

ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ
Биолого-технологический факультет

БИОФИЗИКА
методические указания по самостоятельному изучению дисциплины и
выполнению контрольной работы

НОВОСИБИРСК 2022

Кафедра физиологии и биохимии человека и животных

Составители: канд. биол. наук, проф. *Н.В. Ефанова*
канд. биол. наук, доц. *Л.М. Осина*
канд. биол. наук, доц. *С.В. Баталова*

Биофизика: методические указания по самостоятельному изучению дисциплины и выполнению контрольной работы/ Новосиб. гос.-аграр. ун-т; Биолого-технолог. факультет; сост.: Н.В. Ефанова, Л.М. Осина, С.В. Баталова. – Новосибирск, 2022. – 23 с.

Рецензент: доцент кафедры теоретической и прикладной физики Дзю И.М.

Методические указания предназначены для самостоятельного изучения материала по «Биофизике» и для выполнения контрольных работ по данной дисциплине. В состав методического указания входят: вопросы для выполнения контрольной работы и краткое содержание тем для самостоятельного изучения дисциплины.

Методические указания построены в соответствии с программой курса для студентов очного отделения по направлению подготовки 06.03.01 – Биология.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом БТФ (протокол № 7 от 29 сентября 2022 г.)

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ	
ДИСЦИПЛИНЫ	5
Методические указания и задания для контрольных работ	5
Правила оформления контрольной работы	6
Задания для контрольной работы	7
Номера вопросов контрольной работы	11
РАЗДЕЛ II. СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ	
РАБОТЫ	12
КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИЗУЧАЕМЫХ ТЕМ	13
ТЕМА 1. ТЕРМОДИНАМИКА	13
ТЕМА 2. КИНЕТИКА	15
ТЕМА 3. БИОФИЗИКА МАКРОМОЛЕКУЛ	16
ТЕМА 4. БИОФИЗИКА МЕМБРАН	17
ТЕМА 5. БИОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ	
БИОМЕМБРАНЫ	18
ТЕМА 6. ФОТОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАСТЕНИЯХ. ФОТОСИНТЕЗ	19
ТЕМА 7. БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ	20
ТЕМА 8. БИОФИЗИКА СОКРАТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ	21
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	22

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Биофизика» должна содержать: термодинамику биологических процессов, кинетику биологических процессов, пути преобразования энергии в клетке, фотобиологические процессы, молекулярную биофизику, биофизику биологических мембран, проницаемость клеток и тканей, биоэлектрические явления, биофизику сократительных систем.

Дисциплина относится к базовой части Б. 3 профессионального цикла.

В соответствии с ФГОС ВО в результате изучения дисциплины обучающиеся должны:

знать:

- физические основы жизнедеятельности, включая химическое строение и свойства природных соединений и их комплексов;
- основные закономерности протекания биологических процессов с точки зрения термодинамики, механизмы их регуляции, биофизические механизмы реализации генетической информации;
- теоретическую и практическую значимость биофизики, взаимосвязь с другими естественными науками;
- новейшие достижения в области биофизики и перспективы их использования в различных областях народного хозяйства, медицины.

уметь:

- использовать знания биофизики для объяснения важнейших физиологических процессов, протекающих в живых организмах, как в норме, так и при возникновении патологии;
- использовать биофизические методы исследований в экспериментальной биологии.

владеть:

- комплексом лабораторных и полевых методов исследований;
- основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.

Целью учебной дисциплины «Биофизика» является формирование у студентов представление о важнейших физических процессах, протекающих в живых организмах, основных принципах и теоретических положениях биофизики. Объяснить взаимосвязь физического и биологического аспектов функционирования живых систем. Формирование навыков биофизического подхода к экспериментальному исследованию биологических явлений и закономерностей.

Итоговая форма отчетности – зачет.

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Приступая к работе над учебником, надо сначала ознакомиться с «Введением» в методических указаниях и нашими советами по изучению материала соответствующего раздела программы. Здесь вы найдете рекомендации, на что обратить главное внимание, в каком порядке изучать материал и как облегчить его изучение и усвоение. Приступая к выполнению контрольной работы, необходимо выяснить номер своего варианта. Он определяется шифром, т.е. двумя последними цифрами (перед годом поступления) номера зачетной книжки. Последние две цифры означают год поступления, а две предшествующие цифры – номер варианта. Необходимо строго придерживаться именно своего варианта. Запись ответов на вопросы контрольной работы и решение задач должно проводиться в отдельной рабочей тетради.

Методические указания и задания для контрольных работ

Студент в соответствии с учебным планом, утвержденным Министерством РФ, должен выполнить 1 контрольную работу.

Контрольная работа включает материал 8 тем программы курса и состоит из письменных ответов (с рисунками и схемами) на 5 вопросов.

Рекомендуем внимательно ознакомиться с основными ошибками и недостатками, которые студенты часто допускают при составлении ответов на вопросы контрольной работы.

Основные недостатки и ошибки, допускаемые студентами при выполнении контрольных работ:

1. Наиболее часто повторяющимся недостатком является почти дословное списывание текста учебника. Необходимо ответы излагать своими словами.

2. Некоторые студенты не используют новейшие данные по курсу физиологии, которые приведены в методический указаниях; а в них, помимо этого, даны советы, на что следует обратить внимание и в каком порядке рациональнее составить ответ.

