

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.И. ПИРОГОВА»**  
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)

Утверждено

Проректор по послевузовскому  
и дополнительному образованию

\_\_\_\_\_ /О.Ф. Природова/

**ПРОГРАММА**

**вступительного испытания**

**по специальной дисциплине для поступающих на обучение по программам  
подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре**

**Группа научных специальностей: 1.5. «Биологические науки»  
Научная специальность: 1.5.2. «Биофизика»**

Москва 2025

## Структура вступительного экзамена

Форма проведения -устный опрос. Результат по билетам оценивается по 5 балльной шкале.  
Итоговая оценка выставляется комиссией на основе оценки за каждый вопрос.

### Оценка уровня знаний (баллы):

Каждый вопрос оценивается по пятибалльной шкале.

"Отлично" – 5 баллов (по 5-балльной шкале);

"Хорошо" - 4 балла (по 5-балльной шкале);

"Удовлетворительно" – 3 балла (по 5-балльной шкале);

"Неудовлетворительно" - 0-2 балла (по 5-балльной шкале).

### Критерии оценивания

|                                                                         | Баллы |
|-------------------------------------------------------------------------|-------|
| Ответ полный без замечаний, продемонстрировано рабочее знание предмета. | 5     |
| Ответ полный, с незначительными замечаниями                             | 4     |
| Ответ не полный, существенные замечания                                 | 3     |
| Ответ на поставленный вопрос не дан                                     | 0-2   |

## Содержание

- Определение биофизики как науки; ее разделы и основные методы. Биофотоника, общие закономерности фотобиологических процессов.
- Электронные переходы в биомолекулах при поглощении света и люминесценции.
- Количественные закономерности поглощения света биомолекулами. Особенности поглощения света в биологических объектах.
- Количественные закономерности фотолюминесценции в биологических системах. Спектры люминесценции и спектры возбуждения люминесценции биомолекул.
- Кинетический перенос энергии электронного возбуждения в биологических объектах.
- Миграция энергии электронного возбуждения в биологических системах. Хемилюминесценция биологических систем.
- Кинетика фотохимических превращений биомолекул.
- Спектры действия фотопревращений биомолекул и фотобиологических процессов.
- Механизм действия ультрафиолетового излучения на белки и липиды.
- Механизм действия ультрафиолетового излучения на нуклеиновые кислоты.
- Биофизические механизмы фотобиологических процессов в коже. Механизм индукции эритемы кожи ультрафиолетовым излучением.
- Механизм фотоканцерогенеза в коже под действием ультрафиолетового излучения. Механизм фотосинтеза витамина D<sub>3</sub> в коже.
- Механизм фотозагара.
- Фотопревращения билирубина в коже при фототерапии желтухи новорожденных.
- Механизм фоторецепции, фотофизические стадии зрения у позвоночных.
- Сенсibilизированные фотобиологические процессы, фотодинамическая терапия.
- Реакции фотоприсоединения псораленов к пиримидиновым основаниям. Механизм сенсibilизирующего действия псораленов при фототерапии псориаза.
- Начальные стадии фотосинтеза в зеленых растениях.
- Методы определения молекулярных масс биомакромолекул: осмометрия, гельхроматография, электрофорез в полиакриламидном геле, рассеяние света, вискозиметрия.
- Конформационная потенциальная энергия белковых макромолекул. Внутри- и межмолекулярные силы и взаимодействия биомакромолекул: кулоновское взаимодействие, иондипольные взаимодействия, вандерваальсовы силы, водородные силы, стерические силы (силы деформации и напряжения валентных связей и углов, силы заторможенности вращения пептидных групп вокруг простых связей). Гидрофобное взаимодействие.
- Уникальные (аномальные) физические свойства воды и их роль в биологических процессах. Модели структуры молекулы воды. Структура льда. Структура жидкой воды в ионных растворах, ее модели. Структура раствора неполярных молекул: гидрофобное взаимодействие.
- Вторичная структура молекул белков. Распространенность вторичных структур в белках, влияние электростатических сил и гидрофобных взаимодействий на стабильность вторичной структуры полипептидов и белков.

