

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

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан биологического факультета,
академик



2022 г.

ВРЕМЕННАЯ ПРОГРАММА-МИНИМУМ

кандидатского экзамена по специальности

1.5.2. Биофизика

кафедра биоинженерии биологического факультета МГУ

Шифр и наименование области науки: 1.5. Биологические науки

Наименование отраслей науки,

по которым присуждаются ученые степени:

-Биологические науки

-Физико-математические науки

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Ученым советом факультета
(протокол № 4 от 31 марта 2022 г.)

Москва 2022

I. Описание программы:

Настоящая программа охватывает основополагающие разделы и области знания, в основе данной программы лежат следующие дисциплины:

Современные проблемы биологии по специальности (биофизика).

II. Основные разделы и вопросы к экзамену:

1. Состояние и развитие современной биотехнологии

- Предмет и задачи биофизики, ее место и роль в современной биологии. Значение биофизики в народном хозяйстве и здравоохранении.
- Главные направления развития современной биофизики. Основные методы биофизических исследований.

2. Теоретическая биофизика

- Кинетика биологических процессов. Основные особенности кинетики биологических процессов. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики. Математические модели. Задачи математического моделирования в биологии. Общие принципы построения математических моделей биологических систем. Понятие адекватности модели реальному объекту. Динамические модели биологических процессов. Линейные и нелинейные процессы. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие о фазовой плоскости и фазовом портрете системы. Временная иерархия и принцип "узкого места" в биологических системах. Управляющие параметры. Быстрые и медленные переменные.
- Стационарные состояния биологических систем. Множественность стационарных состояний. Устойчивость стационарных состояний.
- Модели триггерного типа. Примеры. Силовое и параметрическое переключение триггера. Гистерезисные явления. Колебательные процессы в биологии. Автоколебательные режимы. Предельные циклы и их устойчивость. Примеры.
- Кинетика ферментативных процессов. Особенности механизмов ферментативных реакций. Понятие о физике ферментативного катализа. Кинетика простейших ферментативных реакций. Условия реализации стационарности. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние модификаторов на кинетику ферментативных реакций. Применение метода графов для исследования стационарной кинетики ферментативных реакций. Общие принципы анализа более сложных ферментативных реакций. Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Взаимосвязь кинетических и термодинамических параметров. Роль конформационных свойств биополимеров.
- Термодинамика биологических процессов. Классификация термодинамических систем. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Теплоемкость и сжимаемость белковых глобул. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов.
- Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термо-

динамические условия осуществления стационарного состояния. Связь между величинами химического сродства и скоростями реакций. Термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах. Понятие обобщенных сил и потоков. Линейные соотношения и соотношения взаимности Онзагера. Термодинамика транспортных процессов. Стационарное состояние и условия минимума скорости прироста энтропии. Теорема Пригожина. Применение линейной термодинамики в биологии. Термодинамические характеристики молекулярно-энергетических процессов в биосистемах. Нелинейная термодинамика. Общие критерии устойчивости стационарных состояний и перехода к ним вблизи и вдали от равновесия. Связь энтропии и информации в биологических системах.

3. Молекулярия биофизика.

1. Пространственная организация биополимеров. Макромолекула как основа организации биоструктур. Пространственная конфигурация биополимеров. Статистический характер криформации биополимеров. Условия стабильности конфигурации макромолекул. Фазовые переходы. Переходы глобула-клубок. Кооперативные свойства макромолекул. Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах. Водородные связи: силы Ван-дер-Ваальса; электростатические взаимодействия; поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Расчет общей энергии биополимеров. Факторы стабилизации макромолекул, надмолекулярных структур и биомембран.
2. Взаимодействие макромолекул с растворителем. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Переходы спираль-клубок. Особенности пространственной организации белков и нуклеиновых кислот. Модели фибриллярных и глобулярных белков. Количественная структурная теория белка.
3. Динамические свойства глобулярных белков. Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Гиперповерхности уровней конформационной энергии. Динамическая структура олигопептидов и глобулярных белков; конформационная подвижность. Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, ЭПР, гамма-резонансная спектроскопия, ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР, методы молекулярной динамики. Авто- и кросскорреляционные функции торсионных углов и межатомных расстояний. Карты уровней свободной энергии пептидов.
4. Результаты исследования конформационной подвижности. Ограниченная диффузия. Типы движения в белках. Иерархия амплитуд и времен релаксации конформационных движений. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами. Динамика электронно-конформационных переходов. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в функционировании ферментов и транспортных белков.

