

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение  
Высшего профессионального образования  
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

Физический факультет  
Кафедра общей и молекулярной физики

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС  
ДИСЦИПЛИНЫ  
Биофизика**

---

**Программа дисциплины**

Екатеринбург  
2008

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

	Стр.
I Введение	3
II Содержание курса	6
II. 1 Темы курса	6
II. 2 Вопросы для самоконтроля	12
II. 3 Примерные экзаменационные вопросы (тесты)	20
III Распределение часов курса по темам и видам работ	26
IV Форма итогового контроля	26
V Учебно-методическое обеспечение курса	27
VI Ресурсное обеспечение	27

## I. ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методический комплекс «Биофизика» предназначен для подготовки студентов физического факультета по специальности 010707 «Медицинская физика».

1. *Цель* курса – познакомить студентов с биофизической сущностью организации и функционирования биологических объектов на клеточном, тканевом уровнях, на уровне органов и организма целом, сформировать у студентов современное представление о применении физических методов при исследовании биологических систем на разных уровнях организации, а также об основных проблемах, стоящих перед различными разделами биофизики.

2. *Задача* дисциплины – познакомить студентов с основными понятиями биофизики. На основе анализа экспериментальных данных, используя современные методы физико-математического моделирования, дать представления об основных объектах исследования молекулярной биофизики, биофизики клетки, а также биофизики сложных систем. Научить студентов грамотному восприятию практических проблем, связанных с биофизикой в целом, и со здоровьем человека, в частности. Сформировать у студентов целостное естественно научное мировоззрение.

3. Курс «Биофизика» является одной из базовых дисциплин для студентов специальности «Медицинская физика», для студентов других специальностей данная дисциплина является «курсом по выбору». При ее изучении используются знания и навыки, полученные студентами при изучении курсов общей и теоретической физики, математического анализа, также используются школьные знания студентов по биологии. В настоящей программе основное внимание уделяется тем темам курса,

которые будут непосредственно востребованы для усвоения материала других дисциплин медико-биологического профиля: биологии, физиологии, биохимии, биомеханики, молекулярных механизмов биологической подвижности, радиационной физики, неионизирующего излучения, основ интроскопии.

4. Результатом обучения дисциплине «Биофизика», должно стать умение студента оперировать специальной терминологией, понимание основных понятий, законов и моделей, применяемых в биофизике, теоретических и экспериментальных методов исследований, приобретение способности к системному мышлению.

5. Курс «Биофизика» подготовлен по классической схеме преподавания естественнонаучных дисциплин. Особенность курса состоит в фундаментальном характере изложения предмета. Материал излагается от простого к сложному, от молекулярного уровня до организменного. Основное внимание уделяется освещению физической природы многих биологических явлений и процессов. Также большое внимание уделяется применению современных физических методов, применяемых в научных биологических и медицинских исследованиях, для изучения биологических систем на различных уровнях организации. Кроме того, обсуждаются применение результатов биофизических исследований в диагностике и лечении различных заболеваний.

Преподавание курса «Биофизика» сочетает традиционную лекционную форму с мультимедийными компьютерными презентациями, подготовленными для каждой лекции (в виде слайдов). В программе курса (см. п. II) после названия темы лекции приводится номер и название соответствующей презентации.

Для самоконтроля студентов по каждой изучаемой теме программы курса «Биофизика» разработаны вопросы. С целью итогового контроля знаний и умений студентов специальности «Медицинская физика», приобретенных при изучении курса дисциплины «Биофизика» разработаны тесты.

Для получения зачета по дисциплине, необходимо правильно выполнить не менее 75% теста. В случае неудовлетворительного результата (менее 75%), проводится собеседование со студентом, где ему предлагается исправить ошибки, допущенные в процессе решения теста.

## II. Содержание курса

### II. 1. ТЕМЫ КУРСА

#### *1. Введение в биофизику (2 часа). (Презентация Глава 1. Введение в биофизику)*

Предмет и задачи биофизики. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах. Методологические вопросы биофизики. История развития отечественной биофизики.

#### *2. Молекулярная биофизика (10 часов). (Презентация Глава 2. Молекулярная биофизика)*

Макромолекула как основа организации биоструктур. Пространственная конфигурация биополимеров. Статистический характер конформации биополимеров.

Условия стабильности конфигурации макромолекул. Фазовые переходы. Переходы глобула-клубок. Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах. Силы Ван-дер-Ваальса (ориентационное, индукционное и дисперсионное взаимодействия); водородные связи и электростатические взаимодействия; поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Факторы стабилизации макромолекул.

Взаимодействие макромолекул с растворителем. Строение и свойства молекулы воды. Водородные связи. Особенности воды как растворителя. Гидрофобные и гидрофильные взаимодействия в биоструктурах. Образование структур из амфифильных молекул.