3. Одним из наиболее сложных вопросов для усвоения является регуляция того или иного процесса, в том числе регуляция обмена веществ. Как правило, студенты ограничиваются только перечислением желез внутренней секреции или гормонов, принимающих участие в регуляции, не указывая конкретной роли каждого из них.

4. В ответах не приводятся материалы личных наблюдений за поведением животных, не отражаются физиологические особенности животных, с которыми имеет дело студент в процессе своей практической деятельности.

5. Часто в ответах на вопросы о физиологическом действии витаминов дается описание лишь клиники заболеваний, связанных с их недостатком. Надо указать биохимическую роль витамина.

6. Таким же недостатком является описание клиники заболеваний при гипер- или гипofункции желез внутренней секреции. Следует изложить физиологическую роль гормонов в обмене веществ.

7. В ответах большинства студентов встречается неверное представление о физиологическом действии витаминов А, Д, Е. Витамин А предохраняет клетки кожи и слизистых оболочек (эпителий) от ороговения. Именно поэтому при авитаминозе или гиповитаминозе А нарушается всасывание питательных веществ в кишечнике и животные отстают в росте, у них нарушается воспроизводительная функция. Витамины Д₂, Д₃ способствуют всасыванию кальция из кишечника. Большинство ученых считает, что действие витамина Е связано с его антиокислительными свойствами. Он предохраняет ненасыщенные жирные кислоты клеток тканей от окисления. Полагают, что продукты окисления жиров, возникающие в тканях животных при дефиците витамина Е, являются свободными радикалами, которые, будучи весьма активными, разрушают мембраны клеток и их органоидов (лизосом), нарушая тем самым в них обмен веществ. Эти перекиси губительно действуют на эмбрионы.

8. При изложении материала по физиологии анализаторов нельзя ограничиваться лишь характеристикой рецепторного аппарата, необходимо показать роль двух других его отделов – проводникового и центрального.

Правила оформления контрольной работы

- вопрос переписывается полностью без сокращений;
- необходимо ответы излагать своими словами;
- ответы на вопросы следует иллюстрировать рисунками и схемами;
- каждый последующий вопрос должен начинаться с новой страницы;
- ответы на вопросы должны быть краткими, но исчерпывающими;
- использовать новейшие данные по курсу физиологии;
- в конце контрольной работы необходимо указать учебные пособия, учебники, использованные при ее выполнении, и дату сдачи работы;
- если контрольная работа не допущена к зачету, то все необходимые дополнения и исправления делают в конце работы, исправления в тексте не зачтенной работы не допускаются;

- допущенные к зачету контрольные работы с внесенными уточнениями предъявляются преподавателю на зачете;
- студент должен быть готов дать во время зачета пояснения по контрольной работе.

Задания для контрольной работы

(Ответы следует иллюстрировать рисунками и схемами)

1. Биофизика как наука. Современные достижения биофизики и их значение для биологии.
2. Первое, второе начала термодинамики. Определение понятия «температура».
3. Термодинамика биологических систем. «Жизнь с точки зрения физики» (Э. Шредингер). Теорема Пригожина. Функция диссипации.
4. Энтропия, энтропия и вероятность, скорость продукции энтропии. Соотношения Онзагера.
5. Вязкость жидкости. Уравнение Ньютона. Кровь как неньютоновская жидкость.
6. Течение вязкой жидкости по трубам. Уравнение Пуазейля. Гидравлическое сопротивление.
7. Ламинарное и турбулентное течение жидкости, число Рейнольдса.
8. Использование законов гидродинамики для описания движения крови по кровеносным сосудам с учетом ограничений. Уравнение Бернулли.
9. Строение стенок сосудов и их механические свойства. Закон Лапласа, уравнение Ламе. Функциональные группы сосудов.
10. Факторы, обеспечивающие движение крови по кровеносным сосудам. Влияние эластических свойств на гемодинамику. Роль эффекта компрессионной камеры.
11. Работа и мощность сердца.
12. Пульсовые колебания скорости кровотока. Пульсовые колебания давления (систолическое, диастолическое и среднее артериальное давление крови). Пульсовая волна. Уравнение для гармонической пульсовой волны. Формула скорости пульсовой волны.
13. Гидравлическое сопротивление в различных отделах кровеносной системы. Объемная и линейная скорость кровотока в зависимости от поперечного сечения сосудов.
14. Эквивалентная электрическая модель сердечно-сосудистой системы. Дипольный генератор электрического поля. Уравнение для потенциала электрического поля дипольного генератора на поверхности объёмного проводника. Схема электрического поля сердца.
15. Мембранология, как наука. Определение понятия биологические мембраны. Функции мембран. Современная жидко-кристаллическая мозаичная модель мембраны.

16. Химический состав мембран. Липидные и белковые компоненты. Структура молекулы фосфолипида. Типы мембранных белков и их функции. Вода как структурный компонент биологической мембраны.

17. Текучесть липидного бислоя мембраны. Микровязкость мембран. Уравнение Стокса-Энштейна. Фазовые переходы в мембранах. Значимость жидко-кристаллического состояния мембран для их функционирования.

