

БИОФИЗИКА

(Основы биофизики и экологии, 2014)

(физический факультет Зк, зачет, лектор – профессор
Твердислов Всеволод Александрович, tverdislov@mail.ru)

В курсе рассмотрены физические основы строения и функционирования живых систем от субмолекулярного и клеточного до биосферного уровня, механизмы основных биологических процессов, биофизические аспекты происхождения живых систем и эволюции биосферы.

Программа

1. Физика и биология. Историческая и методологическая связь наук: великие физики и биологи, великие открытия физики и биологии. Биофизика в России и Московском университете. Биофизика как теоретическая и системная биология.
2. Проявление «биологической целесообразности» в гармоническом сочетании химического состава живых систем и физических закономерностей, обеспечивших формирование необходимых структурных и функциональных свойств биомолекул. Пространственная размерность как физическая первооснова функциональных градиентов клеточных структур (0D – малые молекулы, 1D – линейные информационно детерминированные полимеры белков и нуклеиновых кислот, 2D – мембраны, 3D – органеллы и клетки).
3. Физические характеристики биологических структур, тканей и сред. Вода и межмолекулярные взаимодействия. Статистическое описание и квантовомеханические явления в биологических системах.
4. Биомеханика как компонент системной биофизики. Классификация конструкций живых систем, связей и типов движений на молекулярном, клеточном и организменном уровнях. Механика биологических жидкостей и жидкокристаллических структур.
5. Упорядоченность биологических структур, энтропия и информация. Открытые системы, неравновесная термодинамика в биологии, стационарные состояния, нелинейность живых систем, диссипативные структуры. Синергетика. Активные среды. Колебательные и автоволновые процессы в биологических системах как физическая основа пространственно-временной самоорганизации. Симметрия и асимметрия. Хиральность как инструмент стратификации в иерархиях молекулярно-биологических структур.
6. Биофизика клетки. Пространственно-временная структура, иерархия биологических систем. Совокупность физических, химических и биологических критериев живого. Физико-химические предпосылки происхождения жизни на Земле. Ионная и хиральная асимметрии как

- бифуркационный переход из неживой природы в живую.
7. Молекулярные машины как фундаментальный физический критерий перехода от неживой к живой материи. Физическое определение «машин». Тепловой шум. Сопряжение преобразования энергии, вещества и информации в биологических молекулярных машинах как их характерная особенность. Концепция «фермент - молекулярная машина». Типы биологических машин в иерархии живых систем от макромолекулярных до биосферных масштабов.
 8. Механохимические процессы. Мышечные и немышечные формы подвижности. Структура сократительных систем. Термодинамика и кинетика механохимического преобразования. Механорецепция.
 9. Биофизика мембран. Ленгмюровские монослои. Структура и физико-химические свойства биологических и искусственных мембран. Явления переноса, активный и пассивный транспорт ионов, сопряженный транспорт веществ. Насосы, каналы, переносчики. Осмотические и электрические явления, форма клетки, динамика мембран. Возбудимость, распространение нервного импульса, синаптическая передача.
 10. Физические основы преобразования и аккумуляции энергии в биологических системах. Биологическое окисление, дыхательная цепь, митохондрии, перенос электронов, механизмы энергетического сопряжения в биомембранах.
 11. Фотобиологические процессы. Оптические свойства биомолекул. Структурная организация фотосинтетического аппарата фотосинтезирующих бактерий, высших растений и водорослей. Первичные процессы фотосинтеза, миграция энергии, фотосистемы 1 и 2. Фоторецепция.
 12. Биофизика и физиология рецепции. Слух, зрение, обоняние. Биологические часы, физиологические ритмы, хронобиология.
 13. Биофизические подходы к проблеме биологической эволюции: движущие силы и физико-химические механизмы. Термодинамические и кинетические аспекты. Эволюция как системный синергетический процесс.
 14. Экология как биофизика биологических макросистем. Экологические системы, биоценозы и биосфера. Иерархические уровни организации биосферы. Трофические цепи, потоки энергии и круговорот веществ в экосистемах. Геофизические и геохимические факторы. Ноосфера, научные принципы природопользования.
 15. Математическое моделирование сложных биологических систем. Простейшие популяционные модели. Классические подходы, нерешенные проблемы и перспективы.
 16. Жизнь и Вселенная. Жизнь как космическое явление: биофизические, космологические и философские подходы.