Особенности пространственной организации белков и нуклеиновых кислот. Конформации полипептидных цепей. Роль воды в динамике

белков. Основные методы изучения конформационной подвижности белков: люминесцентные методы, ЭПР, ЯМР, ЯГР спектроскопии.

*3. Биофизика мембранных процессов (12 часов). (Презентация Глава 3. Биофизика мембранных процессов)*

### **Структурно-функциональная организация биологических мембран (4 часа).**

Клетка как элементарная живая система. Строение клетки и биологические мембраны. Основные функции биологических мембран.

Развитие представлений о структурной организации мембран. Представления о липидном составе биомембран. Модельные мембранные системы (мульти- и моноламелярные липосомы, плоские бислойные мембраны).

Молекулярная организация биологических мембран. Состав биомембран. Вода как составной элемент биомембран. Структура воды в биомембранах. Жидкокристаллическое состояние биологических мембран. Фазовые переходы липидов в мембранах (фазовые переходы: ЖК состояние – гель – ЖК состояние; температурный и химический).

Подвижность молекулярных компонентов в мембранах. Вращательная подвижность и латеральная диффузия липидов и белков. Флип - флоп переходы.

Механические свойства мембран. Упругая потенциальная энергия. Модуль поверхностного изотермического сжатия. Поверхностный модуль упругости при сдвиге. Упругость плоских бислойных липидных мембран.

Механизмы разрушения липидного слоя. Возникновение дефектов типа «сквозная пора». Модель критической поры. Образование критических пор в электрическом поле и при фазовых переходах.

### **Транспорт веществ через биологические мембраны (4 часа).**

Пассивный транспорт веществ через биомембраны. Химический и электрохимический потенциалы. Уравнение Теорелла. Уравнение Нернста-Планка. Классификация видов пассивного транспорта.

Простая диффузия неэлектролитов. Первый закон Фика. Проницаемость и коэффициент диффузии. Нестационарная диффузия. Второй закон Фика. Диффузия через поры. Особенности липидных пор, их роль в переносе воды.

Облегченная диффузия. Модель облегченной диффузии. Особенности переноса по механизму облегченной диффузии.

Осмоз и осмотическое давление. Фильтрация.

Активный транспорт. Опыты Уиссинга.

Ионные насосы. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны. Электрогенный транспорт ионов. Формула Томаса. Эквивалентная схема активного транспорта.

Ионные каналы и ионофоры. Подвижные переносчики (валиномицин, нирегицин) и каналобразующие агенты (грамицидин А, аламецитин).

### **Биоэлектрические потенциалы (4 часа).**

Экспериментальные исследования биопотенциалов.



Потенциал покоя. Электродиффузионный транспорт ионов через мембрану. Потенциал Нернста. Уравнение Гендерсона. Приближение постоянного поля. Уравнение Гольдмана для мембранного потенциала. Соотношение Уссинга.

Потенциал действия. Измерение потенциалов в возбудимых мембранах. Схема эксперимента, результаты. Мембранная гипотеза возникновения потенциала действия.

Ионные токи в мембране аксона. Метод фиксации потенциала. Эквивалентная электрическая схема мембраны. Разделение мембранного тока на компоненты. Распространение нервного импульса вдоль возбудимого волокна. Кабельные свойства нервных волокон. Проведение импульса по немиелиновым и миелиновым волокнам.

Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Описание подвижности ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ . Ионные каналы клеточных мембран. Основные свойства, структура.

#### ***4. Биофизика мышечного сокращения (3 часа) (Презентация Глава 4. Биофизика мышечного сокращения)***

Основные типы сократительных и подвижных систем. Структура и функционирование поперечно-полосатой мышцы позвоночных. Строение саркомера. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла.

Биомеханика мышцы. Экспериментальные режимы исследования сократительных характеристик мышц.

Принципы преобразования энергии в механохимических системах. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем.

Уравнение Хилла. Мощность одиночного сокращения.

Электромеханическое сопряжение в мышцах.

Теории механизма мышечного сокращения.

*5. Биофизика сложных систем (9 часов). (Презентация Глава 5. Биофизика сложных систем)*

#### **Моделирование биофизических процессов.**

Основные этапы моделирования. Классификация моделей. Основные требования к моделям.

#### **Биофизика системы кровообращения.**

Система кровообращения. Физика работы сердца. Большой и малый круги кровообращения.

Движение жидкостей. Относительный сдвиг слоев; пристеночные эффекты; Ньютоновские жидкости; возникновение турбулентности. Линейная и объемная скорость кровотока. Линейная скорость течения крови в различных участках кровеносного сосуда, пульсовая волна. Методы измерения скорости движения крови, ультразвуковой способ определения скорости движения клеток в крови. Показатели производительности работы сердца.

