

№ МПД-19

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Северо-Осетинская государственная медицинская академия»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
(ФГБОУ ВО СОГМА Минздрава России)

Кафедра химии и физики

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ (ВНЕАУДИТОРНОЙ) РАБОТЫ**

**ПО БИОФИЗИКЕ
И
МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЕ**

основной профессиональной образовательной программы высшего образования –
программы специалитета по специальности
32.05.01 Медико-профилактическое дело
–
утвержденной 31.08.2020 г.

Владикавказ, 2020

Составители:

доцент *Боциев И.Ф.*,
доцент *Боциева Н.И.*

Рецензенты:

зав. кафедрой физики конденсированного состояния
ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет
им. К.Л. Хетагурова» д.ф.-м.н., профессор *Магкоев Т.Т.*

зав. кафедрой биохимии ФГБОУ ВО СОГМА Минздрава России
к.м.н., доцент *Гурина А.Е.*

Для студентов медико-профилактического факультета

Рекомендовано к изданию ЦКУМС
от «28» августа 2020 г., протокол № 1

СОДЕРЖАНИЕ:

| | |
|--|-----------|
| Структура и свойства клеточных мембран. Транспорт веществ через биологические мембраны..... | 3 |
| Биоэлектрогенез в клетках..... | 5 |
| Тесты для самоконтроля к модульному занятию №1..... | 7 |
| Биофизика мышечного сокращения..... | 11 |
| Моделирование биофизических процессов.. .. | 13 |
| Тесты для самоконтроля к модульному занятию №2..... | 15 |
| Система получения медико-биологической информации | 19 |
| Усилители электрических сигналов и их использование в медицинской аппаратуре..... | 21 |
| Электронные генераторы и их использование в медицинской аппаратуре..... | 23 |
| Изучение физиотерапевтической аппаратуры..... | 25 |
| Тесты для самоконтроля к модульному занятию №3..... | 27 |

**Тема: «СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН.
ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕМБРАНЫ»**

1. Вопросы для проверки исходного (базового) уровня знаний:

1. Строение клетки.
2. Характеристики электрического поля (напряженность, потенциал).
3. Явления переноса (диффузия, электропроводность).

2. Целевые задачи:

| <u>Студент должен знать:</u> | <u>Литература:</u> |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Строение, свойства и функции и биологических мембран • Уравнения Фика, Нернста-Планка • Основные виды транспорта веществ через биологическую мембрану • Физико-химические модели мембран, применение в медицине | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика. М., «Дрофа», 2008, §§ 11.1-11.6. 2. Физика и биофизика (под ред. Антонова В.Ф.). М., «ГЭОТАР-Медиа», 2008, §§15.1-15.8, 16.1.-16.5 3. Боциев И.Ф., Боциева Н.И. Биофизика и медицинская аппаратура. Владикавказ, ФГБОУ ВО СОГМА, 2019, С. 3–16. |
| <u>Студент должен уметь:</u> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Объяснять строение и структуру мембраны • Объяснять механизм разновидностей пассивного транспорта • Объяснять механизм активного транспорта | |

3. Задания для самостоятельной работы по изучаемой теме:

1. Что собой представляет клеточная мембрана?
2. Перечислите и охарактеризуйте основные функции биологических мембран.
3. Опишите следующие модели биологических мембран:
 - монослой липидов на границе раздела вода-воздух или вода-масло
 - бислойная липидная мембрана
 - липосомы
4. Какая модель биологической мембраны получила наибольшее распространение в настоящее время? Опишите эту модель.
5. Запишите уравнение Фика. Что такое коэффициент проницаемости? Каковы коэффициенты относительной проницаемости для ионов K^+ , Na^+ и Cl^- для клетки, находящейся в состоянии покоя?
6. Запишите формулу Нернста-Планка. Какие величины оно связывает?

7. Что такое пассивный транспорт? Опишите его разновидности.
8. Опишите современные представления о работе Na^+ - K^+ насоса.
9. Опишите опыт Уссинга.
10. Допишите недостающие сведения в нижеследующем тексте:
- Липосомы используют прежде всего как модельные системы, в которые можно встраивать различные, а также для создания систем направленной доставки включенных в них, используя антитела в качестве.....адреса
 - Полярные головки молекул фосфолипидов-....., а их неполярные хвосты-.....
 - Натрий-калиевый насос переносит из.....во внешнюю среду три.....В обмен на перенос.....внутри.....
11. Что такое латеральная диффузия и флин-флоп?
12. Опишите физические методы определения толщины мембраны.
13. Коэффициент диффузии равен $10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$, плотность потока вещества – $10 \text{ моль}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Рассчитайте градиент концентрации для данного вещества. Как изменится плотность потока вещества, если градиент концентрации уменьшится в 3 раза?

Тема: «БИОЭЛЕКТРОГЕНЕЗ В КЛЕТКАХ»

1. Вопросы для проверки исходного (базового) уровня знаний:

1. Строение клетки.
2. Характеристики электрического поля (напряженность, потенциал).
3. Явления переноса (диффузия, электропроводность).
4. Понятие электрохимического потенциала.
5. Виды пассивного транспорта.
6. Активный транспорт.