18. Модельные мембранные системы. Использование липосом для транспорта лекарственных веществ.

19. Электронная микроскопия в исследовании биологических мембран. Устройство электронного микроскопа. Метод замораживания-скалывания, замораживания-травления.

20. Метод дифференциальной сканирующей калориметрии и применение его для изучения фазовых переходов в биологических мембранах.

21. Понятие мембранного транспорта и его биологическое значение. Виды мембранного транспорта и их особенности. Химический и электрохимический потенциал веществ. Уравнение для расчета химического и электрохимического потенциалов.

22. Пассивный транспорт неэлектролитов - обычная диффузия. Уравнение ФИКА.

23. Облегченная диффузия. Кинетическая схема транспорта незаряженных молекул с участием переносчика. Уравнение облегченной диффузии.

24. Возможные механизмы прохождения ионов через мембраны клеток. Основные подходы для описания транспорта ионов. Структура ионных каналов.

25. Пассивный транспорт ионов. Уравнение Теорелла, Нернста - Планка.

26. Активный транспорт ионов Na^+ и K^+ . Структура и работа Na^+ -и K^+ -зависимой АТФазы.

27. Значимость ионных градиентов, создаваемых системами активного транспорта, для жизнедеятельности клеток. Физические принципы вторично-активного транспорта. Транспорт аминокислот, сахаров. Na^+ - Ca^{++} -обмен.

28. Мембранный потенциал. Методы измерения мембранного потенциала. Микроэлектродная техника.

29. Возникновение потенциала покоя. Гипотеза Бернштейна. Уравнение Нернста. Уравнение Гольдмана-Ходжкина-Катца.

30. Потенциал действия. Изменение проницаемости мембраны для ионов Na^+ и K^+ при генерировании потенциала действия.

31. Потенциал-зависимые ионные каналы мембраны для K^+ и Na^+ . Структура, особенности функционирования. Изменения проницаемости мембраны для K^+ и Na^+ в различные фазы потенциала действия.

32. Свойства потенциала действия и его биологическое значение. Распространение нервного импульса по нервному волокну.

33. Нормальная ЭКГ, записанная в стандартных отведениях. Основные зубцы ЭКГ и их происхождение.

34. Понятие об электрокардиографических отведениях. Стандартные, усиленные и грудные электрокардиографические отведения. Требования, предъявляемые к электродам, используемым для регистрации биопотенциалов.

35. Особенности распространения возбуждения в сердечной мышце. Суммарный вектор ЭДС сердца. Электрическая ось сердца. Определение положения электрической оси сердца по результатам анализа ЭКГ, снятой в стандартных отведениях.

36. Свет. Природа света. Волновые и корпускулярные свойства света. Уравнение электромагнитной волны.

37. Свет естественный и поляризованный. Закон Малюса. Закон Брюстера.

38. Поляриметр – его устройство и принцип работы. Использование поляриметра для определения концентраций оптически активных веществ. Законы преломления света. Рефрактометр – его устройство и назначение.

39. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Фотоэлектроколориметр. Его устройство и принцип работы.

40. Радиоактивность. Основной закон радиоактивного распада.

41. Тормозное рентгеновское излучение. Устройство и принцип работы рентгеновской трубки. Использование рентгеновских лучей для изучения структуры веществ и в медицине.

42. Виды ионизирующих излучений. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом.

43. Дозиметрия. Дозы ионизирующих излучений. Дозиметры ионизирующих излучений.

44. Биофизический механизм повреждающего воздействия ионизирующих излучений на биологические объекты.

45. Первый закон термодинамики. Энергия. Система. Функция состояния.

46. Закон Гесса, использование закона при исследовании биологических систем.

47. Второе начало термодинамики. Принцип адиабатической недостижимости некоторых состояний. Энтропия.

48. Энтропия равновесного и неравновесного процесса.

49. Энергия Гиббса, полезная работа, совершаемая системой. Полезная работа, совершаемая биологической системой.

50. Химический потенциал.

51. Исследование направления процесса в системе. Критерии самопроизвольности процесса.
52. Осмотическое давление. Значение в биологических системах.
53. Равновесие Доннана. Примеры установления равновесия Доннана в биологической системе. Диализ.
54. Растворимость макромолекул. Всаливание и высаливание. Выделение белка методом высаливания.
55. Зависимость константы равновесия и константы скорости реакции от температуры. Уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса.
56. Электрохимический потенциал. Работа ионоселективных мембранных электродов.
57. Электрохимический потенциал: потенциал покоя и потенциал действия на мембране.
58. Статистический вес и энтропия системы.
59. Изменения энтропии открытой системы. Организм, как открытая система. Сопряженные и сопрягающие реакции.
60. Анализ ферментной реакции.
61. Ингибирование ферментных реакций – конкурентное, неконкурентное и смешанное. Биологические примеры различных типов ингибирования. Лечение рака, действие сульфаниламидов.
62. Регуляция скорости ферментной реакции: рН-регуляция, самоторможение субстратом, «биологические часы».
63. Основы фармакокинетики. Анализ действия фармакологических препаратов.
64. «Плохие» и «хорошие» конформации молекул.
65. Водородные связи и гидрофобные взаимодействия – общая характеристика.
66. Формирование водородных связей в молекулах нуклеиновых кислот. Таутомерия оснований.
67. Конформационные возможности сахаров и сахарофосфатного остова в составе нуклеиновых кислот.
68. Предпосылки построения двухспиральной структуры молекулы НК.
69. Формы ДНК.
70. Пространственные структуры РНК.
71. Третичная структура НК.
72. Метод построения упрощенных моделей НК.
73. Уровни структурной организации белковой молекулы.