5. Электронные свойства биополимеров. Электронные уровни в биополимерах. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний. (-электроны, энергия делокализации. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул. Механизмы миграции энергии: резонансный механизм, синглет-синглетный и триплет-триплетный переносы, миграция экситона. Природа гиперхромного и гипохромного эффектов.
6. Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах. Перенос электрона в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона. Туннельный эффект. Туннелирование с участием виртуальных уровней. Электронно-конформационные взаимодействия и релаксационные процессы в биоструктурах.
7. Современные представления о механизмах ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе. Формула для константы скорости образования многоцентровой активной конфигурации.

4. Биофизика мембранных процессов.

- 1.Структура и функционирование биологических мембран.Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Развитие представлений о структурной организации мембран. Характеристика мембранных белков. Характеристика мембранных липидов. Динамика структурных элементов мембраны. Белок-липидные взаимодействия. Вода как составной элемент биомембран. Модельные мембранные системы. Монослои на границе раздела фаз. Бислойные мембранны. Протеолипосомы.
2. Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Особенности фазовых переходов в мембранных системах. Вращательная и трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы. Подвижность мембранных белков. Влияние внешних (экологических) факторов на структурно-функциональные характеристики биомембран.
3. Поверхностный заряд мембранных систем; происхождение электрохимического потенциала. Явление поляризации в мембранах. Дисперсия электропроводности, емкости, диэлектрической проницаемости. Зависимость диэлектрических потерь от частоты. Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств.
4. Свободные радикалы при цепных реакциях окисления липидов в мембранах и других клеточных структурах. Образование свободных радикалов в тканях в норме и при патологических процессах. Роль активных форм кислорода. Антиоксиданты, механизм их биологического действия. Естественные антиоксиданты тканей и их биологическая роль.
5. Биофизика процессов транспорта веществ через биомембранны и биоэлектрогенез. Пассивный и активный транспорт веществ через биомембранны. Транспорт незелектролитов. Проницаемость мембран для воды. Простая диффузия. Ограниченнная диффузия. Связь проницаемости мембран с раствори-

мостью проникающих веществ в липидах. Облегченная диффузия. Транспорт сахаров и аминокислот через мембранны с участием переносчиков. Пиноцитоз.

6. Транспорт электролитов. Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана-раствор. Профили потенциала и концентрации ионов в двойном электрическом слое. Равновесие Доннана. Пассивный транспорт; движущие силы переноса ионов. Электродиффузионное уравнение Нернста-Планка. Уравнения постоянного поля для потенциала и ионного тока. Проницаемость и проводимость. Соотношение односторонних потоков (соотношение Уссинга).

7. Потенциал покоя, его происхождение. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембранны. Ионные каналы; теория однорядного транспорта. Ионофоры: переносчики и канaloобразующие агенты. Ионная селективность мембран (термодинамический и кинетический подходы). Модель параллельно функционирующих пассивных и активных путей переноса ионов.