- Третичная структура молекул белков. Термодинамическая модель структурной организации белков. Макромолекулярная организация глобулярных белков. Анализ третичной структуры белка по Фишеру.
- Анализ и предсказание вторичной и третичной организации белка по первичной структуре. Физические принципы самоорганизации белковых молекул. Связь между структурным и функциональным подобием.
- Четвертичная структура молекул белков. Анализ числа субъединиц и их взаимного расположения. Стабильность четвертичной структуры белков. Методы предсказания структуры белков, компьютерное построение молекулярных моделей.
- Структура нуклеиновых кислот. Конформационный анализ. Углы вращения остова нуклеиновой кислоты и стерические ограничения. Взаимодействия первого и второго порядка. Силы, стабилизирующие упорядоченные конформации. Типы спаривания оснований в кристаллах и в растворе.
- Стэкинг оснований. Основные силы, обеспечивающие стэкинг-взаимодействия. Третичная структура нуклеиновых кислот.
- Структура хроматина.
- Физические основы оптической активности макромолекул. Рентгеноструктурный анализ глобулярных белков. Создание пространственной модели белков.
- Анализ структуры и функции белков и нуклеиновых кислот с помощью метода флуоресцентных зондов. Принцип метода. Основные типы флуоресцентных зондов. Применение метода резонансного переноса энергии флуоресценции для оценки расстояний между парами зондов, связанных с биообъектом.; изучение белок-липидных пространственных взаимоотношений в мембранах.
- Резонансные методы исследования структуры и функции белков и нуклеиновых кислот: ядерный магнитный резонанс, электронный парамагнитный резонанс. Связь параметров спектра ядерного магнитного резонанса с физическими характеристиками молекул.
- Метод спиновых меток и зондов. Время корреляции вращательной диффузии, параметр упорядоченности, параметр гидрофобности.
- Взаимодействие биомacroмолекул с лигандами в условиях равновесия. Равновесное связывание лигандов с макромолекулами. Типы связывания. Взаимодействие между центрами связывания. Кооперативное связывание кислорода гемоглобином.
- Конформационное равновесие в полипептидах и белках: переход спираль-клубок. Модель перехода спираль–клубок типа "застежка–молния". Описание перехода спираль–клубок.
- Конформационное равновесие в белках: равновесное сворачивание–разворачивание. Процесс денатурации белков.
- Клеточные механизмы контроля за укладкой полипептидной цепи во вновь синтезируемых белках. Участие белков теплового шока (шаперонов) в репарации структуры денатурированных белков. Механизмы удаления поврежденных белков.
- Структурные переходы в нуклеиновых кислотах. Структура и стабильность одноцепочечных нуклеиновых кислот. Равновесие между одно- и двухцепочечными структурами. Температура плавления и стабильность. Гидродинамические исследования плавления двойной спирали. Плавление ДНК. Ренатурация комплементарных цепей.
- Связывание нуклеиновых кислот с лигандами. Основные механизмы связывания.

Физические методы изучения структуры и функций клетки. Электрические свойства клеток. Механические свойства клетки и цитоплазмы. Состояние воды и электролитов в клетке. Свободная и структурированная клеточная вода.