2. Целевые задачи:

| <u>Студент должен знать:</u> | <u>Литература:</u> |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Определения потенциала покоя и потенциала действия, их свойства• Метод измерения биопотенциалов с помощью микроэлектродов• Основы теории Ходжкина• Формулу Нернста• Формулу Гольдмана-Ходжкина-Катца• Формулу Томаса | <ol style="list-style-type: none">1. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика. М., «Дрофа», 2008, §§ 11.7, 11.8.2. Физика и биофизика (под ред. Антонова В.Ф.). М., «ГЭОТАР-Медиа», 2008, §§ 17.1-17.7.3. Боциев И.Ф., Боциева Н.И. Биофизика и медицинская аппаратура. Владикавказ, ФГБОУ ВО СОГМА, 2019, С. 17–27. |
| <u>Студент должен уметь:</u> | |
| <ul style="list-style-type: none">• Объяснять механизм возникновения потенциала покоя• Объяснять механизм генерации и распространения потенциала действия• Объяснять механизм работы ионных насосов | |

3. Задания для самостоятельной работы по изучаемой теме:

1. Дайте определение биопотенциала. Что отражают биопотенциалы?
2. Дайте определение мембранного (трансмембранного) потенциала. На какие виды подразделяются мембранные потенциалы?
3. Почему в биофизике гигантский аксон кальмара является одним из основных модельных объектов для изучения биопотенциалов?
4. Опишите метод измерения биопотенциалов с помощью микроэлектрода.
5. Запишите формулу Нернста. Что рассчитывается по этой формуле?
6. Кратко опишите содержание теории Ходжкина.
7. Что такое потенциал покоя? Запишите уравнение Гольдмана-Ходжкина-Катца.
8. Может ли потенциал покоя возникать в возбудимых клетках?

9. Дайте определения потенциала действия. Опишите механизм возникновения и основные свойства потенциала действия.

10. Запишите уравнение для мембранного потенциала с учетом работы электрогенных ионных насосов.

11. Опишите структуру и механизм работы ион-селективного канала.

12. Допишите недостающие сведения в нижеследующем тексте:

- Одна из важнейших функций биологической мембраны – генерация и передача.....

- В процессе жизнедеятельности в клетках и тканях могут возникать.....разности

электрических.....вследствие градиента концентрации.....и

переноса.....через.....

- В отличие от потенциала покоя во время развития потенциала действия через мембрану и наружу, и.....её идут.....потоки, сумма которыхнулю

13. Заполните таблицу:

| Ионы | c_i , ммоль/л | c_o , ммоль/л | c_i/c_o | Потенциал Нернста, мВ |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|-----------------------|
| Na ⁺ | | | | |
| K ⁺ | | | | |
| Cl ⁻ | | | | |

14. Опишите метод фиксации мембранного потенциала.

ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ К МОДУЛЬНОМУ ЗАНЯТИЮ №1

1. Жидкомозаичная модель биологической мембраны включает в себя:
 - a) белковый слой, поверхностные липиды;
 - b) липидный монослой и холестерин;
 - c) липидный бислой;
 - d) липидный бислой, белки, полисахариды.

2. Характерное время переноса молекулы фосфолипидов из одного положения равновесия другое при латеральной диффузии:
 - a) 10^{-7} - 10^{-8} с;
 - b) 10^9 - 10^{10} с;
 - c) 1-2 часа.

3. Перенос вещества из области с большим значением электрохимического потенциала в область с его меньшим значением называется:
 - a) пассивным транспортом;
 - b) активным транспортом.

4. Ионная проводимость мембраны при температуре фазового перехода:
 - a) увеличивается;
 - b) не изменяется;
 - c) уменьшается.

5. Перенос вещества при простой диффузии идет по сравнению с облегченной диффузией:
 - a) в противоположную сторону;
 - b) быстрее;
 - c) медленнее;
 - d) с такой же скоростью.

6. Хаотическое тепловое перемещение молекул липидов и белков мембраны в плоскости мембраны называется:
 - a) флин-флоп;
 - b) латеральная диффузия.

7. Толщина биологической мембраны порядка:
 - a) 10 \AA ;
 - b) 10 нм;
 - c) 0,1 мкм;
 - d) 10 мкм.

8. Диффузия молекул мембранных фосфолипидов поперек мембраны называется:
 - a) флин-флоп;

б) латеральная диффузия.

9. Функция мембраны, состоящая в обеспечении определенного взаимного расположения и ориентации мембранных белков, называется:

- а) барьерной;
- б) механической;
- в) матричной.

10. Характерное время переноса молекулы фосфолипидов из одного положения равновесия в другое при флин-флопе:

- а) 1 час;
- б) 10^7 - 10^8 с;
- в) 10-50 с.

11. Уравнение диффузии Фика записывается:

- а) $J = D \frac{dc}{dx}$;
- б) $J = D \frac{dc}{dt}$;
- в) $J = -D \frac{dc}{dx}$;
- г) $J = -D \frac{dc}{dt}$.

12. Функция мембраны, состоящая в обеспечении обмена веществ клетки с окружающей средой, называется:

- а) барьерной;
- б) механической;
- в) матричной.

13. Фазовый переход липидного бислоя мембран из жидкокристаллического состояния в гель сопровождается:

- а) утоньшением мембраны;
- б) толщина мембраны не меняется;
- в) утолщением мембраны.

14. Удельная электрическая ёмкость мембраны аксона:

- а) $0,5 \cdot 10^{-12}$ Ф/м²;
- б) $0,5 \cdot 10^{-4}$ Ф/м²;
- в) $0,5 \cdot 10^{-2}$ Ф/м²;
- г) $0,5 \cdot 10^{-2}$ Ф/см²;

15. Функция мембраны, состоящая в обеспечении прочности и автономности клеток и внутриклеточных структур, называется:

- а) барьерной;

- b) механической;
- c) матричной.

