

Кинетика биологических процессов

1. Линейные и нелинейные уравнения в математических моделях биологических процессов.
2. Временная иерархия и принцип “узкого места” в биологических системах. Примеры. Управляющие параметры. Быстрые и медленные переменные.
3. Модели распределенных систем в биологии. Уравнение диффузии.
4. Биологические триггеры. Силовое и параметрическое переключение триггера. Гистерезисные явления. Примеры.
5. Автоколебательные режимы. Колебания в гликолизе.
6. Представления о пространственно неоднородных стационарных состояниях (диссипативных структурах) и условия их образования.
7. Распределенные динамические модели.
8. Динамический хаос. Фракталы.
9. Вывод уравнения Михаэлиса-Ментен. Методы определения константы Михаэлиса и максимальной скорости. Конкурентное и неконкурентное ингибирование. Ингибирование избытком субстрата.
10. Кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Множественность стационарных состояний и колебания в ферментативных системах.

Термодинамика биологических процессов

1. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах.
2. Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Примеры.
3. Линейная неравновесная термодинамика. Обобщенные силы и потоки. Соотношения Онзагера. Термодинамика транспортных процессов.
4. Связь энтропии и информации в биологических системах.
5. Стационарное состояние и условия минимума скорости прироста энтропии. Теорема Пригожина.

Молекулярная биофизика

1. Типы объемных взаимодействий. Критерии устойчивости макромолекул.
2. Временные характеристики динамической подвижности белков.
3. Конформационная подвижность белков. Иерархия амплитуд и времен конформационных движений. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами.
4. Роль конформационной подвижности в функционировании белков. Электронно-конформационные взаимодействия. Роль воды в динамике белков.
5. Молекулярные моторы. H^+ -АТФаза.
6. Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах. Водородные связи, силы Ван-дер-Ваальса, электростатические взаимодействия, поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Общая конформационная энергия биополимеров.
7. Механизмы ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе.
8. Разделение зарядов и перенос электрона в первичных стадиях фотосинтеза. Роль электронно-конформационных взаимодействий.
9. Перенос электрона в биологических системах. Физические модели переноса электрона. Туннельный эффект.

Биофизика мембран

1. Поверхностный заряд мембраны. Распределение ионов и толщина двойного электрического слоя. Происхождение электрокинетического потенциала. Влияние рН и ионного состава среды на поверхностный потенциал.
2. 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).
3. Транспорт электролитов. Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана-раствор (для мембраны с фиксированными зарядами). Профили потенциала и концентрации ионов в двойном электрическом слое.
4. Транспорт неэлектролитов. Коэффициент диффузии (уравнение Стокса-Эйнштейна). Простая диффузия. Законы Фика. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах (правило Овертона). Облегченная диффузия. Кинетика поступления вещества в клетки.
5. Потенциал покоя, его происхождение и интерпретация на основе эквивалентной электрической схемы мембраны. Равновесные потенциалы для ионов К и Na.
6. Проницаемость мембран для воды. Закон Вант-Гоффа. Осмотические свойства клеток и органелл. Движущие силы транспорта воды. Капиллярное поднятие воды.
7. Основные положения теории Митчела. Электрохимический градиент протонов. Энергизированное состояние мембран. Мембранный потенциал митохондрий, хлоропластов и хроматофоров бактерий. Роль H^+ -АТФазы.
8. Активный транспорт натрия, калия и кальция. Транспорт протонов в энергосопрягающих мембранах (по Митчелу). Схема функционирования Na^+/K^+ -насоса (схема Поста-Альбертса).
9. Электродиффузионная теория транспорта ионов через мембраны. Электрохимический потенциал и его компоненты. Взаимодействие ионов с растворителем (формула Борна). Диффузионный потенциал. Уравнения для ионных потоков и мембранного потенциала.
10. Физические механизмы действия ионофоров: переносчики и каналы. Примеры.