8. Потенциал действия. Роль ионов Na и K в генерации потенциала действия в нервных и мышечных волокнах; роль ионов Ca и Cl в генерации потенциала действия у других объектов. Кинетика изменений потоков ионов при возбуждении. Механизмы активации и инактивации каналов. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Воротные токи. Математическая модель нелинейных процессов мембранных транспорта. Флутуации напряжения и проводимости в модельных и биологических мембранных. Распространение возбуждения. Кабельные свойства нервных волокон. Проведение импульса по немиелиновым и миелиновым волокнам. Математические модели процесса распространения нервного импульса. Физико-химические процессы в нервных волокнах при проведении рядов импульсов (ритмическое возбуждение). Энергообеспечение процессов распространения возбуждения. Основные понятия теории возбудимых сред.

9. Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения. Связь транспорта ионов и процесса переноса электрона в хлоропластах и митохондриях. Локализация электронтранспортных цепей в мембране; структурные аспекты функционирования связанных с мембраной переносчиков; асимметрия мембранны. Основные положения теории Митчела; электрохимический градиент протонов; энергизированное состояние мембран; роль векторной H⁺-АТФазы. Сопрягающие комплексы, их локализация в мембране; функции отдельных субъединиц; конформационные перестройки в процессе образования макроэрга.

10. Протеолипосомы как модель для изучения механизма энергетического сопряжения. Бактериородопсин как молекулярный фотоэлектрический генератор. Физические аспекты и модели энергетического сопряжения.

11. Биофизика сократительных систем. Основные типы сократительных и подвижных систем. Молекулярные механизмы подвижности белковых компонентов сократительного аппарата мышц. Принципы преобразования энергии в механохимических системах. Термодинамические, энергетические и

мощностные характеристики сократительных систем.

Функционирование поперечнополосатой мышцы позвоночных. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла. Молекулярные механизмы немышечной подвижности.

12. Биофизика рецепции. Гормональная рецепция. Общие закономерности взаимодействия лигандов в рецепторами; равновесное связывание гормонов. Роль структуры плазматической мембранны в процессе передачи гормонального сигнала. Рецептор-опосредованный внутриклеточный транспорт. Представления о цитоплазменно-ядерном транспорте. Методы исследования гормональных рецепторов. Сенсорная рецепция. Проблема сопряжения между первичным взаимодействием внешнего стимула с рецепторным субстратом и генерацией рецепторного (генераторного) потенциала. Общие представления о структуре и функции рецепторных клеток. Место рецепторных процессов в работе сенсорных систем.

13. Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Молекулярная организация фоторецепторной мембранны; динамика молекулы зрительного пигмента в мембране. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; фотохимические превращения родопсина. Ранние и поздние рецепторные потенциалы. Механизмы генерации позднего рецепторного потенциала.

14. Механорецепция. Рецепторные окончания кожи, проприорецепторы. Механорецепторы органов чувств: органы боковой линии, вестибулярный аппарат, кортиев орган внутреннего уха. Общие представления о работе органа слуха. Современные представления о механизмах механорецепции; генераторный потенциал. Электрорецепция.

15. Хеморецепция. Обоняние. Восприятие запахов: пороги, классификация запахов. Вкус. Вкусовые качества. Строение вкусовых клеток. проблема вкусовых рецепторных белков.

Рецепция медиаторов и гормонов. Проблема клеточного узнавания. Механизмы взаимодействия клеточных поверхностей.

5. Биофизика фотобиологических процессов

1. Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах. Взаимодействие квантов с молекулами. Эволюция волнового пакета и результаты фемтосекундной спектроскопии. Первичные фотохимические реакции. Основные стадии фотобиологического процесса. Механизмы фотобиологических и фотохимических стадий. Кинетика фотобиологических процессов. Проблемы разделения зарядов и переноса электрона в первичном фотобиологическом процессе. Роль электронно-конформационных взаимодействий.

2. Биофизика фотосинтеза. Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран. Фотосинтетическая единица. Два типа пигментных систем и две световые реакции. Организация и функционирование фотореакционных центров. Проблемы первичного акта фотосинтеза. Электронно-конформационные взаимодействия. Фотоинформационный переход.

Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электрон-транспортных цепях при фотосинтезе.