16. Мембранным потенциалом называется:

- a) $\varphi_M = \varphi_{нар} - \varphi_{вн}$;
- b) $\varphi_M = \varphi_{вн} - \varphi_{нар}$;
- c) $\varphi_M = \varphi_{нар} + \varphi_{вн}$;

17. Потенциал покоя создается, главным образом, диффузией через мембрану ионов:

- a) OH^- ;
- b) Cl^- ;
- c) K^+ ;
- d) Na^+ .

18. Диаметр «гигантского аксона кальмара» составляет порядка:

- a) 0,1 мм
- b) 0,5 мм
- c) 1 мм
- d) 1,5 мм

19. В фазе реполяризации аксона потоки ионов натрия направлены:

- a) внутрь клетки, пассивно;
- b) наружу клетки, активно;
- c) внутрь клетки, активно;
- d) наружу клетки, пассивно.

20. Длительность потенциала действия составляет:

- a) 1-2 с;
- b) 2-3 мс;
- c) 10 мс;
- d) 10 с.

21. Концентрация ионов натрия внутри клетки:

- a) больше, чем снаружи;
- b) меньше, чем снаружи;
- c) такая же, как и снаружи.

22. Фаза деполяризации при возбуждении мембраны обусловлена диффузией через мембрану ионов:

- a) OH^- ;
- b) Cl^- ;
- c) K^+ ;
- d) Na^+ .

23. В фазе реполяризации аксона потоки ионов калия направлены:

- a) внутрь клетки, пассивно;
- b) наружу клетки, активно;
- c) внутрь клетки, активно;
- d) наружу клетки, пассивно.

24. Длительность потенциала действия кардиомицита по сравнению с потенциалом действия аксона:

- a) больше;
- b) меньше;
- c) равна.

25. Концентрация ионов хлора внутри клетки:

- a) больше, чем снаружи;
- b) меньше, чем снаружи;
- c) такая же, как и снаружи.

26. В фазе деполяризации при возбуждении аксона потоки ионов натрия направлены:

- a) внутрь клетки, пассивно;
- b) наружу клетки, активно;
- c) внутрь клетки, активно;
- d) наружу клетки, пассивно.

27. Фаза реполяризации потенциала действия обусловлена диффузией через мембрану ионов:

- a) OH^- ;
- b) Cl^- ;
- c) K^+ ;
- d) Na^+ .

Ответы: 1-с, 2-а, 3-а, 4-а, 5-с, 6-б, 7-а, 8-а, 9-с, 10-а, 11-с, 12-а, 13-с, 14-с, 15-б, 16-б, 17-с, 18-б, 19-б, 20-б, 21-б, 22-б, 23-д, 24-а, 25-б, 26-а, 27-с.

Тема: «БИОФИЗИКА МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ»

1. Вопросы для проверки исходного (базового) уровня знаний:

1. Понятия вязкости, упругости, вязкоупругости, деформации, механического напряжения.
2. Закон Гука.
3. Механические свойства биологических тканей.

2. Целевые задачи:

| <u>Студент должен знать:</u> | <u>Литература:</u> |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Структуру мышцы• Модель скользящих нитей• Механические модели вязкоупругих свойств тел• Механические свойства тканей• Трехкомпонентную модель Хилла• Уравнение Хилла | <ol style="list-style-type: none">1. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика. М., «Дрофа», 2008, §§ 8.3., 8.4.2. Физика и биофизика. (под ред. Антонова В.Ф.). М., «ГЭОТАР-Медиа», 2008, §§ 20.1-20.4.3. Боциев И.Ф., Боциева Н.И. Биофизика и медицинская аппаратура. Владикавказ, ФГБОУ ВО СОГМА, 2019, С. 28–39. |
| <u>Студент должен уметь:</u> | |
| <ul style="list-style-type: none">• Объяснять пассивное растяжение мышцы• Объяснять активное сокращение мышцы• Объяснять зависимость скорости укорочения мышцы от нагрузки• Объяснять электромеханическое сопряжение в мышцах | |

3. Задания для самостоятельной работы по изучаемой теме:

1. Что такое саркомер?
2. Нарисуйте микроструктуру саркомера.
3. Перечислите основные положения модели скользящих нитей.
4. Опишите трехкомпонентную модель Хилла.
5. В чем заключаются изометрический и изотонический режимы исследования характеристик сокращающихся мышц?
6. Изобразите графики временной зависимости одиночного сокращения мышцы в изометрическом и изотоническом режимах.
7. Запишите уравнение Хилла.
8. В чем заключается электромеханическое сопряжение в мышцах?
9. Допишите недостающие сведения в нижеследующем тексте:

- При.....объем саркомера практически не.....а, следовательно, он становится.....
 - При одинаковых.....условиях, более.....мышцы генерирует большую силу.
10. Опишите модели Максвелла, Кельвина-Фойгта и Зинера. Какие механические процессы можно моделировать с их помощью?

Тема: «МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

1. Вопросы для проверки исходного (базового) уровня знаний

1. Основы дифференциального исчисления.
2. Основы интегрального исчисления.
3. Способы решения дифференциальных уравнений.