- Виды процессов переноса веществ через мембраны. Закон диффузии, уравнение Фика, уравнение для диффузии веществ через мембраны.
- Основное уравнение электродиффузии (уравнение Нернста-Планка). Решение уравнения электродиффузии для мембран в приближении однородного поля.
- Уравнение Гольдмана-Ходжкина-Каца.
- Проницаемость биологических и модельных мембран; методы ее исследования. Коэффициент проницаемости биомембран, его зависимость от растворимости вещества в липидах, коэффициент распределения.  
Транспорт веществ через мембраны путем облегченной диффузии. Поры в биомембранах, методы оценки эффективного размера пор.
- Зависимость проницаемости биомембран для различных веществ от фазового состояния липидов. Транспорт воды. Механизм функционирования водных каналов.
- Активный транспорт веществ в живой клетке. Молекулярный механизм работы  $K^+$ ,  $Na^+$ - и  $Ca^{++}$ -АТФаз. Опыты Усинга, касающийся измерения ионных потоков через многоклеточные системы.
- Связь транспорта воды с движением других веществ. Осмотическое сжатие и набухание клеток. Хемиосмотическая теория окислительного фосфорилирования в митохондриях: основные постулаты Митчела и их экспериментальные доказательства.
- Поверхностные заряды и поверхностный потенциал. Мембранный потенциал живой клетки. Методы измерения биопотенциалов, микроэлектродная техника.
- Равновесные потенциалы Нернста и Доннана. Стационарный потенциал: уравнение Гольдмана-Ходжкина-Каца для расчета значений потенциалов покоя и действия. Роль активного транспорта ионов в генерации потенциалов покоя.
- Потенциалы покоя клеток печени, почек, сердечной, скелетной и гладкой мышц, нервной ткани в норме и патологии.
- Генерация клетками электрических импульсов. Биофизический механизм генерации потенциала действия. Метод фиксации напряжения на мембране. Изменения потоков ионов калия и натрия во времени при генерации потенциала действия.
- Селективность ионных каналов, регуляция работы ионных каналов. Воротные токи. Кабельные свойства нервных волокон. Скорость проведения нервного импульса; телеграфное уравнение.
- Особенности проведения нервного импульса в миелинизированных нервных волокнах. Градуальные электрические импульсы клеток, их особенности и мембранные механизмы генерации.  
Методы изучения рецепторов. Молекулярная организация и механизм действия холинорецептора.
- Физико-химические характеристики клеточной поверхности, методы их изучения. Клеточные контакты: типы, электрические свойства, механическая прочность. Методы изучения адгезии клеток.
- Биофизические механизмы агрегационного взаимодействия эритроцитов, активированных тромбоцитов. Механизм нарушения межклеточных взаимодействий в патологии.

- Роль повреждения мембран в развитии клеточной патологии. Последствия для клетки повреждения плазматической мембраны, мембран митохондрий, лизосом, ядерной мембраны.
- Основные физико-химические причины нарушения барьерных свойств мембран: перекисное окисление липидов, ферментативное расщепление липидов и белков, изменение заряда и конформации белков, адсорбция белков, осмотическое растяжение мембран.
- Перекисное окисление липидов как фундаментальный механизм мембранной патологии. Методы изучения перекисного окисления липидов. Триггерная роль ионов двухвалентного железа. Основные дифференциальные уравнения, описывающие кинетику реакций перекисного окисления. Перекисное окисление липидов под действием УФ облучения.
- Физико-химические механизмы действия перекисного окисления липидов на структуру и функции мембран: разрушение функциональных групп белков, модификация физических свойств липидного бислоя, увеличение проницаемости для ионов, снижение электрической прочности мембран.
- Основные типы патологических процессов, связанные с перекисным окислением липидов.
- Проблема перекисного окисления при консервировании органов и тканей. Перекисное окисление и старение.
- Основная классификация свободных радикалов: первичные, вторичные и третичные радикалы. Генерация свободных радикалов в цепях переноса электрона. Супероксидный и гидроксильный радикалы, методы их обнаружения. Синглетный кислород и его действие на клеточные структуры.  
Механизмы дезактивации инициаторов перекисного окисления липидов: роль супероксиддисмутазы, каталазы, каротиноидов, глутатионпероксидазы. Антиоксиданты, их классификация. Антиоксидантные ферменты, механизмы их работы. Перехватчики радикалов. Основные способы измерения антиоксидантной активности.
- Определение апоптоза. Основные представления о механизмах апоптоза. Современные гипотезы о механизмах апоптоза. Роль цитохрома c в апоптотических реакциях. Способы регуляции апоптотических реакций.
- Причины и следствия нарушения осмотического равновесия между клеткой и средой, между клеткой и клеточными органеллами, выключение клеточных "насосов", сдвиги в ионной проницаемости мембран. Модификация молекулярной организации мембран при их осмотическом растяжении. Механизмы восстановления осмотических нарушений в клетке.
- Действие фармакологических препаратов (диуретики, сердечные гликозиды, антибиотики) на осмотическое равновесие.
- Снижение электрической прочности мембран (потенциала пробоя) при перекисном окислении липидов, действии фосфолипаз, осмотическом растяжении мембран, адсорбции белков.
- Изменение молекулярной организации мембран при действии мембранотоксинов, взаимодействии вирусов и антител с цитоплазматическими мембранами, антигенов с иммунокомпетентными клетками. Нарушение функционирования мембран при изменении микровязкости и поверхностного заряда мембран.