74. Диффузия: описание, методы исследования. Определение формы макромолекул методами диффузии.

75. Иммунодиффузия – использование в лабораторной диагностике, виды иммунодиффузии.

76. Методы электрофореза.

77. Движение под действием центробежных сил. Константа седиментации.

78. Физические принципы фотосинтеза.

79. Механизмы миграции энергии при фотосинтезе.

80. Туннельный механизм переноса электрона при фотосинтезе.

Номера вопросов контрольной работы

Предпоследняя цифра учебного шифра	Последняя цифра учебного шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	1, 18, 40, 52, 64	16, 38, 43, 54, 69	2, 21, 41, 58, 65	15, 31, 50, 61, 70	3, 22, 42, 62, 66	14, 34, 47, 63, 68	4, 36, 43, 56, 67	13, 32, 51, 61, 68	5, 39, 44, 66, 62	12, 23, 51, 53, 69
2	6, 27, 45, 53, 70	17, 19, 51, 62, 66	11, 39, 46, 71, 67	9, 25, 49, 52, 68	17, 29, 50, 57, 71	1, 38, 44, 53, 69	8, 24, 49, 60, 68	2, 37, 48, 60, 66	10, 30, 42, 58, 65	7, 26, 43, 55, 69
3	10, 32, 41, 60, 67	3, 28, 47, 63, 66	4, 20, 41, 59, 70	6, 26, 45, 61, 67	13, 18, 48, 52, 65	11, 19, 42, 55, 70	12, 31, 44, 62, 66	14, 20, 40, 54, 69	15, 27, 47, 52, 66	16, 34, 40, 61, 68
4	2, 22, 46, 53, 68	16, 33, 43, 56, 64	14, 28, 41, 59, 65	2, 21, 46, 66, 71	5, 34, 45, 63, 67	13, 29, 44, 57, 68	1, 35, 48, 60, 70	17, 38, 44, 58, 67	4, 36, 41, 61, 65	3, 32, 51, 52, 69
5	5, 29, 49, 57, 66	13, 23, 42, 60, 64	1, 30, 50, 65, 67	10, 33, 47, 55, 68	15, 24, 51, 58, 70	9, 36, 43, 61, 69	16, 25, 50, 56, 67	8, 31, 47, 62, 66	7, 20, 48, 59, 70	6, 19, 41, 54, 64
6	16, 37, 45, 63, 67	12, 18, 40, 59, 65	15, 38, 49, 62, 66	3, 21, 42, 58, 67	6, 35, 46, 61, 69	14, 28, 50, 55, 70	2, 24, 43, 60, 68	3, 22, 48, 54, 71	17, 30, 44, 57, 66	5, 25, 48, 56, 65
7	4, 39, 51, 52, 69	6, 26, 44, 54, 68	5, 31, 49, 56, 67	7, 23, 45, 59, 66	12, 27, 50, 52, 65	15, 32, 43, 55, 64	4, 20, 46, 60, 52	16, 33, 40, 52, 61	3, 39, 47, 72, 80	1, 34, 42, 53, 75
8	11,	10,	9,	13,	6,	1,	7,	5,	8,	11,

	35, 74, 58, 76	18, 45, 53, 71	26, 40, 70, 58	36, 49, 72, 62	19, 46, 76, 68	37, 48, 58, 76	27, 51, 73, 33	22, 42, 54, 68	38, 41, 76, 64	21, 46, 55, 70
9	8, 25, 42, 56, 76	1, 29, 50, 76, 62	11, 33, 44, 73, 53	2, 28, 45, 52, 75	10, 36, 43, 62, 71	3, 23, 49, 60, 67	12, 32, 47, 74, 72	4, 38, 46, 55, 64	9, 19, 51, 61, 72	6, 31, 40, 63, 70
0	14, 34, 44, 54, 73	7, 39, 40, 57, 66	16, 24, 43, 60, 74	8, 35, 50, 55, 68	13, 18, 44, 61, 66	17, 21, 48, 52, 68	10, 37, 48, 57, 75	9, 30, 51, 31, 70	12, 22, 49, 59, 75	17, 37, 47, 56, 71

РАЗДЕЛ II. СОДЕРЖАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Подготовка и выполнение контрольной работы по темам: термодинамические системы и термодинамические параметры. Первый закон термодинамики, теплоемкость. Второе начало термодинамики. Энергия Гиббса.

2. Подготовка к тестированию по темам: кинетика реакций нулевого, первого и второго порядка. Принцип "узкого места" в биологических процессах. Кинетика ферментативных реакций. Особенности ферментативного катализа. Ингибирование ферментов, его типы. Современное представление о механизме действия ферментов.

3. Подготовка к устному опросу по темам: взаимодействие НК с растворителем. Качественные и количественные характеристики денатурации. Физические свойства НК. Вязкость НК. Природа пептидной связи и ее основные свойства. Строение полипептидной цепи, внутреннее вращение и подвижность ее звеньев.