2. Целевые задачи:

| <u>Студент должен знать:</u> | <u>Литература:</u> |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Основные этапы моделирования• Модель естественного роста численности популяции (модель Мальтуса)• Модель изменения численности популяции с учетом конкуренции между особями (модель Ферхюльста)• Модель «хищник-жертва» (модель Вольтера)• Фармакокинетическую модель | <ol style="list-style-type: none">1. Физика и биофизика (под ред. Антонова В.Ф.). М., «ГЭОТАР-Медиа», 2008, §§ 22.1-22.3.2. Боциев И.Ф., Боциева Н.И. Биофизика и медицинская аппаратура. Владикавказ, ФГБОУ ВО СОГМА, 2019, С. 40–50. |
| <u>Студент должен уметь:</u> <ul style="list-style-type: none">• Объяснять математические модели роста численности популяции• Объяснять виды фармакокинетической модели | |

3. Задания для самостоятельной работы по изучаемой теме:

1. Перечислите основные этапы моделирования.
2. Охарактеризуйте физическую и математическую модели.
3. Каким основным требованиям должна отвечать модель?
4. По какой схеме создается модель Мальтуса? Каковы ее основные допущения?
5. Перечислите допущения модели Ферхюльста.
6. При каких допущениях модель «хищник-жертва» превращается в модель естественного роста численности популяции?
7. Нарисуйте графики изменения во времени численности популяций хищников и жертв при малых отклонениях от стационарных значений.
8. Приведите примеры самоорганизации в физике, биофизике, химии, кардиологии, экологии, космологии.
9. Как модель «хищник-жертва» используется в медицине?
10. Проанализируйте поведение системы в модели Ферхюльста при изменении коэффициента роста ε . Заполните таблицу:

| Параметры | ϵ , 1/час. | δ , 1/час. | x_0 | Закон изме- нения $X(t)$ | $x_{ст}$ | x_k | t_k |
|-----------|------------------------|----------------------|-------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| 1 система | 2,2 | 0,001 | 20 | | | | |
| 2 система | 1,6 | 0,001 | 20 | | | | |
| 3 система | 1 | 0,001 | 20 | | | | |

2. Проанализируйте поведение системы в модели Ферхюльста при изменении коэффициента δ (вероятности конкуренции). Заполните таблицу:

| Параметры | ϵ | δ | x_0 | Закон изме- нения $X(t)$ | $x_{ст}$ | x_k | t_k |
|-----------|------------|----------|-------|-----------------------------|----------|-------|-------|
| 1 система | 0,4 | 0,001 | 20 | | | | |
| 2 система | 0,4 | 0,003 | 20 | | | | |
| 3 система | 0,4 | 0,01 | 20 | | | | |
| 4 система | 0,4 | 0,02 | 20 | | | | |

ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ К МОДУЛЬНОМУ ЗАНЯТИЮ №2

1. Частота волн, посылаемых ревербератором:

- a) есть минимально возможная частота возбуждения данной среды;
- b) есть максимально возможная частота возбуждения данной среды;
- c) не связана с частотой возбуждения данной среды.

2. Автоволна, распространяясь по активной среде, не затухает:

- a) за счет передачи энергии от одной клетки к другой;
- b) за счет высвобождения энергии, запасенной каждой клеткой;
- c) результате использования энергии электрического поля.

3. Длина волны возбуждения в активной среде зависит от:

- a) амплитуды потенциала действия кардиомиоцита;
- b) от скорости распространения волны по миокарду;
- c) от частоты импульсов пейсмекера;
- d) от длительности рефрактерного периода возбужденной клетки.

4. Циркуляция автоволны длительностью λ в кольце с периметром l может возникнуть при условии:

- a) $\lambda = l$;
- b) $\lambda > l$;
- c) $\lambda < l$.

5. Если в неоднородной активной среде имеются зоны с рефрактерностями R_1 и R_2 ($R_2 > R_1$) и импульсы от пейсмекера следуют с периодом T , то трансформация ритма может возникнуть при условии:

- a) $T < R_2$;
- b) $T > R_1$;
- c) $T = R_2 - R_1$.

6. При изотоническом режиме:

- a) чем больше груз, тем больше укорочение мышцы и короче время удержания груза;
- b) чем больше груз, тем меньше укорочение мышцы и дольше время удержания груза;
- c) чем больше груз, тем меньше укорочение мышцы и короче время удержания груза.

7. При мышечном сокращении:

- a) нити актина скользят внутрь саркомера вдоль миозина;
- b) миозин сжимается подобно пружине;
- c) мостики прикрепляются к активным центрам актина;
- d) мостики размыкаются.

8. Сила сокращения, генерируемая мышцей, определяется:

- a) длиной актиновой нити;
- b) изменением силы, генерируемой одним мостиком;
- c) количеством одновременно замкнутых мостиков;
- d) упругостью миозиновой нити.

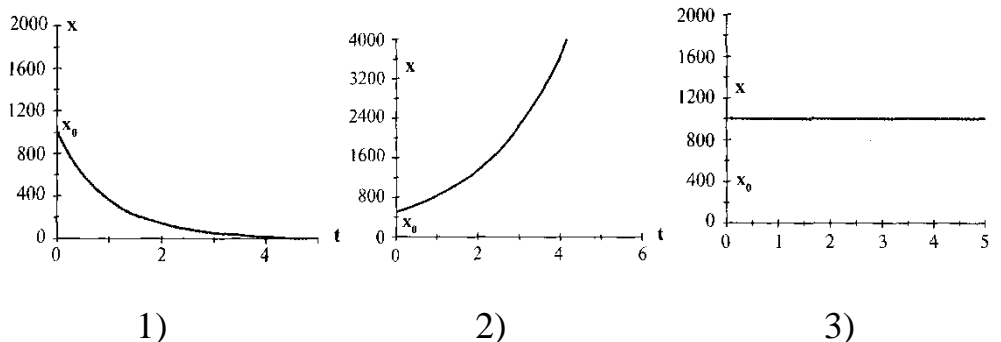
9. Скорость одиночного сокращения мышцы при увеличении нагрузки:

- a) возрастает;
- b) уменьшается;
- c) остается постоянной.