- Задачи исследования электрических биопотенциалов органов. Электрограммы и пространственное распределение потенциала как основные характеристики внешних электрических полей тканей и органов.
- Пассивные электрические свойства тканей и органов. Эквивалентные электрические схемы тканей и органов. Электрический импеданс тканей и его частотная зависимость. Технологии электроимпедансных измерений сложных объектов.
- Клетки как токовые источники электричества. Механизм формирования клеточных источников электричества при локальной электрической активности.
- Описание потенциалов, создаваемых клеточными источниками, на основе потенциала отдельного токового полюса и потенциала токового двухполюсного генератора в объемной электропроводящей среде.
- Биофизические основы регистрации электрокардиограмм при различных отведениях. Потенциал жерминалей для однополярной регистрации ЭКГ. Формирование источников тока дипольного типа в миокарде при генерации потенциалов действия миоцитов. Пространственное распределение потенциалов сердца на поверхности тела.
- Электрический вектор сердца. Пространственные и плоские векторные электрокардиограммы, методы их измерения. Компьютерный расчет ЭКГ в различных отведениях в норме и при патологических состояниях
- Электрические биопотенциалы головного мозга на поверхности головы. Системы отведения электроэнцефалограмм (ЭЭГ); виды ЭЭГ. Статистические характеристики ЭЭГ: общая формула для дисперсии ЭЭГ; коэффициент взаимной парной корреляции электрической активности нейронов.  
Расчет спектра мощности ЭЭГ в рамках интегрального преобразования Фурье.
- Электрическая активность пирамидных нейронов новой коры как источник генеза электроэнцефалограмм. Механизм генеза ЭЭГ: роль постсинаптических потенциалов пирамидных нейронов, значение синхронизации их электрической активности и пространственной ориентации.
- Генез ритмических ЭЭГ в нейронных сетях с возвратным торможением. Значение афферентной импульсации для генеза ритмических ЭЭГ.
- Длительный мониторинг ЭЭГ в целях диагностики функционального состояния головного мозга.
- Особенности электрического поля гиппокампа: пространственная зависимость знака и амплитуды его ритмических электрограмм. Формула пространственного распределения потенциала электрического поля гиппокампа с учетом его кривизны.
- Упругие и пластические деформации тканей и органов; силы, противодействующие деформации. Модуль Юнга и коэффициент Пуассона при упругой деформации. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Напряжение сдвига и скорость сдвига в жидкостях.
- Вязкоупругие свойства тканей и органов. Релаксация напряжения и ползучесть при деформации тканей. Статическая деформация растяжения мягких тканей, эффективный (тангенциальный) модуль упругости.
- Вязкоупругие свойства синовиальной жидкости, дермонаполнителей (дермофиллеров).
- Динамическая деформация тканей, динамический модуль упругости. Механические свойства мышц и костей.