3. Механизмы сопряжения окислительно-восстановительных реакций с трансмембранным переносом протона. Механизмы фотоингибиции. Особенности и механизмы фотозадерживающих реакций бактериородопсина и зрительного пигмента родопсина.

4. Метод регистрации амплитудно-кинетической характеристики индукции флуоресценции хлорофилла. Его использование для функциональной диагностики фотосинтетического аппарата. ЛР-тест. Механизмы тушения флуоресценции хлорофилла. Фотохимическое и нефотохимическое тушение. Фотоингибиение и фотозащитные механизмы.

5. Фоторегуляторные и фотодеструктивные процессы. Биолюминесценция и хемилюминесценция в биологических системах. Основные типы фоторегуляторных реакций растительных и микробных организмов: фотоморфогенез, фототропизм, фототаксис, фотоиндуцированный каротиногенез. Спектры действия, природа фоторецепторных систем, механизмы первичных фотореакций. Фитохром - универсальная фоторецепторная система регуляции метаболизма растений. Молекулярные свойства и спектральные характеристики фитохрома. Механизм обратимой фотоконверсии двух форм фитохрома. Понятие о фотохромных молекулах и фотохромном механизме фотоактивации ферментов. Photoхимические реакции в белках, липидах и нуклеиновых кислотах. ДНК как основная внутриклеточная мишень при летальном и мутагенном действии ультрафиолетового света. Фотосенсибилизированные и двухквантовые реакции при повреждении ДНК. Механизмы фотодинамических процессов. Защита ДНК некоторыми химическими соединениями. Эффекты фоторепарации и фотозащиты. Ферментативный характер и молекулярный механизм фотоприведения. Роль фотоиндуцированного синтеза биологически активных соединений в процессе фотозащиты. Механизм фотосинергетических реакций при комбинированном действии разных длин волн ультрафиолетового света.

6. Экологическая биофизика. Адаптация, устойчивость и надежность биологических систем разного уровня организации: клеток, организмов, популяций. Разнообразие ответных реакций индивидуумов в клеточных ансамблях и популяциях. Энергетической стоимость физиологических процессов и ее изменениях в неблагоприятных условиях. Структура популяции как отражение ее функционального состояния. Типизация особей в популяциях. Прогнозирование динамики численности популяции. Классификация воздействий. Слабые (фоновые) воздействия. Космические и периодические воздействия. Естественный радиационный фон и уровень радона в среде. Проблема озоновой дыры. ЭМ-излучения космических и земных источников. Магнитные поля Солнца, звезд, галактик и других объектов Вселенной. Циклы Солнечной активности, их влияние на Землю. Свет и биоритмы. Биологические часы.

7. Действие оптического излучения. Фотосинтез в море. Причины лимитирования первичной продукции. Фотоингибиение и фотодеструкция. Фоторегуляция роста растения. Оптические свойства листьев высших растений и

спектральные методы оценки функционального состояния фотосинтетического аппарата. Действие УФ-излучения. Молекулярные механизмы фото-повреждения ДНК при действии УФ излучения экологического диапазона. Клеточные системы репарации ДНК. Фотоповреждение и фотоприведение микроорганизмов. Комбинированное действие излучения разных длин волн на клетку. Ферментативная реактивация. Молекулярные механизмы действия фотолизы.

8. Оксидительный стресс. Молекулярные механизмы повреждающего действия кислорода. Пути световой и темновой активации молекулярного кислорода. Ферментативные и неферментативные реакции. Роль свободно-радикальных реакций и синглетного кислорода. Методы изучения окислительных деструктивных процессов в биологических системах. Природные фотосенсибилизаторы фотодеструктивных процессов. Повреждения растений при действии гербицидов, загрязнителей атмосферы, токсических веществ, заболеваний. Фагоцитоз и сверхчувствительность в связи с иммунитетом животных и растительных организмов. Старение растений, продукты деградации липидов и пигментов.

