

**Программа вступительного испытания  
для поступления в магистратуру факультета биоинженерии  
и биоинформатики МГУ имени М.В.Ломоносова по  
направлению подготовки 06.04.01 «Биология», программа  
«Применение машинного обучения в биологии»**

Раздел “Основы высшей математики”

- Рациональные и действительные числа. Мощности множеств.
- Комплексные числа и операции с ними. Корни из комплексного числа, формула Муавра.
- Непрерывные и кусочно-непрерывные функции. Свойства непрерывных функций. Элементарные функции и их свойства.
- Предел последовательности. Критерий Коши сходимости последовательности.
- Производная. Гладкие и кусочно-гладкие функции. Свойства производной. Производные элементарных функций. Приближённое вычисление производной. Частные производные и градиент. Нахождение максимумов и минимумов кусочно-гладких функций. Метод наименьших квадратов.
- Интеграл функции одной переменной. Свойства интеграла. Интегралы от элементарных функций. Кратные интегралы.
- Приближённое вычисление интеграла.
- Разложение функции в ряд Тейлора. Вычисление пределов при помощи разложения в ряд Тейлора.
- Евклидово двумерное и трехмерное пространство. Уравнения прямой, окружности, эллипса, плоскости, эллипсоида.
- Базис в линейном пространстве. Абстрактное скалярное произведение векторов. Нахождение коэффициентов разложения по ортонормированному базису при помощи скалярного произведения. Процедура Грама-Шмидта.
- Неравенство Коши - Буняковского и его геометрический смысл (косинус угла между векторами по модулю меньше 1). Вычисление косинусной меры разности.
- Матрицы. Системы линейных уравнений. Решение системы линейных уравнений методом Гаусса. Критерий Кронекера - Капелли о совместности системы линейных уравнений.
- Линейное пространство. Линейный оператор. Смысл матрицы линейного оператора (столбцы - это образы элементов старого базиса в новом). Множество решений ОСЛАУ как ядро линейного оператора. Образ линейного оператора.  $OPHC = CPHC + OPOC$
- Общие правила комбинаторики. Правило суммы и правило произведения. Принцип Дирихле. Факториал.
- Число перестановок. Число сочетаний и размещений с повторениями и без.
- Решение комбинаторных задач с ограничениями. Формула включений и исключений.
- Определение события. Определения вероятности события. Случайная величина. Вероятность объединения и пересечения случайных величин.

- Дискретные и непрерывные распределения случайных величин. Распределение Бернулли, биномиальное, Пуассона. Равномерное, нормальное и экспоненциальное распределения.

### Раздел “Основы физики”

- Основы механики. Законы Ньютона. Законы сохранения.
- Понятие работы и энергии. Кинетическая и потенциальная энергия
- Основы электростатики. Закон Кулона. Энергия взаимодействия зарядов, диэлектрическая проницаемость. Электромагнитная индукция.
- Электромагнитное излучение, его виды. Зависимость энергии кванта света от длины волны. Спектральные линии поглощения и излучения в газах.
- Поляризация фотона как простейшая квантовая система. Вероятность прохождения фотона с заданной поляризацией через поляризатор. Оператор энергии системы, стационарное уравнение Шрёдингера. Решение нестационарного уравнения Шрёдингера для конечномерной системы в энергетическом базисе.
- Термодинамическое равновесие (при каких условиях понятие температуры имеет смысл?). Распределение Больцмана. Распределение Планка. Связь интенсивности спектральных линий с ними. Связь распределения Больцмана с распределением Планка. Закон Стефана-Больцмана.

### Раздел “Химия”

- Строение атома, электронные оболочки, типы орбиталей. Изотопы. Ионы. Металлы и неметаллы, электроотрицательность и энергия ионизации.
- Понятие валентности. Типы химических связей и их основные свойства.
- Относительная молекулярная масса, молярная масса, массовая доля, молярная концентрация.
- Общие представления о пространственном строении молекул. Гибридизация орбиталей, ее виды и особенности.
- Типы химических реакций. Нуклеофилы, электрофилы. Механизмы присоединения, нуклеофильного и электрофильного замещения.
- Окислительно-восстановительные реакции, окислительно-восстановительный потенциал. Уравнение Нернста.
- Растворы. Виды растворов, растворимость. Полярные и органические растворители. Понятие о коллоидных растворах.
- Электролитическая диссоциация, электролиты. Гидролиз. Ионное произведение воды. Кислоты и основания, амфотерность. Константа диссоциации. Буферы, буферная ёмкость.
- Скорость химической реакции, факторы, от которых зависит скорость реакции. Тепловой эффект реакции. Энергия активации реакции. Закон Гесса. Энтальпия. Эндотермические и экзотермические реакции. Катализ.
- Равновесие в химических процессах. Факторы, влияющие на смещение равновесия. Энтропия, энергия Гиббса. Принцип ле-Шателье. Закон действующих масс. Уравнение Аррениуса
- Понятие изомерии, виды изомеров. Таутомерия. Хиральность, хиральные молекулы, их номенклатура.