4. Подготовка к устному опросу по темам: свойства связанной воды, методы ее определения. Роль белков в связывании воды биоструктурами. Жидкостно-мозаичная модель, ее основные характеристики. Физические свойства биомембран. Искусственные мембраны. Липосомы и протеолипосомы.

5. Подготовка и выполнение контрольной работы по темам: проницаемость мембран для ионов. Факторы, влияющие на скорость пассивного транспорта ионов. Ионный транспорт в каналах. Активный транспорт молекул и ионов, его отличие от облегченной диффузии. Свойства и функции активного транспорта. Термодинамика активного переноса молекул и ионов. Механизмы активного транспорта.

6. Подготовка к устному опросу по темам: обменно-резонансный, индукционно-резонансный и экситонный механизмы миграции энергии. Эффект Эммерсона.

Перераспределение поглощенной энергии между фотосистемами I и II в зависимости от интенсивности и спектрального состава излучения.

7. Подготовка и выполнение контрольной работы по темам: асимметричное распределение ионов по обе стороны мембраны как основа возникновения биопотенциалов. Примеры электрокинетических явлений. Теории, объясняющие механизм мембранного фосфорилирования.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ИЗУЧАЕМЫХ ТЕМ

ТЕМА 1. ТЕРМОДИНАМИКА

Понятие о термодинамике. Системы, типы систем (открытые, закрытые, изолированные, стационарные). Энергия. Функция состояния. Термодинамические системы и термодинамические параметры.

Первый закон термодинамики, его математическое выражение. Законы поведения идеального газа при изобарном, изохорном и адиабатическом процессах. Теплоемкость.

Закон Гесса, как следствие первого закона термодинамики, использование закона Гесса в биологии. Второе начало термодинамики. Направление процесса в системе. Самопроизвольные обратимые и необратимые процессы. Формулировки 2-го закона (Клаузиуса, Оствальда, Томпсона), понятие о вечных двигателях первого и второго рода. Принцип Каратеодори и его следствие. II начало для обратимых процессов. Нахождение энтропии, ее физический смысл. II начало для необратимых процессов. Энтропия, работа и количество теплоты в необратимом процессе.

Энергия Гиббса, нахождение полезной работы, совершаемой системой. Энергия Гиббса и энтропия, как критерии самопроизвольного протекания процесса в системе. Энергия Гиббса как характеристическая функция. Связь энергии Гиббса, энтальпии и энтропии.

Химический потенциал, его физический смысл и математическое выражение. Химический потенциал, как критерий самопроизвольности протекания процесса в системе (на примере перехода вещества между двумя фазами). Правило фаз Гиббса.

Полупроницаемые мембраны и нейтральные молекулы в растворе. Осмотическое давление. Заряженные молекулы в растворе, равновесие Доннана.

Константы равновесия. Активность вещества. Константы равновесия, как критерии протекания биохимической реакции в системе. Нахождение активности растворенного вещества и растворителя (уравнение Гиббса-Дюгема и закон Рауля). Активность и коэффициент активности электролитов.

Растворимость макромолекул. Уравнение Дебая – Хюккеля. Произведение растворимости (ПР) макромолекул. Эффекты всаливания и высаливания. Ряды Гофмейстера степени высаливающего действия катионов и анионов.

Зависимость константы активности от температуры. Уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса. Теория переходного состояния при анализе физико-химического смысла энергии активации и энтальпии активации. Анализ ферментной реакции с использованием теории переходного состояния.

Электрохимический потенциал. Уравнение Нернста. Принцип работы ионоселективных мембранных электродов. Нахождение стандартных значений электрохимических потенциалов веществ и их использование для оценки направления протекания реакции, вычисления энтропии и энтальпии реакции.

Поиск новых критериев самопроизвольности процессов – одна из важнейших проблем биофизики. Биологическая система, как особая система, включающая различные масштабы времени. Роль медленных и быстрых переменных в биологических системах. Основа статистического поведения системы, состоящей из многих частиц. Понятие «статистический вес», его связь с энтропией системы (формула Больцмана). Связь энтропии и биологической информации. Понятие информации, ее математическое выражение.

Макро- и микроинформация. Количество биологической информации. Ценность информации и способ определения ценности. Избыточная информация, ее значение для биологической системы. Возникновение информации и рецепция.

Особенности биологических систем, как открытых. Изменение энтропии открытой системы за счет dS_e и dS_i . Скорость изменения энтропии, различные варианты ее изменения. Анализ скорости изменения энтропии и объяснение противоречия между поведением живых организмов и вторым законом термодинамики.

Сопряжение процессов и энергетическая эффективность системы реакций клеточного метаболизма. Термодинамические критерии достижения устойчивости стационарного состояния биологической системой. Теорема Пригожина (принцип минимума прироста энтропии) и ее экспериментальные и математические доказательства.

Вопросы для самоконтроля.