9. Молекулярные механизмы адаптации живых организмов к экстремальным факторам внешней среды (температурам, освещению, засолению, действию ксенобиотиков, гипоксии и гипероксии). Оценка состояния среды обитания. Предельно допустимые концентрации и биотестирование. Методология биотестирования. Дистанционные методы. Практическое использование биотестирования для оценки качества среды.

6. Радиационная биофизика

1. Электромагнитные излучения и поля в природе, технике и жизни человека. Общая физическая характеристика ионизирующих и неионизирующих излучений. Излучение УФ, видимого и ИК диапазонов. Гамма- и рентгеновские лучи. Радиочастоты: СВЧ, УВЧ, ВЧ НЧ. Использование различных видов излучений в медицине, технике и сельском хозяйстве. Специфика первичных (физических) механизмов действия различных видов излучений на молекулы. Поглощение и размен энергии. Конечный биологический эффект при действии ионизирующих и неионизирующих излучений на биологические объекты и системы.

2. Биологическое действие ионизирующих излучений. Первичные и начальные биологические процессы поглощения энергии ионизирующих излучений. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-излучений, нейтронов, заряженных частиц. Экспозиционные и поглощенные дозы излучений. Единицы активности радионуклеотидов. Единицы доз ионизирующих излучений. Фактор изменения дозы облучения. Зависимость относительной биологической эффективности от линейных потерь энергии излучений. Индивидуальные и стационарные дозиметры. Понятия "малые" и "большие" дозы радиации. Стохастические и статистические эффекты.

3. Инактивация молекул в результате прямого и непрямого действия ионизирующих излучений. Дозовые зависимости. Прямое действие радиации на

ферменты, белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводы. Первичные процессы, приводящие к инактивации макромолекул при прямом действии радиации. Первичные продукты радиолиза и дальнейшая судьба облученных макромолекул. Радиочувствительность молекул. Радиолиз воды и липидов. Взаимодействие растворенных молекул с продуктами радиолиза растворителей. Эффект Дейла. Образование возбужденных молекул, ионов и радикалов. Количественная характеристика непрямого действия радиации в растворах. Роль модификаторов в радиолизе молекул.

4. Радиационная биофизика клетки. Количественные характеристики гибели облученных клеток. Репродуктивная и интерфазная гибель клеток. Апоптоз. Принцип попадания, концепция мишени. Эволюция этих понятий. Стохастические модели.

5. Основы микродозиметрии ионизирующих излучений. Первичные физико-химические процессы в облученной клетке. Анализ механизмов лучевого поражения клеток. Роль молекулярных механизмов репарации ДНК и репарационных ферментов в лучевом поражении клетки. Роль повреждения биологических мембран в радиационных нарушениях клетки. Окислительные процессы в липидах и антиокислительные системы, участвующие в первичных биофизических и последующих лучевых реакциях. Восстановительные процессы при лучевом поражении клетки. Модификация лучевого поражения клетки.

6. Радиационная биофизика сложных систем. Временные и дозовые эффекты радиации. Сравнительная радиочувствительность биологических объектов и систем. Действие малых доз и хронического облучения. Отдаленные последствия малых доз радиации на организм. Особенности действия внешнего и инкорпорированного, общего и локального, острого и хронического, однократного и многократного облучения организмов разными типами радиации. Этапы ответных реакций на острое облучение: физический, биофизический и общебиологический. Синдромы острого лучевого поражения: костномозговой, кишечный и церебральный. Критические органы и системы. Критические процессы лучевого поражения. Лучевой токсический эффект. Роль биофизических исследований сложных систем в анализе первичных и последующих лучевых процессов. Проблема риска. Факторы, модифицирующие лучевое поражение: радиопротекторы и радиосенсибилизаторы, их химическая природа и биологическое действие. Эндогенный фон радиорезистентности. Лучевые реакции и стресс. Кислородный эффект и механизмы его проявления. Особенности химической защиты организма от действия малых доз и хронического облучения.