10. При изометрическом сокращении:

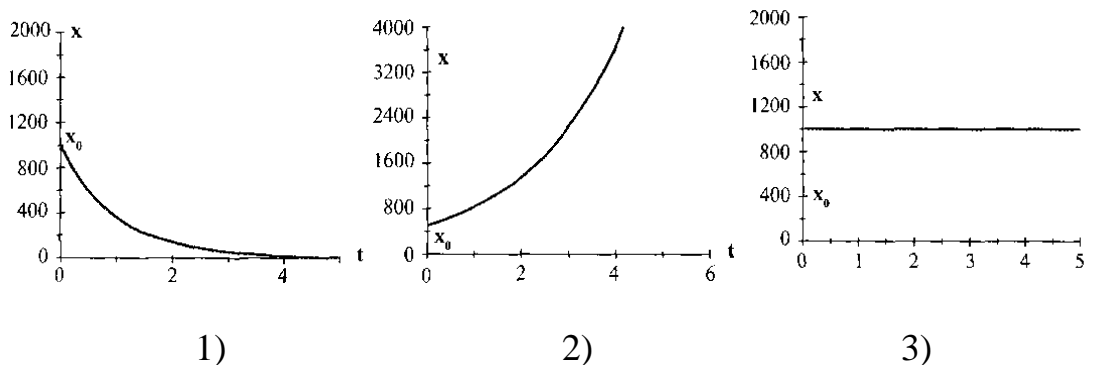
- a) мышца укорачивается;
- b) длина мышцы не изменяется;
- c) мышца растягивается и ее длина увеличивается.

11. Зависимость изменения численности популяции в отсутствие конкуренции между особями при $\epsilon > 0$ (ϵ – коэффициент роста) имеет вид:



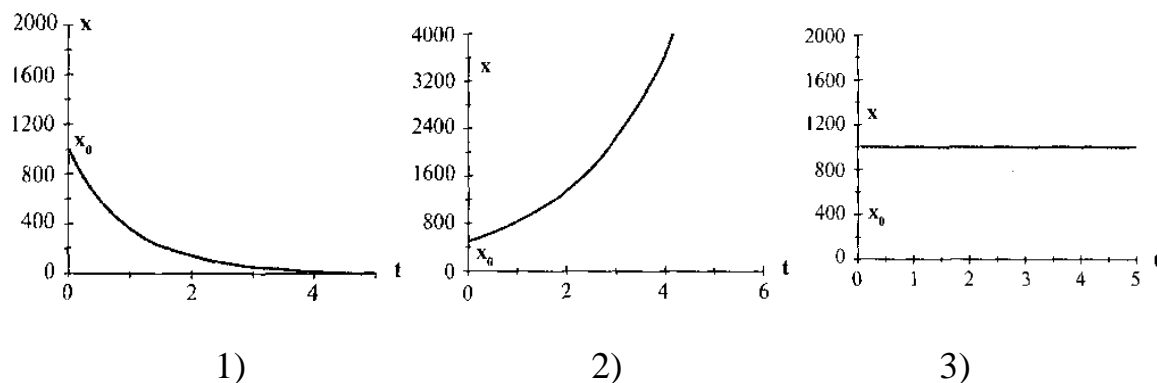
- a) 1;
- b) 2;
- c) 3.

12. Зависимость изменения численности популяции в отсутствие конкуренции между особями при $\epsilon < 0$ (ϵ – коэффициент роста) имеет вид:



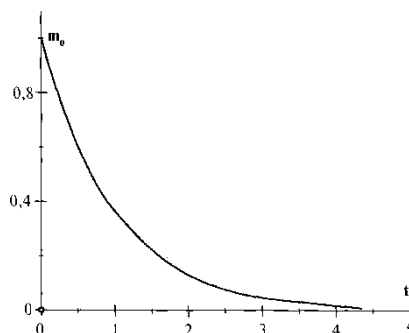
- a) 1;
- b) 2;
- c) 3.

13. Зависимость изменения численности популяции в отсутствие конкуренции между особями при $\varepsilon = 0$ (ε – коэффициент роста) имеет вид:



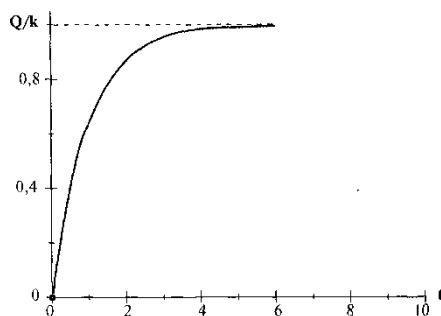
- a) 1;
- b) 2;
- c) 3.

14. На графике представлена зависимость массы лекарственного препарата в крови от времени:



- a) при инфузии;
- b) после инъекции;
- c) при комбинированном способе введения.

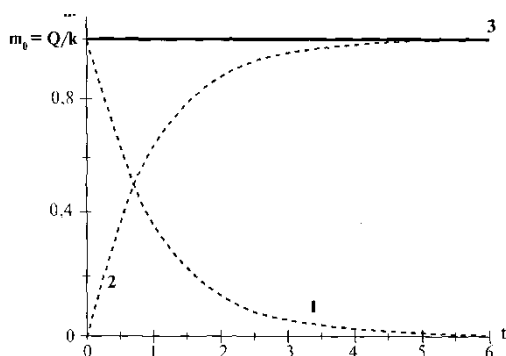
15. На графике представлена зависимость массы лекарственного препарата в крови от времени:



- a) при инфузии;

- б) после инъекции;
- с) при комбинированном способе введения.