1. Чем отличается открытая система от закрытой и изолированной?
2. Формулировка первого закона термодинамики
3. Почему по количеству теплоты, выделяющемуся в ходе сжигания пищевого продукта при постоянном давлении, можно судить о его калорийности?
4. Три формулировки второго закона термодинамики

5. Можно ли сказать, что химический потенциал – это энергия Гиббса? Если да, то какие условия при этом должны соблюдаться?
6. Развитие организма сопровождается его усложнением, т.е. уменьшением его энтропии. Разрешите это кажущееся противоречие второму закону термодинамики.
7. Почему энтропия является мерой экстенсивности?
8. Сформулируйте закон, описывающий соотношение Онзагера, используя в качестве примера какой-либо биологический процесс.
9. Можно ли сказать, что химический потенциал – это энергия Гиббса? Если да, то какие условия при этом должны соблюдаться?
10. Как можно судить о самопроизвольности процесса в изолированной системе по энергии Гиббса, химическому потенциалу и энтропии?

ТЕМА 2. КИНЕТИКА

Описание кинетического поведения биосистем на различных уровнях биологической организации. Перевод химических уравнений в уравнения скорости реакций. Кинетика реакций нулевого, первого и второго порядка. Анализ последовательных (линейных) и разветвленных реакций. Обратимые и необратимые реакции, константа равновесия. Принцип "узкого места" в биологических процессах. Автокаталитические и цепные реакции в биосистемах, особенности их кинетики. Роль свободных радикалов в развитии цепных процессов.

Кинетика ферментативных реакций. Особенности ферментативного катализа. Формальная схема простейшей ферментативной реакции. Фермент-субстратный комплекс, методы его обнаружения. Графическое изображение зависимости скорости ферментативной реакции от концентрации субстрата, температуры, pH и других факторов; определение оптимальных условий для действия фермента. Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен и его алгебраическое преобразование для определения объединенной константы скорости. Строение, свойства и особенности кинетики аллостерических (регуляторных) ферментов, их участие в саморегулировании биопроцессов.

Ингибирование ферментов, его типы. Кинетическая модель для определения типа ингибирования ферментативных реакций. Практическое значение ингибирования.

Современное представление о механизме действия ферментов. Энергетическая схема ферментативной реакции. Модели ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе. Влияние температуры на скорость биологических процессов. Применимость закона Аррениуса к биосистемам. Энергия активации ферментов и ее экспериментальное определение.

Вопросы для самоконтроля.

1. В каких координатах необходимо строить графики для того, чтобы получить прямолинейные зависимости для реакций первого, второго порядка и ферментативных реакций.
2. В системе идет химическая реакция. Какие эксперименты Вы будете проводить для того, чтобы определить ее порядок?
3. Уравнение Михаэлиса – Ментен, выведенное методами равновесного и стационарного состояния, одно и то же. Почему бы тогда не использовать только один из методов для получения этого уравнения?
4. Почему для графического анализа ферментных реакций используют зависимость $1/V$ от $1/S$?
5. В случае рН - регуляции ферментативных реакций и регуляции путем самоторможения субстратом зависимость скорости реакции от концентрации субстрата будет иметь одинаковую форму. Объясните почему.

ТЕМА 3. БИОФИЗИКА МАКРОМОЛЕКУЛ

Особенности структуры и пространственной организации нуклеиновых кислот (НК). Физические модели ДНК. Классификация НК по форме молекулы. Полиморфизм вторичной структуры НК (А, В, С, Z-формы); роль стэкинг-взаимодействий и других факторов в стабилизации пространственной структуры НК. Особенности вторичной и третичной структуры т-РНК. Сверхспиральные структуры ДНК.

Взаимодействие НК с растворителем. Фазовые переходы спираль клубок денатурация и ренатурация НК, факторы денатурации. Качественные и количественные характеристики денатурации. Метод молекулярной гибридизации ДНК, его биологическое значение. Физические свойства НК. Вязкость НК.

Различные типы взаимодействий в полимерах (ковалентные связи, силы Ван-дер-Ваальса, электростатические и гидрофобные взаимодействия, водородные связи), их биофизическая характеристика.

Природа пептидной связи и ее основные свойства. Строение полипептидной цепи, внутреннее вращение и подвижность ее звеньев. Пространственная организация белковой молекулы. Разнообразие вторичных и третичных структур белка; сверх спирали. Соотношение α -спиральных и β -структурных участков в молекуле. Домены в пространственной структуре белков. Роль ковалентных связей и слабых взаимодействий ближнего и дальнего порядка в самоорганизации белковой молекулы; предсказание пространственной структуры белков. Взаимодействие белков с растворителем. Гидратация.

Состояние воды в биоструктурах. Фазовые переходы в белках; тепловая и химическая денатурация. Динамические свойства глобулярных белков; взаимодействие статистических и детерминистских факторов, определяющих динамическую подвижность белков. Методы изучения конформационной подвижности белков. Связь конформационной подвижности белковых молекул с их функциональными свойствами.

Вопросы для самопроверки.

1. Приведите примеры того, как конформация сахара влияет на структуру нуклеиновой кислоты
2. Покажите малый желобок на модели ДНК. Чему равна его величина у А- и В- формы ДНК?
3. Каково соотношение α -спиральных и β -структурных участков в молекуле ?
4. Состояние воды в биоструктурах.
5. Взаимодействие НК с растворителем.
6. Особенности вторичной и третичной структуры т-РНК. Сверхспиральные структуры ДНК.
7. Природа пептидной связи и ее основные свойства.
8. Взаимодействие белков с растворителем. Гидратация.
9. Метод молекулярной гибридизации ДНК, его биологическое значение.