- Основные группы органических веществ: алифатические и ароматические углеводороды, спирты, карбонильные соединения, кислоты, амины. Структура, номенклатура и основные свойства.

## Раздел “Биохимия”

- Вода. Водородные связи. Растворимость веществ в воде. Амфифильные вещества и мицеллообразование. Осмос
- Буферные системы в живых клетках и организменных жидкостях. Участие воды в биохимических реакциях.
- Аминокислоты и белки. Структура, номенклатура, свойства аминокислот, однобуквенное и трехбуквенное обозначения. Аминокислоты как кислоты и основания. Ионизация пептидов, изоэлектрическая точка.
- Пространственная структура полипептидов. Нековалентные и дисульфидные связи. Элементы вторичной структуры белка (альфа-спирали, бета-тяжи). Фолдинг и денатурация белков.
- Неферментативные функции белков. Обратимое взаимодействие белка и лиганда. Селективность и специфичность белка по отношению к лигандам. Влияние ионизации аминокислот на связывание лиганда. Аллостерическая регуляция связывания. Кооперативное связывание и коэффициент Хилла. Влияние мутаций на структуру и функцию белка.
- Глобулярные и мембранные белки. Примеры транспортных белков. Моторные белки.
- Ферментативный катализ. Понятия: фермент, кофактор, кофермент, апо- и холофермент, субстрат и продукт, активный центр, аллостерический центр. Принципиальная обратимость химических реакций. Химическое равновесие и изменение свободной энергии химической реакции. Влияние ферментов на протекание химических реакций и химико-физические предпосылки этого влияния.
- Специфический и общий кислотно-основной катализ. Классические примеры молекулярных механизмов кислотно-основного катализа: химотрипсин, РНКазы А. Образование ковалентно связанных интермедиатов, участие ионов металлов в ферментативном катализе. Активность ферментов и влияющие на нее факторы. Кинетическая эффективность ферментов, число оборотов и константа специфичности. Уравнение Михаэлиса-Ментен.
- Регуляция активности ферментов. Модуляция активности ферментов за счет связывания лигандов: активаторы и ингибиторы. Виды ингибирования. Регуляция активности ферментов за счет белок-белковых взаимодействий и ассоциации/диссоциации субъединиц, частичного протеолиза, обратимых ковалентных модификаций (фосфорилирование).
- Понятие о метаболических путях, скорость-лимитирующих реакциях, регуляторных ферментах.
- Углеводы. Моносахариды и дисахариды. Линейная и циклическая формы моносахаридов, стереоизомеры. Образование дисахаридов, виды гликозидных связей. Функции: энергетический метаболизм, синтез нуклеиновых кислот, участие в распознавании клеток и рецепторов.
- Полисахариды: линейные и разветвленные, гомо- и гетерополисахариды. Крахмал, гликоген, декстраны, целлюлоза, хитин. Функции: запасание энергии,

образование клеточных стенок, слизи, внеклеточного матрикса (структурная роль). Конъюгаты углеводов с белками и липидами.