Размеры сосудов и связь размеров с сопротивлением движению крови. Особенности движения крови в капиллярах, деформация эритроцитов.

Общее сопротивление системы сосудов, соединенных последовательно или параллельно, формула гемодинамического периферического сопротивления. Вклад клеток и плазмы в вязкость крови. Агрегация (межклеточные взаимодействия) эритроцитов и ее влияние на гемодинамику.

Динамика движения крови в капиллярах. Фильтрационно-реабсорбционные процессы. Математическая модель кровотока при фильтрационно-реабсорбционных процессах. Градиент скорости течения крови в различных участках кровеносной системы и его значение в развитии патологических состояний. Особенности кровотока при локальном сужении сосуда. Резистивная модель. Гемодинамические следствия стеноза и атеросклероза сосудов, гипоксия тканей. Роль изменения производительности сердца и гемодинамического периферического сопротивления в развитии различных видов гипертензии. Особенности гемодинамики при сердечной недостаточности.

Биофизические функции элементов сердечно-сосудистой системы. Регуляция давления. Оценка функции сердечной мышцы. ЭКГ, УЗИ.

### **Биофизика органов чувств.**

Общие закономерности.

Восприятие вкуса.

Восприятие запаха. Теория обоняния.

Слух. Кодирование информации в органе слуха.

Зрение. Кодирование информации в органе зрения.

## II. 2. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Водородная связь. Ее роль в формировании структуры белка.
2. Особенности структуры воды и ее свойства.
3. Что происходит при растворении в воде неполярных молекул?
4. Энергия перехода неполярных молекул из гидрофобной в водную фазу.
5. Как можно количественно выразить гидрофобность данного вещества.
6. Перечислите основные методы получения макромолекул в лабораторных условиях.
7. Какие молекулы называют амфифильными?
8. Какие молекулы называют гидрофильными?
9. Какие молекулы называют гидрофобными?
10. Опишите условия, необходимые для образования обращенных сферических мицелл.
11. Какое агрегатное состояние применимо для описания полимеров?
12. Какие физические методы используют для исследования строения вещества?
13. Какие физические методы используют для исследования подвижности молекул вещества?
14. Оцените коэффициент распределения  $K$  между водной ( $\epsilon_1 \approx 81$ ) и неполярной фазой ( $\epsilon_2 \approx 3$ ) фазами для иона ( $r \approx 0,2 \text{ нм}$ ), используя формулу Борна? ( $T \approx 27^\circ \text{C}$ )
15. Оцените величину равновесного потенциала для клетки сердечной мышцы для ионов  $\text{Na}^+$ , если концентрации ионов  $C_i = 15 \text{ ммоль/л}$  и  $C_o = 145 \text{ ммоль/л}$ .

16. Оценить величину давления в мембране, находящейся под действием разности потенциалов  $\varphi \sim 0,5\text{В}$ , если  $h=4\text{нм}$  и удельная емкость  $C_M=0,6\text{мкф/см}^2$ ?
17. Оценить критический радиус и критическую энергию поры в "замороженной" мембране, для которой  $\sigma \approx 5,5 \cdot 10^{-3}\text{Н/м}$  и  $\gamma \approx 10 \cdot 10^{-12}\text{Н}$ .
18. Определить отношение длин экранирования в водной ( $\epsilon_1 \approx 81$ ) и липидной ( $\epsilon_2 \approx 3$ ) фазах, если  $C_1$  в 1000 раз больше, чем  $C_2$ .
19. Оценить критический радиус и критическую энергию поры в мембране толщиной 10 нм, находящейся в поле  $E=10^7\text{В/м}$  ( $\epsilon=2$ ,  $\sigma \approx 1 \cdot 10^{-3}\text{Н/м}$  и  $\gamma \approx 10 \cdot 10^{-12}\text{Н}$ ).
20. Оцените концентрацию ионов  $\text{Cl}^-$  внутри клетки мышцы лягушки, если  $C_o=120\text{ммоль/л}$  и  $\varphi_{\text{Cl}}^0=-87\text{мВ}$ .
21. Удельная электрическая емкость мембраны аксона, измеренная внутриклеточным микроэлектродом, оказалась равной  $0,5\text{мкФ/см}^2$ . По формуле плоского конденсатора оцените толщину гидрофобного слоя мембраны с диэлектрической проницаемостью 2.
22. Какое расстояние на поверхности мембраны эритроцита проходит молекула фосфолипида за 1 с в результате латеральной диффузии? Коэффициент латеральной диффузии принять равным  $10^{-12}\text{ м}^2/\text{с}$ . Сравните с окружностью эритроцита диаметром 8 мкм.
23. При фазовом переходе мембранных фосфолипидов из жидкокристаллического состояния в гель толщина бислоя изменяется. Как при этом изменится напряженность электрического поля в мембране?
24. Вокруг каких связей в полипептидной цепи происходит вращение?
25. Нековалентные взаимодействия между атомами. Их природа и сила.
26. Что это такое дипольные взаимодействия, как их можно рассчитать?
27. При фазовом переходе мембранных фосфолипидов из жидкокристаллического состояния в гель толщина бислоя