7. Методы исследований в биофизике.

1. Излучения как инструмент исследований структуры и свойств молекул. Рентгеноструктурный анализ, лучевая ультрамикрометрия, радиационно-химические методы. Спектроскопия в УФ и видимой области. Лазерная спектроскопия, исследования электронно-вращательных спектров, фотохимические методы исследования. Инфракрасное излучение, инфракрасная спектро-

- скопия. Микроволновая спектроскопия, спектроскопия ЭПР, спектроскопия ЯМР, диэлектрическая спектроскопия, методы электропроводности.
2. Рентгеноструктурный анализ. «Фазовая проблема», определение структур макромолекул методом РСА. Метод молекулярного замещения, метод изоморфного замещения, SAD/MAD. Оценка качества трехмерной структуры белка, определенной методом РСА. Синхротронное излучение, рентгеновские лазеры на свободных электронах.
3. Принципы генерации рентгеновского излучения на различных источниках. Сравнительные характеристики рентгеновского излучения от различных источников. Основные требования к пробоподготовке объектов для рентгеноструктурного и рентгено-динамического анализа биомакромолекул и кристаллов. Применение малоуглового рассеяния рентгеновского излучения для изучения структуры биообъектов. Дифракция рентгеновского излучения на кристаллах и единичных макромолекулах. Типичные параметры рентгеновского излучения для XFEL. Особенности взаимодействия ультрамощных рентгеновских импульсов с молекулами. Нанокристаллография и серальная фемтосекундная кристаллография.
4. Нейтронография. Рассеяние тепловых нейтронов на атомных ядрах. Упругое и непупругое рассеяние. Сечение рассеяния. Использование дейтерозамещения в нейтронографии биомакромолекул. Особенности использования рассеяния нейтронов в белковой кристаллографии.
5. Оптическая микроскопия. Оптическая микроскопия в проходящем и отраженном свете. Поляризационная микроскопия. Широкопольная флуоресцентная и лазерная сканирующая конфокальная микроскопия. Многофотонное возбуждение флуоресценции молекул и многофотонная микроскопия. Флуоресцентная корреляционная спектроскопия и микроскопия (ФКСМ). Определение коэффициента диффузии, гидродинамического радиуса и массы молекул. Исследование образования комплексов молекул методом ФКСМ. Кросс-корреляционный анализ. Методы флуоресцентной микроскопии сверх-высокого разрешения: 4Pi-микроскопия, микроскопия на основе стимулированного источника эмиссии (СИЭ), микроскопия на основе структурированного освещения. Методы исследования распределения флуорофоров на основе регистрации сигналов одиночных молекул (N-STORM, PALM). Исследования одиночных молекул и комплексов методами оптической микроскопии.
6. Просвечивающая электронная микроскопия. Устройство просвечивающего электронного микроскопа. Виды источников электронов и электронных детекторов. Подготовка образцов для просвечивающей электронной микроскопии (негативное контрастирование, крио-ЭМ). Отличия сканирующей и просвечивающей электронной микроскопии. Рассеяние электронов. Фазовый и амплитудный контраст. Преимущества и недостатки метода криоэлектронной микроскопии для определения структур белков в сравнении с рентгеноструктурным анализом и ЯМР. Обработка изображений, полученных с помощью просвечивающей электронной микроскопии, и получение трёхмерных реконструкций молекул. Интерпретация реконструкций в зависимости от разреше-

ния.

7. Атомно-силовая микроскопия. Принцип действия атомно-силового микроскопа. Основные понятия: кантителевер, сканирование, обратная связь, пьезоманипулятор. Обработка изображений, полученных с помощью АСМ. Основные режимы АСМ: контактный, полуконтактный, силовая спектроскопия. Быстрая съемка силовых кривых. Особенности использования АСМ в жидкости. Взаимодействие биополимеров с твердой подложкой. Выбор подложек для АСМ, примеры влияния подложки на конформацию адсорбированных объектов.

