

ПРОГРАММА КУРСА «БИОФИЗИКА»

Раздел 1. Кинетика биологических процессов

Линейные и нелинейные уравнения в математических моделях биологических процессов.

Временная иерархия и принцип “узкого места” в биологических системах. Управляющие параметры. Быстрые и медленные переменные.

Биологические триггеры. Силовое и параметрическое переключение триггера. Гистерезисные явления.

Автоколебательные режимы. Колебания в гликолизе.

Кинетика простейших ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Методы определения K_m и V_{max} . Влияние ингибиторов на кинетику ферментативных реакций.

Модели распределенных систем в биологии (уравнение диффузии).

Представления о пространственно неоднородных стационарных состояниях (диссипативных структурах) и условиях их образования.

Раздел 2. Термодинамика биологических процессов

Первый и второй законы термодинамики в биологии. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах.

Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния.

Обобщенные силы и потоки. Соотношения Онзагера. Термодинамика транспортных процессов.

Связь энтропии и информации в биологических системах.

Стационарное состояние и условия минимума скорости прироста энтропии. Теорема Пригожина.

Раздел 3. Молекулярная биофизика

Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах. Водородные связи. Силы Ван-дер-Ваальса. Электростатические взаимодействия. Поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Общая конформационная энергия биополимеров.

Конформационная подвижность белков. Иерархия амплитуд и времен конформационных движений. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами.

Роль конформационной подвижности в функционировании белков. Электронно-конформационные взаимодействия. Роль воды в динамике белков.

Молекулярные моторы. H^+ -АТФаза.

Механизмы ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе.

Раздел 4. Биофизика мембран

Структура и состав биологических мембран. Многообразие мембранных белков и липидов.

Свойства амфифильных молекул. Структура и свойства мембранных липидов. Динамика структурных элементов мембраны. Белок-липидные взаимодействия. Вода как элемент биомембраны.

Модельные мембранные системы. Полиморфизм липидов. Бислойные липидные мембраны. Липосомы и их применение.

Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Фазовые переходы в мембранных системах. Подвижность мембранных белков.

Взаимодействия низкомолекулярных соединений с мембранами.

Влияние внешних экологических факторов на структурно-функциональную организацию биомембран.

Формы активированного кислорода и их реакционная способность. Механизмы генерации форм активированного кислорода в клетке.

Свободные радикалы в процессах перекисного окисления липидов.

Образование свободных радикалов в клетках при действии неблагоприятных факторов среды.

Активные формы кислорода в защите от инфекций и в иммунном ответе клеток.

Механизмы защиты от форм активированного кислорода в клетке. Ферментные

системы, антиоксиданты и каротиноиды.

Раздел 5. Мембранный транспорт

Транспорт неэлектролитов. Простая и ограниченная диффузия. Законы Фика. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах. Облегченная диффузия.

Проницаемость мембран для воды. Закон Вант-Гоффа. Осмотические свойства клеток и органелл. Движущие силы транспорта воды.

Поверхностный заряд мембраны. Двойной электрический слой; происхождение электрокинетического потенциала. Влияние pH и ионного состава среды на поверхностный потенциал.

Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана-раствор. Профили потенциала и концентрации ионов в двойном электрическом слое.

Потенциал покоя, его происхождение и интерпретация на основе эквивалентной электрической схемы мембраны. Равновесные потенциалы для ионов K^+ и Na^+ .

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).

Основные положения теории Митчелла; электрохимический градиент протонов; энергизированное состояние мембран; мембранный потенциал митохондрий, хлоропластов и хроматофоров бактерий; роль H^+ -АТФазы.

Активный транспорт натрия, калия и кальция. Электрогенный транспорт ионов.

Ионные токи в модели Ходжкина-Хаксли. Воротные токи.

Потенциал-чувствительные ионные каналы: молекулярное строение, кинетические свойства, воротный механизм.

Упрощенные модели возбудимости нейронов: основные типы моделей. Обобщенная модель integrate-and-fire.

Свойства возбудимости нервных клеток и типы ответов на деполяризующий ток. Основные бифуркации потери устойчивого состояния. Нейроны-резонаторы и нейроны-интеграторы.

Раздел 6. Биофизика фотобиологических процессов

Основные стадии фотобиологических процессов. Механизмы фотохимических и фотобиологических реакций.

Молекулярные механизмы повреждающего действия экологического УФ-излучения. Фотозащита и фотореактивация.

Повреждающее и регуляторное действие света видимого диапазона. Сенситизаторы. Фотодинамическое действие.

Первичные процессы фотосинтеза. Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран.

Роль миграции энергии, туннельного механизма переноса электрона и электронно-конформационных взаимодействий в процессах фотосинтеза.

Механизмы регуляции процессов фотосинтеза при облучении организма светом различной интенсивности и спектрального состава.

Фитохромы: доменная структура, спектроскопические свойства и фотохимия билиновых хромофоров.

Криптохромы и фотолиазы: структура, функции и фотоциклы ФАД-хромофора.

Фототропины: фотохимическая реакция ФМН-хромофора в LOV-домене и структурные основы активации рецептора.

Раздел 7. Радиационная биофизика

Виды ионизирующих излучений. Общая физическая характеристика. Граница между ионизирующим и неионизирующим электромагнитным излучением.

Дозы ионизирующих излучений (экспозиционная, поглощенная, эквивалентная, эффективная) и их единицы. Мощность дозы.

Основные радиационные факторы и биологические факторы, определяющие радиобиологические эффекты. Понятие радиочувствительности.

Дозовая зависимость продолжительности жизни млекопитающих при действии ионизирующего излучения. Синдромы острого лучевого поражения. Понятие критических органов и тканей. Острая лучевая болезнь человека. Стохастические и детерминированные, генетические и соматические эффекты облучения.

Дозовые кривые выживаемости облученных клеток. Теория мишени. Основные модели клеточной гибели, основанные на теории мишени. Линеинно-квадратичная модель клеточной гибели.

Прямое и непрямоe действие ионизирующих излучений. Радиолиз воды. Эффект Дейла. Радиационно-индуцированные окислительные процессы.

Химическая модификация лучевого поражения. Радиосенсибилизаторы и радиопротекторы, основной показатель их эффективности. Кислородный эффект и его механизм. Возможные механизмы действия радиопротекторов. Примеры радиопротекторов.