ТЕМА 4. БИОФИЗИКА МЕМБРАН

Методы исследования биомембран. Развитие представлений о структурной организации мембран. Биофизическая характеристика молекулярных компонентов мембран: белков, липидов, углеводов и их комплексов. Вода как составной компонент биомембран. Свойства связанной воды, методы ее определения. Роль белков в связывании воды биоструктурами. Биомембрана как надмолекулярная структура. Типы межмолекулярных взаимодействий в мембранах, их природа и роль в стабилизации мембранных структур. Основные типы моделей, предложенных в мембранологии для объяснения строения и функционирования мембран. Жидкостно-мозаичная модель, ее основные характеристики. Физические свойства биомембран. Подвижность компонентов биомембраны. Вращательное движение, латеральная и вертикальная диффузия мембранных липидов. Подвижность мембранных белков. Фазовые переходы в мембранах. Жидкие кристаллы в структуре мембран, их свойства. Кооперативные переходы мембран, факторы, инициирующие их (температура, свет, электрическое поле, химические вещества). Понятие о доменной структуре мембран.

Искусственные мембраны. Монослой на границе раздела фаз. Бислойные липидные мембраны. Липосомы и протеоллипосомы. Механизмы взаимодействия липосом с биомембранами. Свойства искусственных мембран, их сходство и отличия от природных мембран, практическое использование в биологии и медицине.

Вопросы для самопроверки.

1. Нарисуйте графики поглощения и дисперсии.
2. При прохождении через кювету с окрашенным раствором лекарственного вещества интенсивность света уменьшилась на 18%. Определить показатель поглощения раствора.
3. Уравнение, описывающее волновое движение частицы.
4. Вода как составной компонент биомембран.
5. Биомембрана как надмолекулярная структура.
6. Понятие о доменной структуре мембран.
7. Квантово-механические представления о природе света.
8. Жидкостно-мозаичная модель, ее основные характеристики.

ТЕМА 5. БИОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТА ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ БИОМЕМБРАНЫ

Методы исследования проницаемости. Типы транспорта веществ через биомембрану. Пассивный транспорт (диффузия). Движущая сила диффузии. Уравнение диффузии Фика. Зависимость проницаемости мембран от растворимости в воде и липидах. Аквапорины. Проницаемость мембран для воды и нейтральных молекул. Проницаемость мембран для ионов. Факторы, влияющие на скорость пассивного транспорта ионов. Электрохимический потенциал. Механизмы прохождения ионов через мембрану. Ионный транспорт в каналах. Современное представление о строении и функционировании каналов. Селективность каналов. Индуцированный ионный транспорт, его моделирование на липосомах и плоских бислойных липидных мембранах. Ионофоры: подвижные переносчики и каналобразующие вещества.

Транслокация радикалов как тип транспорта веществ, его механизмы и роль в доставке в клетку сахаров, аминокислот и других метаболитов.

Активный транспорт молекул и ионов, его отличие от облегченной диффузии. Свойства и функции активного транспорта. Термодинамика активного переноса молекул и ионов. Механизмы активного транспорта. Электрогенный и нейтральный транспорт. Первичный и вторичный активный транспорт. Транспортные АТФ-азы, их краткая характеристика и классификация. Строение и механизм действия Na-K-насоса. Активный транспорт Ca^{2+} и протонов. Модели параллельно функционирующих пассивных и активных каналов.

Специальные механизмы транспорта веществ через биомембрану (эндо- и экзоцитоз, перенос ДНК и др.).

Вопросы для самопроверки.

1. Движущая сила диффузии. Уравнение диффузии Фика.
2. Зависимость проницаемости мембран от растворимости в воде и липидах. Аквапорины.
3. Проницаемость мембран для воды и нейтральных молекул.
4. Факторы, влияющие на скорость пассивного транспорта ионов.
5. Транслокация радикалов как тип транспорта веществ, его механизмы и роль в доставке в клетку сахаров, аминокислот и других метаболитов.
6. Активный транспорт молекул и ионов, его отличие от облегченной диффузии.
7. Электрогенный и нейтральный транспорт. Первичный и вторичный активный транспорт.

ТЕМА 6. ФОТОХИМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В РАСТЕНИЯХ. ФОТОСИНТЕЗ

Основная характеристика начальных стадий фотосинтеза. Переходы в синглетное и триплетное состояние и реакционная способность возбужденной молекулы. Общая схема первичных процессов фотосинтеза. Фотосистемы I и II. Топография пигментного белкового светособирающего комплекса фотосистем.

Миграция энергии в светособирающей антенне. Туннелирование. Обменно-резонансный, индукционно-резонансный и экситонный механизмы миграции энергии. Эффект Эммерсона. Перераспределение поглощенной энергии между фотосистемами I и II в зависимости от интенсивности и спектрального состава излучения. Спилловер. Изменение заряда светособирающего комплекса и перераспределение энергии.

Вопросы для самопроверки.