- изменяется. Как при этом изменится электрическая емкость мембраны?
28. С помощью спин-меченных молекул фосфолипидов установлен градиент вязкости по толщине мембраны. Опишите эксперимент.
  29. С помощью спин-меченных молекул фосфолипидов установлен градиент вязкости по толщине мембраны. Определите, где вязкость выше: у поверхности мембраны или в ее центре?
  30. Критический радиус липидной поры в мембране зависит от краевого натяжения поры, поверхностного натяжения мембраны и мембранного потенциала. Выведите формулу для критического радиуса поры.
  31. Критический радиус липидной поры в мембране зависит от краевого натяжения поры, поверхностного натяжения мембраны и мембранного потенциала. Выведите формулу для критического радиуса поры в присутствии электрического поля.
  32. Критический радиус липидной поры в мембране зависит от краевого натяжения поры, поверхностного натяжения мембраны и мембранного потенциала. Рассчитайте критический радиус поры при отсутствии мембранного потенциала. Принять краевое натяжение поры  $10^{-11}$  Н, поверхностное натяжение липидного бислоя 0,3 мН/м.
  33. Как изменится облегченная диффузия ионов калия с участием молекулы валиномицина после фазового перехода мембранных липидов из жидкокристаллического состояния в гель?
  34. Какова связь коэффициента диффузии с вязкостью среды?
  35. Выведите уравнение потока молекул через мембрану.
  36. Какова связь проницаемости с вязкостью вещества мембраны. Приведите все необходимые уравнения и объясните их физический смысл.

37. Какова связь между проницаемостью мембраны и проницаемостью примембранных слоев воды. Выведите необходимые уравнения и объясните их физический смысл.
38. Для каких молекул или ионов основным барьером служит липидный бислой и почему?
39. Осмотический эффект в живых клетках сопровождается их набуханием в гипотоническом растворе и сжатием в гипертоническом. Будет ли наблюдаться осмотический эффект при накоплении ионов натрия по схеме антипорта?
40. Осмотический эффект в живых клетках сопровождается их набуханием в гипотоническом растворе и сжатием в гипертоническом. Будет ли наблюдаться осмотический эффект при накоплении ионов натрия по схеме симпорта?
41. Показать, что уравнение Нернста-Планка сводится к уравнению Фика для диффузии незаряженных частиц.
42. Фермент  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФаза}$  в плазматической мембране эритроцита совершил шесть циклов. Какое количество ионов натрия и калия при этом было активно транспортировано?
43. Фермент  $\text{Na}^+\text{-K}^+\text{-АТФаза}$  в плазматической мембране эритроцита совершил шесть циклов. Какое количество энергии при этом было израсходовано, если гидролиз одного моля АТФ сопровождается освобождением 33,6 кДж? Эффективность процесса энергетического сопряжения считать 100%.
44. В клеточных мембранах известны три ионных насоса:  $\text{Na}^+\text{-K}^+$ -насос, протонный насос и кальциевый насос. Каким образом осуществляется при этом активный транспорт сахаров?
45. В клеточных мембранах известны три ионных насоса:  $\text{Na}^+\text{-K}^+$ -насос, протонный насос и кальциевый насос. Каким образом осуществляется при этом активный транспорт аминокислот?

46. Возможен ли одновременный транспортный перенос ионов калия и натрия по схеме симпорта?
47. Возможен ли одновременный транспортный перенос ионов калия и натрия по схеме антипорта?
48. Возможен ли одновременный транспортный перенос ионов калия и натрия по схеме унипорта?
49. Какой транспорт ионов создает мембранную разность потенциалов: пассивный или активный?
50. Что больше: скорость распространения электрического сигнала по проводам морского телеграфа или скорость распространения нервного импульса по мембране аксона? Почему?
51. Объясните биофизический механизм действия яда тетродоксина?
52. Объясните биофизический механизм действия яда тетраэтиламмония?
53. Как соотносятся проницаемости мембраны аксоны кальмара для различных ионов в покое?
54. Как соотносятся проницаемости мембраны аксоны кальмара для различных ионов при ее возбуждении?
55. Как изменится вид графика потенциала действия, если поменять химический состав внутри аксона и снаружи: аксоплазму заменить на внеклеточную жидкость, а внеклеточную жидкость – на аксоплазму?
56. Чему равна напряженность электрического поля на мембране в состоянии покоя, если концентрация ионов калия внутри клетки 125 ммоль/л, снаружи – 2,5 ммоль/л, а толщина мембраны 8 нм?
57. Рассчитайте амплитуду потенциала действия, если концентрация калия и натрия внутри клетки возбудимой ткани соответственно: 125 ммоль/л, 1,5 ммоль/л, а снаружи 2,5 ммоль/л и 125 ммоль/л.
58. Почему суммарный ток  $I_m(t)$  вначале идет ниже оси времени? Чем это определяется?