- Нуклеотиды и нуклеиновые кислоты. Структура, номенклатура и свойства нуклеотидов. Фосфодиэфирная связь, понятие комплементарности нуклеотидных цепей. Структура ДНК и РНК. Метилирование азотистых оснований. Функции свободных нуклеотидов в клетке: АТФ, редокс-кофакторы (НАДН, НАДФН, FAD), цАМФ.
- Липиды. Жирные кислоты: насыщенные и ненасыщенные. Триацилглицериды как энергетический резерв клетки. Структурные липиды мембран. Липиды архей. Стерины. Сигнальные липиды: фосфатидилинозитол и эйкозаноиды, стероидные гормоны. Хиноны как переносчики электронов.
- Строение биологических мембран. Липидный бислой, мембранные белки. Транспорт веществ через мембраны: простая и облегченная диффузия, активный транспорт. Симпорт и антипорт. Первичный и вторичный активный транспорт. Аквапорины, натрий-калиевая АТФаза, ABC-переносчики. Ионифоры.
- Основы биоэнергетики. АТФ как “энергетическая валюта” клетки. Окислительно-восстановительные реакции как источник энергии. Трансмембранная разность электрохимических потенциалов протонов, протон-движущая сила. Генераторы протон-движущей силы на биологических мембранах. АТФ-синтаза; фото- и окислительное фосфорилирование.
- Обмен углеводов и центральный путь катаболизма. Расщепление полисахаридов, транспорт глюкозы в клетки. Гликоген. Аэробный и анаэробный гликолиз. Пируватдегидрогеназный комплекс и цикл трикарбоновых кислот. Глюконеогенез. Скоординированная регуляция гликолиза и глюконеогенеза, синтеза и мобилизации гликогена как иллюстрация общих принципов регуляции метаболических путей.
- Обмен жиров и жирных кислот. Липопротеины плазмы крови как переносчики жиров и других липидов. Расщепление жиров. Использование жирных кислот для запасаения энергии, бета-окисление жирных кислот. Образование и окисление кетоновых тел у млекопитающих. Синтез жирных кислот.
- Обмен азота. Связь катаболизма аминокислот с углеводным обменом. Экскреция аммиака животными, орнитинный цикл. Цикл азота в природе: азотфиксаторы, нитрификаторы и денитрификаторы, анаммокс. Включение азота в биомолекулы: глутаминсинтаза и глутаматсинтаза. Биосинтез аминокислот, заменимые и незаменимые аминокислоты у млекопитающих. Биосинтез других азотсодержащих соединений из аминокислот: биогенные амины, порфирины, нуклеотиды. Ферменты синтеза нуклеотидов как мишени для химиотерапевтических препаратов.

## Раздел “Общая биология”

- Систематика и биоразнообразие живого мира. Клеточная теория. Особенности строения прокариотических и эукариотических клеток. Общий план строения бактериальной клетки.
- Внутриклеточные органеллы эукариотической клетки. Строение и функции ядра клетки. Ядрышко и рибосомы. ЭПС, комплекс Гольджи, лизосомы, вакуоли и пероксисомы – элементы вакуолярной системы внутриклеточного транспорта. Митохондрии и пластиды: строение, функции, гипотеза симбиогенеза.

Цитоскелет. Центриоли. Органеллы движения – реснички и жгутики.

Особенности строения животной, растительной и грибной клетки.

- Жизненный цикл эукариотической клетки. Основные процессы жизнедеятельности в пресинтетический, синтетический и постсинтетический период. Строение хромосом и плоидность клетки. Понятие о гомологичных хромосомах.
- Способы деления клетки. Бинарное деление прокариотической клетки. Митотическое деление клеток. Мейоз. Конъюгация и кроссинговер.
- Бесполое и половое размножение – характеристика, преимущества и недостатки. Примеры бесполого размножения: митотическое деление, споруляция, фрагментация. Половое размножение. Гаметогенез. Оплодотворение. Партеногенез.
- Понятие наследственности и изменчивости. Типы изменчивости: модификационная, комбинативная и мутационная. Понятие вида и популяции. Критерии вида. Возникновение приспособлений в результате взаимодействия эволюционных факторов. Ароморфозы и идиоадаптации.

## Раздел “Основы молекулярной биологии”

- Предмет и основные вехи в истории развития молекулярной биологии. Опыты Гриффита и Чейза. Открытие структуры ДНК Уотсоном и Криком. Центральная догма молекулярной биологии. Общий план строения нуклеиновых кислот. Комплементарность азотистых оснований. Различия в строении РНК (сложная вторичная и третичная структура, основные виды РНК) и ДНК (комплементарность и антипараллельность). Формы ДНК. Основные функции ДНК и РНК.
- Как ДНК хранит наследственную информацию? Генетический код. Свойства генетического кода, таблица генетического кода. Вариации универсальной кодировки у прокариот и в полуавтономных органеллах. Сложности определения понятия «ген». Разнообразие геномов живых организмов. Особенности вирусных, прокариотических и эукариотических геномов. Опероны прокариот. Прерывистые гены эукариот (экзон-интронная структура). Общая структура генома человека.
- Репликация ДНК. Основные характеристики ДНК-полимераз: процессивность и точность, дополнительные ферментативные активности, сравнительная характеристика основных полимераз. Ориджины репликации.
- Особенности репликации кольцевых прокариотических и линейных эукариотических геномов. Проблема недорепликации концов хромосом у эукариот.
- Основные виды мутаций: генные (транзиции и трансверсии, синонимичные и несинонимичные мутации), хромосомные, геномные. Основные причины мутаций каждого вида. Примеры заболеваний, вызванных мутациями (генные – муковисцидоз, хорей Хантингтона, хромосомные – синдром Лежена, геномные – синдром Дауна, Клайнфельтера, Шерешевского-Тернера). Диагностика носительства мутаций.
- Полимеразная цепная реакция – принцип метода. Методы секвенирования ДНК.
- Транскрипция, ее основные принципы, промоторы, ферменты. Опероны прокариот, регуляция их работы.