III. Критерии оценивания

Критерии и показатели оценивания ответа на экзамене			
1	2	3	4
Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Фрагментарные знания по всем заданным вопросам, значительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов биофизики.	Неполные знания по некоторым заданным вопросам, слабое ориентирование в материале, определенные трудности в сопоставлении и анализе сведений из нескольких разделов биофизики.	Полные знания, но содержащие отдельные пробелы в областях биотехники, незначительные трудности в сопоставлении и анализе сведений из различных разделов программы.	Исчерпывающие знания по всем заданным вопросам, свободное владение материалом, грамотные сопоставление и анализ сведений из различных тем по биофизике в широком смысле.

IV. Рекомендуемая основная литература:

1. Рубин А. Б. Биофизика: в 3-х томах.-Ижевск: ИКИ, 2013. 472 стр.
2. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии (изд. 2-е, испр. и дополн.) М.-Ижевск: РХД, 2011 г. 560 стр.
3. Нанобиотехнологии: практикум. Под ред. А. Б. Рубина. М.: Бином, 2011. 384 стр.
4. КэрИ П., Применение спектроскопии КР И РКР в биохимии, пер. с англ. М.. 1985. Б. В. Локшин.
5. Гассели Дж., Снейвили М., Балкин Б., Применение спектроскопии КР в ХИМИИ, пер. с англ.. М., 1984
6. Л. Л. Гладков, К.Н. Соловьев, А.С. Старухин, С.Ф. Шкирман. Спектроскопия порфиринов: Колебательные состояния. - Минск: Наука и техника, 1985.

7. К. Н. Соловьев И др. Квантово—химические расчеты электронной структуры и спектроскопических свойств тетрапиррольных молекулярных систем. // Спектроскопия и люминесценция молекулярных систем. - Минск, 2002.
8. Pier Carlo Braga, Davide Ricci "Atomic Force Microscopy in Biomedical Research", Humana Press, 2004, ebook ISBN 978-1-59259-647-8, 394 р
9. Campbell I.D. Biophysical Techniques, Oxford University Press, 2012. - 364 р
10. Антонов В.Ф., Смирнова Е.Ю., Шевченко Е.В. Липидные мембранны при фазовых превращениях. М., 1992. 135 с.
11. Артюхов В.Г., Ковалева Т. А., Шмелев В.П. Биофизика. Воронеж. 1994. 135с
12. Введение в мембранологию. 1990. 208 с. (авторы: А.А.Болдырев и др.)
13. Веселова Т. В., Веселовский В. А., Чернавский Д. С. Стресс у растений. Биофизический подход. М. МГУ. 1993. 144 с.
14. Владимиров Ю.А. И др. Биофизика. М., 1983. 272 с.
15. Волькенштейн М.В. Биофизика. М., 1981. 575 с.
16. Гончаренко Е.Н., Кудряшов Ю.Б. Гипотеза эндогенного фона радиорезистентности. М., 1980. 176 с.

V. Дополнительная литература:

1. Кольс О. Р., Максимов Г. В., Раденович ЧН. Биофизика ритмического возбуждения. М. 1993. 208 с.
2. Конев С.В., Болотовский И.Д. Фотобиология. Минск. 1979. 383 с.
3. Ризниченко Г.Ю., Рубин А. Б. Математические модели биологических производственных процессов. М., 1993. 302 с.
4. Рубин А.Б. Термодинамика биологических процессов. 2-е ИЗД., перераб. и доп. М., 1984, 285с.
5. Рубин А. Б., Пытьева Н.Ф., Ризниченко Г.Ю. Кинетика биологических процессов. М., 1977. 327 с.
6. Ходжкин А. Нервный импульс. М., 1965. 125 с.

VI. Авторы временной программы:

1. Шайтан Константин Вольдемарович, д.ф.-м.н., профессор