59. Как можно объяснить характер изменений токов ионов натрия и калия при изменении потенциала на мембране?
60. Рассчитайте равновесный потенциал для ионов натрия для кардиомиоцита. Сравните его с потенциалом для нервного волокна.
61. Рассчитайте равновесный потенциал для ионов кальция для кардиомиоцита. Сравните его с потенциалом для нервного волокна.
62. Рассчитайте равновесный потенциал для ионов калия для кардиомиоцита. Сравните его с потенциалом для нервного волокна.
63. Опишите формирование мембранного потенциала.
64. Электродиффузия иона в однородной среде.
65. Диффузия и элетрофорез.
66. Связь между потоком ионов и электрическим током в среде.
67. Возможен ли процесс на мембране возбудимой клетки, при котором одновременно навстречу друг другу текут потоки различных ионов, имеющих одинаковый знак заряда?
68. В чем смысл выражения:  $|g_{Ca}(\varphi_m - \varphi_{Ca}^P)| \cong |g_K(\varphi_m - \varphi_K^P)|$  для второй фазы потенциала действия кардиомиоцита?
69. В чем принципиальное отличие метода фиксации потенциала от метода локальной фиксации потенциала?
70. Одинаковые ли получаются формы токов ионов натрия при использовании метода фиксации потенциала или метода локальной фиксации потенциала?
71. В чем причина того, что ток через канал дискретный, а через мембрану – непрерывный, плавно изменяющийся?
72. Ток какого минимального количества каналов необходимо суммировать, чтобы флуктуации тока составляли 0,1 от его средней величины?
73. В чем состоит принцип эквивалентного генератора? Приведите примеры использования этого принципа.

74. Почему именно обратная задача электрокардиографии является задачей диагностики, а не прямая?
75. Каков механизм образования карты электрических потенциалов на поверхности тела человека?
76. Почему необходимо регистрировать как минимум 3 отведения ЭКГ, а не, например, одно?
77. Что является причиной изменений величины и направления интегрального электрического вектора сердца за цикл его работы?
78. Почему амплитуды одних и тех же зубцов ЭКГ в один и тот же момент времени в различных отведениях не одинаковы?
79. В чем состоит принципиальное отличие автоволн в активных средах от механических волн в упругих средах?
80. Почему автоволна распространяется в активной среде без затухания?
81. Наблюдается ли в активных средах интерференция автоволн?
82. От чего зависят параметры автоволны в активной среде?
83. Перечислите основные положения модели скользящих нитей.
84. Дайте определение саркомера.
85. Опишите строение элементарной сократительной единицы.
86. Опишите модель пассивного растяжения мышцы (трехкомпонентная модель Хилла).
87. Перечислите режимы экспериментального исследования активного сокращения мышц.
88. Опишите зависимость мощности мышцы от нагрузки.
89. Перечислите основные этапы электромеханического сопряжения в мышцах.
90. Почему при различных начальных длинах мышцы изометрическое сокращение имеет различную форму зависимости  $F(t)$ ?
91. Можно ли по кривой зависимости  $V(P)$  Хилла определить, какой максимальный груз может удерживать мышца?

92. Увеличивается ли эффективность сокращения мышца с увеличением генерации тепла этой мышцей?
93. В чем состоят отличия электромеханического сопряжения в кардиомиоците и скелетной мышце?
94. Опишите зависимость скорости одиночного сокращения мышцы от нагрузки  $v(P)$ .
95. Радиус сосуда уменьшили вдвое. Во сколько раз изменится объемная скорость кровотока при неизменном градиенте давления?
96. Вычислите давление крови на расстоянии 5см от начала сосуда, если в начале сосуда давление составляет  $10^4$  Па, его радиус 1мм, вязкость крови  $0,005$  Па\*с, линейная скорость движения крови 20 см/с.
97. Во сколько раз изменится скорость падения давления в начале диастолы, если гидравлическое сопротивление мелких сосудов увеличилось на 20%?
98. Во сколько раз гидравлическое сопротивление участка аорты (радиус аорты 1,25см) меньше, чем гидравлическое сопротивление участка артерии той же длины (радиус артерии 2,5мм). Вязкость крови в артерии составляет 0,9 вязкости крови в аорте.
99. Во сколько раз должно увеличиться давление крови в начале крупного сосуда, чтобы при сужении его просвета на 30% давление на выходе из сосуда и объемная скорость кровотока остались бы прежними. В отсутствии сужения падение давления в сосуде составляет 0,2 от давления в начале сосуда.
100. Оцените, какое время эритроцит находится в капилляре.
101. Перечислите основные виды движения в системе кровь-сосуд.
102. Перечислите границы применимости закона Пуазейля.
103. Дайте определение моделированию биологических процессов.
104. Перечислите особенности течения крови при локальном сужении сосуда.