Литература

1. В. А. Твердислов, А. Э. Сидорова, Л. В. Яковенко «Биофизическая экология» URSS, КРАСАНД, М., 2012, 544 с.
2. Б.Албертс, Д.Брей, Дж.Льюис, М.Рэфф "Молекулярная биология клетки", в 4-х томах, "Мир", М., 1994
3. Л.А.Блюменфельд «Решаемые и нерешаемые проблемы биологической физики».- М.:Едиториал УРСС, 2002.-160 с.
4. А.Б.Рубин "Биофизика", в 2-х томах, М., 2002-2006
5. И.Пригожин, Д.Кондепуди «Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур» М «МИР» 2002
6. Дж.Г.Николлс, А.Р.Мартин, Б.Дж.Валлас, П.А.Фукс «От нейрона к мозгу» М., УРСС, 2003
7. В.А.Твердислов, А.Н.Тихонов, Л.В.Яковенко "Физические механизмы функционирования биологических мембран", Изд. МГУ, М., 1987
8. С.Э.Шноль "Физико-химические факторы биологической эволюции", "Наука", М., 1979
9. А.К.Кукушкин, А.Н.Тихонов "Лекции по биофизике фотосинтеза растений", Изд. МГУ, М., 1988
10. А.В.Финкельштейн, О.Б.Птицын «Физика белка». –М.:КДУ, 2005.- 456 с.
11. Б.П.Безручко, А.А.Короновский, Д.И.Трубецков, А.Е.Храмов «Путь в синергетику. Экскурс в десяти лекциях». – М.: КомКнига, 2005.- 304 с.
12. Г.Хакен «Тайны природы, Синергетика: учение о взаимодействии». – Москва–Ижевск: Инст. компьютерных исследований, 2003, 320 с.
13. Г.Ю.Ризниченко «Лекции по математическим моделям в биологии». – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011, 560 с.
14. Т.Уэй Физические основы молекулярной биологии: Учебное пособие / под ред. Л.В.Яковенко. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2010
15. Клетки /под ред. Б.Льюина и др. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011

Контрольные вопросы

1. Биологические и физические критерии Живого
2. Происхождение живых систем
3. Биофизические механизмы эволюции биосферы, критерии прогрессивности и устойчивости
4. Размеры и размерности живого. Иерархичность.
5. Идеи симметрии в теоретической биологии
6. Хиральность как первооснова молекулярно-биологических иерархий
7. Биофизические мотивы типизации биомолекул
8. Биофизика - термодинамика и информатика
9. Биофизика и электромагнетизм
10. Биофизика и квантовая механика

11. Биофизика и динамика макромолекул
12. Биофизика и радиация
13. Биофизические проблемы морфогенеза
14. Биофизика рецепции
15. Физическая оптика биологических объектов (все диапазоны)
16. Биомеханика живого. Все уровни
17. Активные среды, автоволновая самоорганизация
18. Целесообразность и механизмы возбудимости
19. Механизмы биологической подвижности
20. Жидкокристаллические структуры в живых системах
21. Молекулярные машины и макромашины в биологической иерархии, КПД
22. Таблица Менделеева в геосфере и биосфере. Изотопия.
23. Экология как биофизика макросистем
24. Дуализм биосферы – продуценты и редуценты. Устойчивость.
25. Вода
26. Физические принципы организации и функционирования генома
27. Ферментативный катализ
28. Принципы и механизмы регуляции биологических процессов. Биофизическая кибернетика
29. Временная организация биохимических и физиологических процессов. Биологические часы
30. Фотофизические и фотохимические биологические процессы
31. Принципы и механизмы преобразования информации в биологических процессах. Биофизика когнитивных процессов
32. Математические модели: сообщества, биотические отношения, возбудимые среды, явления переноса и др.
33. Точечные и распределенные системы. Пассивные и активные среды. Примеры из неживой и живой природы.
34. Бифуркационный тип эволюции систем. Хиральность как элемент стратификации в системах неживой природы. Примеры.
35. Закрытые и открытые термодинамические системы. Системы в равновесии, вблизи равновесия и удаленные от равновесия. Стационарные состояния. Соотношения взаимности Онзагера. Теорема Пригожина о стационарных состояниях систем. Примеры из неживой и живой природы.
36. Бифуркационный тип эволюции живых систем. Хиральность как инструмент стратификации в молекулярно-биологических системах. Примеры.
37. Диссипативные системы. Линейные и нелинейные системы. Соотношения взаимности Онзагера для линейных систем. Примеры из неживой и живой природы.
38. Бифуркационный тип эволюции систем. Хиральность как элемент

- стратификации в системах неживой природы. Примеры.
39. Линейные и нелинейные системы. Диссипативные системы. Самоорганизация. Автоволны и автоволновая самоорганизация. Примеры из неживой и живой природы. Особенности систем свертывания крови.
 40. Бифуркационный тип эволюции живых систем. Хиральность как инструмент стратификации в молекулярно-биологических системах. Примеры.
 41. Автоволны в активных средах, изменение типов симметрии. Примеры из неживой и живой природы. Особенности сердечной мышцы как активной среды.
 42. Бифуркационный тип эволюции систем. Хиральность как элемент стратификации в системах неживой природы. Примеры.
 43. Типы кристаллических и квазикристаллических симметрий. Термодинамические особенности. Сопряжение процессов с разным рангом симметрии. Теорема Пригожина о симметриях в сопряженных процессах. Примеры из неживой и живой природы.
 44. Бифуркационный, сольтаторный тип эволюции живых систем.
 45. Хиральность как инструмент стратификации в молекулярно-биологических системах. Примеры.
 46. Структурные уровни в биополимерах и молекулярные машины. Примеры.
 47. Поверхность Мирового океана и происхождение предшественников живых клеток.
 48. Современный взгляд на принцип «хиральной чистоты биосферы»
 49. Биофизические принципы построения моделей происхождения предшественников живых клеток. Мировой океан, «холодная пленка» и сопряженные ионная и хиральная асимметрии.
 50. Строение и функции биологических мембран. Системы мембранного транспорта. Каналы и насосы. КПД натриевого насоса.