- Особенности транскрипции эукариот. Промоторы, энхансеры, транскрипционные факторы. Процессинг РНК. Сплайсинг, его основные механизмы, участие малых ядерных РНК. Альтернативный сплайсинг, его биологическое значение.
- Метилирование ДНК как способ регуляции транскрипции. 5mC и 5hmC основные продукты метилирования-деметилирования у эукариот. Основные ферменты метилирования-деметилирования – DNMT и TET. Обратимость метилирования, стохастическая модель метилирования. Модификации гистонов. Гистоновый код. Значение эпигенетической регуляции экспрессии генов.
- Регуляторные РНК. РНК-переключатели прокариот. МикроРНК. Сайленсинг, общий механизм. Si- и sh-РНК, их использование для нокадауна генов. Длинные некодирующие РНК. Инактивация X-хромосомы млекопитающих РНК Xist.
- Разнообразие некодирующей ДНК человека. Псевдогены, повторы, их разнообразие. Мобильные элементы, их классификация. Различные механизмы перемещений по геному.
- Трансляция. Структура зрелой мРНК эукариот, функции кэпа и поли А-хвоста.
- “Жизненный цикл” молекул РНК и белков в клетке. Транскрипция, процессинг и деградация РНК. Трансляция, модификация и деградация белков.

## Список литературы, рекомендованной для подготовки к вступительным испытаниям:

### Основы высшей математики

- ❖ Г.М. Фихтенгольц, Основы математического анализа
- ❖ Беклемишев, Курс аналитической геометрии и линейной алгебры

### Физика

- ❖ Л. Сасскинд, А. Фридман, Квантовая механика. Теоретический минимум
- ❖ А. Львовский, Отличная квантовая механика: Учебное пособие и решения

### Химия

- ❖ Глинка, Н.Л. Общая химия в 2 т.: учебник для вузов.
- ❖ Тамм М.Е., Третьяков Ю.Д. Неорганическая химия. в 3-х томах.
- ❖ В.В. Еремин, И.А. Успенская, С.И. Каргов, Н.Е. Кузьменко, В.В. Лунин. Основы физической химии. Учебное пособие в 2 частях.
- ❖ Юровская М.А, Куркин А.В. Основы органической химии.

### Биохимия

- ❖ Нельсон Д., Кокс М., Основы биохимии Ленинджера в 3-х томах
- ❖ Кольман Я., Рём К.-Г., Наглядная биохимия

### Общая биология

- ❖ С. Колесников, Биология. Пособие-репетитор. Учебное пособие
- ❖ Тейлор Д., Грин Н., Стаут У., Биология (в 3 томах)

### Основы молекулярной биологии

- ❖ Дымшиц Г.М., Саблина О.В., Основные начала молекулярной биологии: 25 иллюстрированных лекций: учебное пособие
- ❖ Б. Альбертс, Молекулярная биология клетки (издание в 1 томе)
- ❖ «Клетки по Льюину» (ред. Л. Кассимерис, В. Лингаппа, Д. Плоппер)

### Дополнительные источники для математической подготовки:

- ❖ Бесплатный онлайн-курс “Введение в математический анализ” - <https://stepik.org/course/95>
- ❖ Бесплатный онлайн-курс “Линейная алгебра” - <https://stepik.org/course/2461>
- ❖ Бесплатный онлайн-курс “Теория вероятностей” - <https://stepik.org/course/3089>
- ❖ Канал YouTube 3blue1brown
  - The essence of calculus (плейлист)  
<https://www.youtube.com/playlist?list=PLZHQObOWTQDMSr9K-rj53DwVRMYO3t5Yr>
  - The essence of linear algebra (плейлист)  
[https://www.youtube.com/playlist?list=PLZHQObOWTQDPD3MizzM2xVFItgF8hE\\_ab](https://www.youtube.com/playlist?list=PLZHQObOWTQDPD3MizzM2xVFItgF8hE_ab)