### II. 3. ПРИМЕРНЫЕ ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ (тесты)

1) **Агрегатным состоянием полимера является:**

- А. Жидкое
- Б. газообразное
- В. Кристаллическое
- Д. частично-кристаллическое

2) **В крупном сосуде одновременно происходят:**

- а) перемещение частиц крови;
  - б) распространяется пульсовая волна;
  - в) распространяется звуковая волна.
- Каковы характерные скорости этих процессов?  
х. 1500 м/с; у. 10 м/с; з. 0,5 м/с.

1. аз, бу, вх;

2. аз, бх, ву;

3. ах, бу, вз

3) **В сферических мицеллах амфифильные молекулы расположены:**

- А. неполярными частями наружу;
- Б. вдоль поверхности сферической мицеллы;
- В. полярными частями наружу;
- Г. сферические мицеллы не состоят из амфифильных молекул.

4) **Везикулы представляют собой**

- А. Моноламеллярные концентрические структуры
- Б. Мультиламеллярные концентрические структуры
- В. Мультиламеллярные плоские структуры
- Г. Моноламеллярные плоские структуры

5) **Где локализованы центры гидролиза АТФ?**

- А. Актин
- Б. Тяжелые цепи миозина («мостики»),
- В. Легкие цепи миозина

6) **Для молекулы водорода энергия Ван-дер-Вальсовского взаимодействия определяется только энергией:**

- А. Индукционного взаимодействия
- Б. Ориентационного взаимодействия
- В. Водородной связи
- Г. Дисперсионного взаимодействия

7) **Изменение свободной энергии при переходе ионов  $\text{Na}^+$  ( $r \approx 0,1 \text{ нм}$ ) из воды ( $\epsilon_1 \approx 81$ ) в неполярную фазу ( $\epsilon_1 \approx 2$ ) составляет**

- А. ~500 кДж/моль,
- Б. ~-350 кДж/моль
- В. ~-800 кДж/моль,
- Г. ~150 кДж/моль

8) **Ионы какого металла играют ключевую роль в активации мышечного сокращения?**

- А. Са                      Б. Fe                      В. Cu                      Г. К

9) **Какие из нижеперечисленных сил не оказывают влияния на образование вторичной структуры?**

- А. силы химической связи
- Б. силы Ван-дер-Ваальса
- В. силы водородной связи

10) **Какое из утверждений не является основным свойством ионных каналов:**

- 1. селективность;
- 2. независимость работы отдельных каналов;
- 3. непрерывный характер проводимости;
- 4. зависимость параметров каналов от мембранного потенциала?

11) **Какое из утверждений несправедливо для состояния макромолекулы в виде клубка?**

- А. У клубка нет достоверной пространственной структуры
- Б. В клубке радиус корреляций расположения звеньев порядка размера макромолекулы
- В. В клубке несущественны объемные взаимодействия
- Г. В клубке отсутствуют флуктуации плотности

12) **Какую долю окружности эритроцита диаметром 8 мкм составит смещение молекулы фосфолипида за 1 с в результате латеральной (D ≈ 10<sup>-12</sup> м<sup>2</sup>/с)?**

- А. ≈ 0,81
- Б. ≈ 0,04
- В. ≈ 0,16
- Г. ≈ 0,52

13) **Коэффициент вязкости крови (А или Б), поэтому она (Ж или М) жидкость:**

- А. постоянный параметр  $\eta = const$
- Б. функция условий течения  $\eta(dV/dZ)$

Ж. ньютоновская жидкость  
М. неньютоновская жидкость

1. АЖ                      2. АМ                      3. БЖ                      4. БМ

**14) Критический радиус гидрофильной поры в мембране ( $r^*$ ) определяется формулой:**

- А.  $r^* = \gamma / \sigma$
- Б.  $r^* = \sigma / \gamma$
- В.  $r^* = \gamma^2 / \sigma$
- Г.  $r^* = (\gamma + \sigma^2) / \sigma$

**15) Критический радиус гидрофильной поры в мембране ( $r^*$ ), находящейся в электрическом поле определяется формулой**