1. Какие механизмы лежат в основе миграции энергии между молекулами в биологических системах?
2. Z-схема фотосинтеза, циклический и нециклический перенос электронов.
3. Обменно-резонансный, индукционно-резонансный и экситонный механизмы миграции энергии.
4. Перераспределение поглощенной энергии между фотосистемами I и II в зависимости от интенсивности и спектрального состава излучения.
5. Фотосистемы I и II. Топография пигментного белкового светособирающего комплекса фотосистем.

ТЕМА 7. БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Классификация биопотенциалов. Характеристика ионных и электродных биопотенциалов. Потенциал покоя, его происхождение. Потенциал действия. Современное представление о генерации нервного импульса. Модель Ходжкина-Хаксли. Измерение потенциала действия в нерве. Асимметричное распределение ионов по обе стороны мембраны как основа возникновения биопотенциалов. Факторы, определяющие величину мембранного потенциала. Равновесие Доннана. Транспорт ионов в возбудимых мембранах. Распространение нервного импульса по миелиновым и немиелиновым нервным волокнам. Энергообеспечение процессов распространения возбуждения. Векторный характер передачи электрических сигналов, его механизм. Значение регистрации биопотенциалов для биологии и медицины.

Образование двойного электрического слоя. Факторы, определяющие величину электрокинетического потенциала. Применение микроэлектродфореза для оценки электрического потенциала мембран клеток в норме и при патологии. Примеры других электрокинетических явлений.

Общая характеристика преобразования энергии в биомембранах. Сопрягающие комплексы, их локализация в митохондриальной и фотосинтетической мембране хлоропластов. Строение и условия функционирования различных цепей переноса электронов (ЦПЭ) в биомембранах. Окислительно-восстановительный потенциал переносчиков электронов, его измерение (уравнение Нернста). Особенности и биологическое значение транспорта электронов. Сходства и отличия ЦПЭ в митохондриях и хлоропластах. Экзергоническая и эндэргоническая стадии окислительного фосфорилирования, КПД этого процесса. Теории, объясняющие механизм мембранного фосфорилирования. Основные положения теории П. Митчела. Электрохимический потенциал ионов водорода. Состав протонной АТФ-азы. Механизм энергетического сопряжения (образование и гидролиз АТФ). Следствия хемиосмотической теории. Другие переносчики ионов как молекулярные преобразователи энергии, генерирующие АТФ. Обобщенная схема трансформации энергии в клетке.

Вопросы для самопроверки.

1. Потенциал покоя, его происхождение.
2. Потенциал действия. Современное представление о генерации нервного импульса.
3. Факторы, определяющие величину мембранного потенциала. Равновесие Доннана. Транспорт ионов в возбудимых мембранах.
4. Окислительно-восстановительный потенциал переносчиков электронов, его измерение (уравнение Нернста).

5. Теории, объясняющие механизм мембранного фосфорилирования.
6. Электрохимический потенциал ионов водорода. Состав протонной АТФ-азы.
7. Другие переносчики ионов как молекулярные преобразователи энергии, генерирующие АТФ.

ТЕМА 8. БИОФИЗИКА СОКРАТИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Общая характеристика механохимических процессов. Основные типы сократительных и подвижных систем. Биофизическая характеристика мышечных и не мышечных сократительных белков (актина, миозина, тропомиозина, тубулина, флагеллина и др.). Основные свойства поперечно-полосатой мышцы как механохимического преобразователя энергии; структура саркомеров, ее изменение при сокращении. Молекулярный механизм мышечного сокращения, его регуляция. Энергообеспечение мышечного сокращения; значение опытов В. Энгельгардта и М. Любимовой. Основные особенности строения не мышечных сократительных систем, молекулярный механизм их подвижности.

Вопросы для самопроверки.

1. Силы, определяющие биомеханику мышцы.
2. Общее механическое напряжение мышцы.
3. Зависимость силы мышечного сокращения от длины саркомера.
4. Зависимость скорости мышечного сокращения от нагрузки.
5. Работа, мощность и эффективность работы мышцы.
6. Теории, объясняющие механизм сокращения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Список основной литературы:

1. Иванов И.В. Основы физики и биофизики: учебник для вузов / И. В. Иванов. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. ЭБС.
2. Волькенштейн, М. В. Биофизика: учебное пособие / М. В. Волькенштейн. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 608 с. - ISBN 978-5-8114-0851-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210956>

Список дополнительной литературы:

1. Плутахин, Г. А. Биофизика: учебное пособие / Г. А. Плутахин, А. Г. Кощаев. - 2-е изд., перераб., доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 240 с. - ISBN 978-5-8114-1332-4. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211001>
2. Сборник задач по курсу основы физики и биофизики: практикумы, лабораторные работы, сборники задач и упражнений/ И. В. Иванов. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. ЭБС.
3. Биофизика: учебник / В. Г. Артюхов, Т. А. Ковалева, М. А. Наквасина [и др.]; под редакцией В. Г. Артюхова. - Москва: Академический Проект, 2020. - 294 с. - ISBN 978-5-8291-3027-5. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/132170>

Составители:
Ефанова Нина Владимировна
Осина Людмила Михайловна
Баталова Светлана Владимировна

БИОФИЗИКА

методические указания по самостоятельному изучению дисциплины и
выполнению контрольной работы

Редактор Н.К.Крупина

Издательство НГАУ
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160