- Упругие свойства оболочек полых органов. Уравнение Лапласа для статического состояния тонких упругих оболочек.
- Статическое состояние упругого кровеносного сосуда, уравнение Ламе. Уравнение деформации кровеносного сосуда при изменении давления крови.
- Механические свойства крови. Неньютоновское течение крови при низких скоростях сдвига, уравнение Кессона и уравнение Захарченко. Молекулярно-клеточный механизм неньютоновских свойств крови, роль агрегации (межклеточных взаимодействий) эритроцитов.
- Оптические и электрические методы исследования межклеточных взаимодействий и агрегатного состояния крови.
- Механические явления в легких. Диаграммы растяжения легких в условиях заполнения средами с разным поверхностным натяжением.  
Вклад поверхностного натяжения в альвеолах и упругих сил альвеолярной ткани в работу выдоха. Статическое механическое состояние альвеолы, уравнение Лапласа.
- Роль сурфактанта в изменении поверхностного натяжения в альвеолах. Значение поверхностных явлений при отеке легких.
- Линейная и объемная скорость кровотока. Методы измерения скорости движения крови в кровеносных сосудах, ультразвуковой доплеровский способ. Градиент скорости течения крови в различных участках кровеносной системы и его значение для развития патологических состояний.
- Гидравлическое (гемодинамическое) сопротивление, гидродинамическая емкость и гидродинамическая индуктивность сосуда с кровью.
- Механизм генерации и распространения пульсовой волны. Формулы фазовой скорости распространения пульсовой волны, их вывод с помощью анализа размерности.
- Определение упругих свойств сосудов путем измерения скорости пульсовой волны.
- Гемодинамические процессы в системе микроциркуляции, резистивный (вязкостный) характер сопротивления мелких сосудов. Общее сопротивление системы сосудов. Формула гемодинамического периферического сопротивления.
- Систолический, минутный объем крови и сердечный индекс как показатели производительности сердца. Анализ кровотока в большом круге кровообращения на основе системы эквивалентных сосудов, гемодинамическая формула систолического объема крови.
- Особенности гемодинамики при сердечной недостаточности. Вариации электрического импеданса тканей в результате изменения кровенаполнения их сосудов.  
Метод импедансной реографии для определения систолического выброса крови; электродные системы, применяемые в импедансной реографии.
- Кардиогенное смещение тела. Баллистокардиограммы. Определение систолического выброса крови по данным измерения низкочастотной баллистокардиограммы.
- Особенности сокращения прямой и перистой скелетных мышц. Сокращение скелетной мышцы в эксперименте без ускорения. Уравнение теплопродукция при укорочении мышцы.
- Зависимость общей мощности изотонического сокращения мышцы от силовой нагрузки, уравнение Хилла. Зависимость скорости укорочения скелетной мышцы от силовой нагрузки.



Генерации силы поперечными мостиками при сокращении мышечного волокна. Сила на конце мышечного волокна и его скорость укорочения, выраженные через параметры саркомера.

- Генерация звука при сокращении скелетной мышцы.
- Векторная организация структуры эпителия в кишечнике и нефронах. Транспорт сахаров и аминокислот в тонкой кишке в комплексе с переносчиком. Метод короткозамкнутого тока Уссинга для исследования активного транспорта ионов.
- Трансэпителиальный транспорт воды в кишечнике и нефронах. Механизм осмотического концентрирования мочи в нефронах. Клеточный механизм действия нефротропных диуретических веществ.
- Кинетика оксигенации крови в альвеолах. Значение скорости диффузии и величины площади дыхательных мембран альвеол в насыщении крови кислородом.
- Оптическая система глаза. Природа прозрачности роговицы и хрусталика. Размеры фоторецепторных клеток (палочек и колбочек), острота зрения и явление дифракции света.
- Молекулярная организация фоторецепторной мембраны. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; фотохимические превращения родопсина. Ранние и поздние рецепторные потенциалы.
- Механизм светорассеяния в хрусталике при катаракте. Фотохимические механизмы возникновения катаракты хрусталиков.
- Особенности молекулярно-клеточной организации обонятельных и вкусовых клеток. Кинетические характеристики взаимодействия пахучих стимулов с хеморецепторами. Трансдукция сигнала в обонятельной и вкусовой рецепторных клетках.
- Физическая природа звука, частотная зависимость чувствительности уха. Механические свойства барабанной перепонки и базилярной мембраны улитки. Методы исследования колебаний базилярной мембраны. Рецепция колебаний базилярной мембраны волосковыми клетками. Характеристики слухового ощущения и их связь с физическими характеристиками звука.