- А.  $r^* = \gamma \sigma / (C \varphi^2 / 2)$
- Б.  $r^* = \sigma / (\gamma + C \varphi^2 / 2)$
- В.  $r^* = \gamma / (\sigma + \varphi^2 / 2C)$
- Г.  $r^* = \gamma / (\sigma + C \varphi^2 / 2)$

**16) Кровь это жидкость (А или Б), так как это (Д или К)**

- А. ньютоновская жидкость
- Б. неньютоновская жидкость
- Д. однородная жидкость
- К. суспензия

1. АК                      2. БК                      3. БД                      4. АД

**17) Молекула валиномицина переносит через мембрану:**

- 1.  $\text{Na}^+$  и  $\text{K}^+$ ;
- 2.  $\text{Ca}^{++}$ ;
- 3.  $\text{Cl}^-$  и  $\text{OH}^-$ ;
- 4.  $\text{K}^+$

**18) Оцените величину равновесного потенциала для клетки сердечной мышцы для ионов  $\text{Na}^+$ , если концентрации ионов  $C_i = 15$  ммоль/л и  $C_o = 145$  ммоль/л**

- А.  $\sim 100$  мВ
- Б.  $\sim -80$  мВ
- В.  $\sim -40$  мВ
- Г.  $\sim 60$  мВ

**19) Оцените концентрацию ионов  $\text{Cl}^-$  внутри клетки мышцы лягушки, если  $C_o = 120$  ммоль/л и  $\varphi_{\text{Cl}}^0 = -87$  мВ**

- А.  $C_i \approx 5$  мВ
- Б.  $C_i \approx 50$  мВ
- В.  $C_i \approx 25$  мВ
- Г.  $C_i \approx 1$  мВ

20) Оцените коэффициент распределения  $K$  между водной ( $\epsilon_1 \approx 81$ ) и неполярной фазой ( $\epsilon_2 \approx 3$ ) фазами для иона ( $r \approx 0,2$  нм), используя формулу Борна? ( $T \approx 27^\circ\text{C}$ )

- А.  $e^{-40}$
- Б.  $e^{+40}$
- В.  $e^{-10}$
- Г.  $e^{+10}$

21) Оценить критический радиус и критическую энергию поры в мембране толщиной 10 нм, находящейся в поле  $E = 10^7$  В/м ( $\epsilon = 2$ ,  $\sigma \approx 1 \cdot 10^{-3}$  Н/м и  $\gamma \approx 10 \cdot 10^{-12}$  Н)

- А.  $\approx 1$  нм
- Б.  $\approx 2$  нм
- В.  $\approx 5$  нм
- Г.  $\approx 7$  нм

22) При моделировании ЭКГ предполагают, что окружающая среда диполя:

- |                |                  |
|----------------|------------------|
| а) однородна;  | а') неоднородна; |
| б) изотропна;  | б') анизотропна; |
| в) ограничена; | в') бесконечна.  |

1. абв;                      2. а'б'в';                      3. аб'в;                      4. абв'

23) При фазовом переходе в гель-состояние электрическая емкость мембраны:

- А. Не изменяется
- Б. Возрастает
- В. Уменьшается
- Г. Мембрана разрушается

24) Сила сокращения, генерируемая мышцей, определяется:

1. длиной активной части;
2. изменением силы, генерируемой одним мостиком;
3. количеством одновременно замкнутых мостиков;
4. упругостью миозиновой нити.

- 25) Среднее значение квадрата радиус-вектора незакрепленного конца свободно-сочлененной полимерной молекулы из  $N$  звеньев длиной  $l$  равно:
- А.  $\langle r^2 \rangle = N^2 l^2$
  - Б.  $\langle r^2 \rangle = l^2$
  - В.  $\langle r^2 \rangle = N l^2$
  - Г.  $\langle r^2 \rangle = (1/N) l^2$
- 26) Толщина биологической мембраны составляет
- А. 10 Å
  - Б. 0,1 мкм
  - В. 10 нм
  - Г. 10 мкм
- 27) Удельная емкость мембраны аксона равна 0,5 мкф/см<sup>2</sup>. Если  $\epsilon=3$ , то какова оценка толщины гидрофобного слоя мембраны?
- А.  $\approx 9,8$  нм.
  - Б.  $\approx 2,8 \cdot 10^{-10}$  м.
  - В.  $5,2 \cdot 10^{-9}$  м.
  - Г.  $\approx 2,7$  нм
- 28) Уравнение диффузии неэлектролитов имеет вид:
- А.  $J=D(dC/dx)$
  - Б.  $J=D(dC/dt)$
  - В.  $J= - D(dC/dx)$
  - Г.  $J= - D(dC/dt)$
- 29) Характерное время переноса молекулы фосфолипидов из одного положения равновесия в другое при их диффузии: латеральная (флип-флоп):
1.  $10^{-7}$ - $10^{-8}$  с ( $\sim 1$  час);
  2.  $10^{-10}$ - $10^{-12}$  с ( $10^{-7}$ - $10^{-8}$  с);
  3. 1-2 часа (10-50с)
- 30) Что происходит с мембраной при фазовом переходе в геле-состояние?
- А. Толщина мембраны уменьшается
  - Б. Толщина мембраны не изменяется
  - В. Толщина мембраны увеличивается
  - Г. Объем мембраны не изменяется
- 31) Что такое гидрофильные молекулы?
- А. Вещества, состоящие из них, не растворяются в воде.
  - Б. Вещества, состоящие из них, растворяются в воде.
  - В. Имеют дипольный момент
  - Г. Не имеют дипольного момента



