПАУ). Хлорированные углеводороды: полихлорированные бифенилы (ПХБ), полихлорированные диоксины и дибензофураны. Гидрофобность как свойство органических загрязняющих веществ. Октанольно-водный коэффициент. Гидрофобные взаимодействия. Энергия гидрофобной связи.

Азот-, фосфор-, серо- и хлорсодержащие пестициды. Примеры методов получения. Классификация по типу воздействия на живые организмы.

3. Аналитическая химия окружающей среды.

Молекула воды: строение и свойства. Водородная связь. Кисотно-основные равновесия. Понятие о протолитической теории кислот и оснований Бренстеда-Лоури.

Протолитические равновесия в воде. Характеристика силы слабых кислот и оснований. Константы кислотности, основности и их показатели; рН растворов слабых кислот и слабых оснований. Буферные растворы. Расчет рН.

Окислительно-восстановительные реакции. Окислительно-восстановительные потенциалы. Кинетика окислительно-восстановительных реакций. Влияние рН. Уравнение Нернста.

Основные классы неорганических загрязняющих веществ и их превращения. Тяжелые металлы. Радионуклиды. Гидролиз металлов, комплексообразование, осаждение. Константы комплексообразования. Понятие о комплексонах.

Пробоотбор и пробоподготовка при анализе объектов окружающей среды. Понятие средней пробы и методы ее отбора. Методы разделения и концентрирования.

Методы анализа тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Метод атомно-абсорбционной спектроскопии и атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой: принципы, преимущества, области применения. Оптические методы спектрального анализа. Спектрофотометрия и флуоресцентная спектроскопия. Применение оптических методов для анализа вод и почв на содержание тяжелых металлов.

Анализ вод и почв на содержание органических загрязняющих веществ. Хроматографический метод анализа. Газовая и жидкостная хроматография: принципы и области применения. Эффективность хроматографического разделения. Высокоэффективная хроматография.

Масс-спектрометрия: физические принципы. Измерение массы с помощью масс-спектрометра. Основные способы ионизации химических соединений. Жесткая и мягкая ионизация. Способы идентификации органических соединений методом масс-спектрометрии. Понятие о таргетном и нетаргетном анализе.

Понятие токсичности. Острая и хроническая токсичность. Кривая доза-эффект. Количественные показатели токсичности. Бионакопление. Кумулятивный эффект.

4. Промышленные процессы и экология.

Получение питьевой воды и экология. Реагентная очистка. Проблемы загрязнения питьевой воды в результате хлорирования. Альтернативные методы дезинфекции питьевой воды.

Твердые отходы и экология. Свалки. Полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО). Проблемы загрязнения окружающей среды свалками и полигонами ТКО. Схема мусоросжигательного завода. Химические основы очистки газовых отходов мусоросжигательных заводов.

Ядерная энергетика и экология. Ядерный топливный цикл. Радиоактивные отходы. Основные способы и проблемы захоронения радиоактивных отходов. Миграция радионуклидов из мест захоронения. Основные принципы радиационной безопасности, направленные на защиту населения.

Биоэнергетика и экология. Возобновляемое и ископаемое сырье. Биомасса как источник сырья. Основные отходы при переработке растительной биомассы и проблемы их утилизации. Биотопливо. Биопластики.

Экологизация промышленного производства. «Зеленая» химия. Двенадцать принципов зеленой химии. Подходы к минимизации воздействия химических производств на окружающую среду.

Рекомендованная литература ОСНОВНАЯ

1. Петросян В.С., Шувалова Е.А. Химия и токсикология окружающей среды. М.: 2017. Изд. ООО "Буки Веди", 640 с.
2. Полторак О.М. Термодинамика в физической химии, М.: 1991, «Высшая школа».
3. Реутов О.А., Курц А.Л., Бутин К.П. Органическая химия, ч. 1-4. М.: 1999, Изд. МГУ.
4. Органическая химия: Учеб. для вузов: в 2 кн. / В.Л. Белобородов, С.Э. Зурабян, А.П. Лузин, Н.А. Тюкавкина; Под ред. Н.А. Тюкавкиной. – М. 2002: Дрофа, – Кн. 1: Основной курс. – 640 с.
5. Основы аналитической химии. Учебник для вузов. В 2-х кн. Кн.1. Общие вопросы. Методы разделения. Кн. 2. Методы химического анализа. Под ред. Ю.А. Золотова. М.: 2004. Высшая школа. 361 с., 503 с.
6. Сапожников Ю.А., Алиев Р.А., Калмыков С.Н. Радиоактивность окружающей среды. М.:2006, Бином, 268 с.
7. Лунин В.В., Локтева Е.С. «Зеленая» химия в России. В сб. Зеленая химия в России. Под ред. В.В. Лунина, П. Тундо, Е.С. Локтевой. М.:2004. Изд-во МГУ, с. 146-162.
8. Ясовеев, М.Г., Какарека Э.В., Шевцова Н.С., Шершнева О.В. Промышленная экология. Минск 2010, 236 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ

1. Будыко М.И. Эволюция биосферы. Л: Гидрометеиздат, 1984.
2. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М. Наука. 1965.
3. Зайцев В. А. Промышленная экология: учеб. пособие / В. А. Зайцев. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. - 130 с.
4. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. 3-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.
5. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. М., "Химия", 1991.
6. Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г. Мизити А. Введение в экологическую химию. М.: Высшая школа, 1994. – 400 с.
7. Тарасова Н.П., Кузнецов В.А., Сметанников Ю.В. и др. Задачи и вопросы по химии окружающей среды. – М.: Мир, 2002. – 368 с.
8. Тинсли И. Поведение химических загрязнителей в окружающей среде. М.Мир, 1982.
9. Manahan, S. Environmental Chemistry. Tenth Edition. 2017 by CRC Press. Textbook - 752 P.
10. Steffen, W.; Grinevald, J.; Crutzen, P.; McNeill, J. (2011). "The Anthropocene: conceptual and historical perspectives". Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. 369 (1938): 842–867. Bibcode:2011RSPTA.369..842S. doi:10.1098/rsta.2010.0327.

АВТОРЫ ПРОГРАММЫ

Этапы 1-2.

Д.х.н., проф. Рубцова М.П.

Д.х.н., проф. Богданов А.А.

Д.х.н., проф. Сергиев П.В.

Д.х.н., проф. Клячко Н.Л.

Д.х.н., проф. Гладилин А.К.

К.х.н. доц. Ле-Дейген И.М.

К.х.н. с.н.с. Белова А.Б.

К.х.н. доц. Белогурова Н.Г.

Д.х.н., проф. Кудряшова Е.В.

Д.х.н., проф. Перминова И.В.

Этап 3.

Андреева О.К. – ст. преп. кафедры английского языка

Биккулова Г.Р. – к.п.н., зав. кафедрой английского языка

Шведова Е.В. – ст. преп. кафедры английского языка