- 32) Элементарная сократительная единица это:**
- А. Саркомер
  - Б. Миофибрилла
  - В. Миозиновый мостик
  - Г Тропомиозин
- 33) Какая структура белка функционально активна?**
- А. Первичная
  - Б. вторичная
  - В. третичная
  - Г. любая
- 34) Какой из механизмов транспорта веществ через мембрану энергонезависим?**
- А. облегченная диффузия ионов и полярных молекул
  - Б. транспорт ионов с помощью насосов белковой природы внутрь клетки
  - В. удаление ионов из клетки с помощью насосов белковой природы
- 35) Выберите неверное суждение о свойствах клеточной мембраны:**
- А. липиды спонтанно образуют бислой.
  - Б. мембранные липиды и белки легко диффундируют в плоскости мембраны.
  - В. обе стороны мембраны идентичны друг другу и симметричны.
- 36) Какой из продуктов целесообразнее давать уставшему марафонцу на дистанции для поддержания сил?**
- А. кусочек мяса
  - Б. кусочек сахара
  - В. немного минеральной воды
  - Г. немного сливочного масла
- 37) Какие из видов движения присутствуют в системе кровь-сосуд**
- А. Перемещение частиц крови
  - Б. Распространение пульсовой волны
  - В. Распространение звуковых волн
  - Г. Все выше перечисленные А-В
- 38) Движение крови является примером**
- А. ламинарного течения жидкости
  - Б. турбулентного течения жидкости
  - В. Ламинарного и турбулентного течений жидкости

### III. Распределение часов курса по темам и видам работ

№ п/п	Тема, раздел	Учебный план, часов			
		Аудиторные занятия		Самост оятель ная работа	Итого по темам
		лекции	практи ческие		
1	Введение в биофизику.	2		2	4
2	Молекулярная биофизика.	10		6	16
3	Биофизика мембранных процессов. Структурно-функциональная организация биологических мембран. Транспорт веществ через биологические мембраны. Транспорт веществ через биологические мембраны.	12		8	20
4	Биофизика мышечного сокращения.	3		3	6
5	Биофизика сложных систем. Моделирование биофизических процессов. Биофизика системы кровообращения. Биофизика органов чувств.	9		8	17
	<b>Всего</b>	<b>36</b>		<b>27</b>	<b>63</b>

### IV. Форма итогового контроля

Зачет. Контрольные вопросы (задания в тестовой форме) к зачету приводятся в разделе II. 3

## **V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСА**

### **Рекомендуемая литература**

#### **Основная**

1. Антонов В.Ф., Черныш А.М., Пасечник В.И., Вознесенский С.А., Козлова Е.К. «Биофизика», М: «Владос», 2000.
2. Тиманюк В.А., Животова Е.Н. «Биофизика», Киев: «Профессионал», 2004.
3. Волькенштейн М.В. «Молекулярная биофизика», М: «Наука», 1975.

#### **Дополнительная**

1. Финкельштейн А., Птицын О. Физика белка. - М.: Книжный дом. «Университет», 2002.
2. Рубин А.Б. «Биофизика» в 2 томах, М: «Высшая школа», 1987.
3. «Лекции по биофизике» под ред. Макарова П.О., Издательство Ленинградского университета, 1968.
4. Губанов Н.И., Утепбеинов А.А. «Медицинская биофизика», М: «Медицина», 1978.
5. Рубин А.Б. Лекции по биофизике. Учебное пособие. М., 1994.
6. Рощупкин Д.И., Фесенко Е.Е., Новоселов В.И. «Биофизика органов», М: «Наука», 2000.
7. Дж. Поллак. Клетки, гели и двигатели жизни. CD, 2006

## **VI. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Для сопровождения лекций наглядным материалом (мультимедийными презентациями), необходим персональный компьютер и мультимедийный проектор.