16. На графике представлена зависимость массы лекарственного препарата в крови от времени:



- а) при инфузии;
- б) после инъекции;
- с) при комбинированном способе введения.

Ответы: 1-б, 2-а, 3-ад, 4-с, 5-а, 6-с, 7-ас, 8-с, 9-d, 10-б, 11-б, 12-а, 13-с, 14-б, 15-а, 16-с.

Тема: «СИСТЕМА ПОЛУЧЕНИЯ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ»

1. Вопросы для проверки исходного (базового) уровня знаний:

1. Понятия сопротивления, удельного сопротивления.
2. Закон Ома.
3. Эквипотенциальные поверхности.

2. Целевые задачи:

| <u>Студент должен знать:</u> | <u>Литература:</u> |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Структурную схему съема, передачи и регистрации медико-биологической информации • Требования, предъявляемые к электродам для съема биоэлектрического сигнала • Виды датчиков медико-биологической информации • Применение радиотелеметрии • Аналоговые регистрирующие устройства • Принцип работы медицинских приборов, регистрирующих биопотенциалы | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика. М., «Дрофа», 2008, §§17.1-17.4 2. Боциев И.Ф., Боциева Н.И. Биофизика и медицинская аппаратура. Владикавказ, ФГБОУ ВО СОГМА, 2019, С. 51–56. |
| <p style="text-align: center;"><u>Студент должен уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Иллюстрировать структурную схему съема, передачи и регистрации медико-биологической информации • Объяснять классификацию электродов для съема биоэлектрического сигнала и датчиков медико-биологической информации • Объяснять принцип работы аналоговых регистрирующих устройств | |

3. Задания для самостоятельной работы по изучаемой теме:

1. Начертите структурную схему съема, передачи и регистрации медико-биологической информации.

2. Допишите недостающие сведения в нижеследующем тексте:

- Электроды для съёма биологического сигнала – это
.....формы
с системой.

3. Какие требования предъявляются к электродам?
4. Как минимизировать потери полезной информации на переходном сопротивлении электрод-кожа?
5. На какие группы по назначению подразделяются электроды для съёма биоэлектрического сигнала?
6. Какие устройства называются датчиками медико-биологической информации?
7. Опишите виды генераторных датчиков.
8. Какие датчики называются параметрическими?
9. На какие виды делятся датчики в зависимости от вида энергии, являющейся носителем информации?
10. Какие специфические погрешности следует учитывать при работе с датчиками?
11. Опишите датчик частоты дыхания.
12. Что такое радиотелеметрия? Начертите схему и опишите работу эндорадиозонда для определения активности пищеварительных ферментов.
13. Перечислите способы регистрации информации на носителе в медицине, биологии и физиологии.

**Тема: «УСИЛИТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ
И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
В МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЕ»**

1. Вопросы для проверки исходного (базового) уровня знаний:

1. Понятия напряжения, силы тока, мощности.
2. Закон Ома для участка цепи.
3. Закон Ома для полной цепи.

2. Целевые задачи:

| | |
|--|--|
| <u>Студент должен знать:</u> | <u>Литература:</u> |
| <ul style="list-style-type: none"> • Понятие коэффициента усиления • Требования, предъявляемые к усилителям • Понятия амплитудной и частотной характеристик усилителя • Физическую природу нелинейных (амплитудных) и линейных (частотных) искажений • Особенности усиления биоэлектрических сигналов | <ol style="list-style-type: none"> 1. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика. М., «Дрофа», 2008, §§ 18.1- 18.4. 2. Боциев И.Ф., Боциева Н.И. Биофизика и медицинская аппаратура. Владикавказ, ФГБОУ ВО СОГМА, 2019, С. 57–61. |
| <u>Студент должен уметь:</u> | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Графически представлять амплитудную и частотную характеристики усилителя • Объяснять возникновение амплитудных и частотных искажений • Характеризовать специфику усиления биоэлектрических сигналов | |

3. Задания для самостоятельной работы по изучаемой теме:

1. Какие устройства называются усилителями электрических сигналов?
2. Приведите формулу для коэффициента усиления.
3. Перечислите виды электронных усилителей.
4. Что называется усилительным каскадом? Как определяется его коэффициент усиления?
5. Что называется амплитудной характеристикой усилителя?
6. Как определяется коэффициент нелинейных искажений?
7. Какая зависимость называется частотной характеристикой усилителя?
8. Изобразите графически амплитудную и частотную характеристики усилителя.
9. Допишите недостающие сведения в нижеследующем тексте:

- Специфика усилителей биопотенциалов определяется следующими основными особенностями этой разновидности электрических сигналов:
 - а) биопотенциалы - сигналы;
 - б) биопотенциалы -;
 - в) выходное сопротивление биологической системы совместно с сопротивлением электродов обычно
10. Что такое микрофонный эффект?
11. Какие помехи называются шумами?
12. Как устранить искажения, возникающие из-за малости частоты биологических электрических сигналов?
13. Входной сигнал на усилителе описывается формулой $U_{вх} = 5\cos(50t)$, выходной сигнал $U_{вых} = 25\cos(50t)$. Найдите коэффициент усиления.
14. Коэффициент усиления первого усилителя $K_1 = 5$, второго - $K_2 = 10$. Найдите коэффициент усиления схемы из двух усилителей.

Тема: «ЭЛЕКТРОННЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЕ»

1. Вопросы для проверки исходного (базового) уровня знаний:

1. Идеальный колебательный контур.
2. Формула Томсона.
3. Реальный колебательный контур.
4. Автоколебания.

2. Целевые задачи:

| <u>Студент должен знать:</u> | <u>Литература:</u> |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Классификацию генераторов электрических колебаний• Устройство и принцип работы генераторов гармонических (синусоидальных) колебаний на транзисторе и импульсных (релаксационных) колебаний на неоновой лампе• Классификацию и назначение низкочастотной и высокочастотной физиотерапевтической электронной аппаратуры | <ol style="list-style-type: none">1. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. Медицинская и биологическая физика. М., «Дрофа», 2008, §§ 18.5-18.8.2. Боциев И.Ф., Боциева Н.И. Биофизика и медицинская аппаратура. Владикавказ, ФГБОУ ВО СОГМА, 2019, С. 62–66. |
| <p style="text-align: center;"><u>Студент должен уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Приводить электрическую схему и объяснить принцип работы генераторов гармонических (синусоидальных) колебаний на транзисторе и импульсных (релаксационных) колебаний на неоновой лампе• Объяснять назначение и принцип работы низкочастотной и высокочастотной физиотерапевтической электронной аппаратуры | |

3. Задания для самостоятельной работы по изучаемой теме:

1. Какое устройство называется генератором? Как классифицируются генераторы электрических колебаний? Какие применения они имеют в медицине?
2. Опишите процесс возникновения автоколебаний в генераторе синусоидальных колебаний на транзисторе.
3. Приведите схему генератора импульсных колебаний на неоновой лампе.

4. Охарактеризуйте отдельные участки графика зависимости выходного напряжения от времени для генератора импульсных колебаний на неоновой лампе.
5. Какие устройства называются электронными стимуляторами?
6. На какие виды подразделяются электростимуляторы? Приведите примеры.
7. Допишите недостающие сведения в нижеследующем тексте:
- Дефибрилляторы – аппараты, представляющие собой
....., предназначенные для лечения
.....
8. Какая электронная аппаратура называется высокочастотной?
9. В чем особенность генераторов электромагнитных колебаний, используемых в аппаратах электрохирургии?

Тема: «ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ»

1. Вопросы для проверки исходного (базового) уровня знаний:

1. Колебательный контур. Формула Томсона.
2. Закон электромагнитной индукции. Закон Фарадея.
3. Устройство лампового генератора и принцип его работы.
4. Техника безопасности при работе с электронными приборами.

2. Целевые задачи:

| <u>Студент должен знать:</u> | <u>Литература</u> |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• Первичные механизмы действия на организм человека электрических токов• Роль терапевтического контура в медицинской аппаратуре• Принцип действия аппарата УВЧ-терапии• Принцип действия аппарата низкочастотной физиотерапии «Амплипульс» | <ol style="list-style-type: none">1. Ремизов А.Н., Максина А.Г., Потапенко А.Я. «Медицинская и биологическая физика». М., «Дрофа», 2008, §§14.5, 15.1-15.4.2. Антонов В.Ф., Черныш А.М., Козлова Е.К., Коржуев А.В. Физика и биофизика. Практикум. М., «ГЭОТАР-Медиа», 2008, § 3.6, 3.8.3. Блохина М.Е., Эссаулова И.А., Мансурова Г.В. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. М., «Дрофа», 2008, § 34.4. Боциев И.Ф., Боциева Н.И. Биофизика и медицинская аппаратура. Владикавказ, ФГБОУ ВО СОГМА, 2019, С. 67–77. |
| <p><u>Студент должен уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• Объяснять действие на организм человека переменного магнитного поля, электрического поля УВЧ, импульсных токов и электромагнитных волн• Объяснять характеристики синусоидальных и импульсных немодулированных и модулированных электрических напряжений и токов | |

3. Задания для самостоятельной работы по изучаемой теме:

1. Что представляет собой аппарат УВЧ-терапии?
2. Опишите принцип работы простейшего лампового генератора на триоде с индуктивной обратной связью.
3. Для чего предназначен терапевтический контур?
4. Как электрическое поле УВЧ воздействует на электролиты и диэлектрики? Объясните механизм и приведите формулы для расчета теплового эффекта в диэлектрике и электролите; в формулах объясните смысл всех входящих в них величин.

5. От чего зависит распределение электрического поля УВЧ между электродами пациента?
6. Каково назначение конденсатора переменной емкости в терапевтическом контуре?
7. Допишите недостающие сведения в нижеследующем тексте:
 - Емкость переменного конденсатора терапевтического контура изменяется ручкой.....
 - Контроль настройки терапевтического контура осуществляется с помощью.....
8. Чем обусловлен общий недостаток традиционных методов для согревания какой-либо части тела?
9. На чем основано физиологическое воздействие электрического поля УВЧ?
10. В чем заключается существенное различие в действии высокочастотного тока и поля на электролиты и диэлектрики?
11. Где возникают ток проводимости и ток смещения при наличии быстропеременного электрического поля?
12. При лечении каких заболеваний применяется УВЧ-терапия?
13. Для чего при проведении процедуры нагревания с помощью электрического поля УВЧ терапевтический контур настраивается в резонанс? Каким образом эту настройку производят?
14. Объясните закон Дюбуа-Реймона.
15. Объясните первичные механизмы действия низкочастотных электрических токов.
16. Приведите характеристики:
 - 1) синусоидального напряжения,
 - 2) синусоидального амплитудно-модулированного напряжения,
 - 3) импульсного немодулированного напряжения,
 - 4) импульсного модулированного напряжения.
17. Что такое диадинамотерапия, амплипульстерапия, электростимуляция?
18. Ток, потребляемый аппаратом УВЧ от сети при напряжении 220 В, равен 0,8 А. В теле больного при этом поглощается 10 Вт. Какое количество теплоты выделяется в тканях организма за 5 минутную процедуру?
19. Колебательный контур аппарата для терапевтической диатермии состоит из катушки индуктивности 500 Гн и конденсатора емкости 400 пФ. Определите период колебаний.

ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ К МОДУЛЬНОМУ ЗАНЯТИЮ №3

1. Датчики - устройства, которые преобразуют:
 - a) малые напряжения в напряжения большей величины;
 - b) электрические величины в неэлектрические;
 - c) неэлектрические величины в электрические.

2. Назначение устройств отображения информации:
 - a) представление медико-биологической информации в форме, удобной для восприятия;
 - b) преобразование световой энергии в энергию электрического тока;
 - c) преобразование неэлектрических величин в электрические.

3. К устройствам отображения информации относятся:
 - a) самописцы;
 - b) источники переменного тока;
 - c) датчики;
 - d) усилители.

4. Датчики, в которых под влиянием измеряемой неэлектрической величины происходит изменение одного из его параметров, называются:
 - a) активными;
 - b) пассивными.

5. Датчики, которые преобразуют неэлектрические величины непосредственно в электрические (ток, напряжение), называются:
 - a) активными;
 - b) пассивными.

6. Датчики являются элементом:
 - a) терапевтической аппаратуры;
 - b) диагностических приборов;
 - c) электростимуляторов.

7. Типовая блок – схема электронного диагностического прибора включает в себя следующие обязательные элементы:
 - a) устройства съёма → контур пациента → устройство отображения и регистрации информации;
 - b) усилитель электрических сигналов → устройства съёма → устройство отображения и регистрации информации;
 - c) устройство съёма → усилитель → устройство отображения и регистрации информации.

8. Проводники специальной формы, соединяющие измерительную цепь с биологической системой это:

- a) датчики;
- b) электроды;
- c) усилители.

9. Для уменьшения переходного сопротивления электрод-кожа надо:

- a) увеличить проводимость среды;
- b) уменьшить проводимость среды;
- c) уменьшить площадь электрода;

10. Устройство, преобразующее измеряемую или контролируемую величину в сигнал, удобный для передачи, дальнейшего преобразования или регистрации называется:

- a) датчиком;
- b) электродом;
- c) генератором.

11. Какие из перечисленных датчиков являются генераторными:

- a) реостатные;
- b) индуктивные;
- c) пьезоэлектрические;
- d) емкостные.

12. К параметрическим датчикам относятся?

- a) термоэлектрические;
- b) реостатные;
- c) фотоэлектрические;
- d) пьезоэлектрические.

13. Вид связи используемый в космических исследованиях для получения информации о состоянии космического корабля и его экипажа и в спортивной медицине называется:

- a) радиотелеметрией;
- б) телепатией;
- c) электрической.

14. Для преобразования малых электрических сигналов в электрические сигналы большей величины используются:

- a) датчики;
- b) усилители;
- c) генераторы;
- d) регистрирующие устройства.

15. Зависимость коэффициента усиления усилителя от частоты входного

напряжения при постоянстве его амплитуды называется:

- a) входной характеристикой;
- b) амплитудной характеристикой;
- c) частотной характеристикой;
- d) полосой пропускания.

16. Усилитель является одной из основных составных частей:

- a) аппарата УВЧ-терапии;
- b) электроэнцефалографа;
- c) аппарата для гальванизации;
- d) генератора синусоидальных колебаний.

17. Условия усиления электрических сигналов без искажений определяются с помощью:

- a) входной характеристики усилителя;
- b) амплитудной и частотной характеристик усилителя;
- c) выходной характеристики усилителя.

18. Коэффициент усиления усилителя при изменении частоты электрического сигнала в пределах полосы пропускания:

- a) остаётся постоянным;
- b) уменьшается;
- c) увеличивается.

19. При усилении электрических сигналов усилителем:

- a) не должна изменяться форма усиливаемых сигналов;
- b) не должна изменяться амплитуда усиливаемых сигналов;
- c) не должна изменяться мощность усиливаемых сигналов;
- d) должно быть изменение частоты усиливаемого сигнала.

20. Частотных искажений усиливаемого сигнала не будет, если:

- a) амплитуда напряжения не превышает критического значения;
- b) все частоты его спектра находятся в пределах полосы пропускания;
- c) коэффициент усиления не меняется в пределах полосы пропускания.

21. Амплитудные искажения могут наблюдаться при усилении:

- a) только простых сигналов;
- b) только сложных сигналов;
- c) тех и других.

22. Амплитудных искажений усиливаемого сигнала не будет, если:

- a) $U_{вх} > U_{кр}$;
- b) $U_{вх} < U_{кр}$.

23. Частотные искажения могут наблюдаться при усилении:

- a) только простых сигналов;
- b) только сложных сигналов;
- c) любых сигналов.

24. При помещении объекта между электродами в аппарате УВЧ-терапии:

- a) нарушается амплитудное условие генерации;
- b) изменяется собственная частота контура пациента;
- c) изменяется собственная частота колебаний колебательного контура.

25. Генераторы синусоидальных электромагнитных колебаний составляют основу:

- a) аппаратов для гальванизации;
- b) аппаратов для УВЧ-терапии;
- c) аппаратов для электрофореза.

26. При УВЧ-терапии воздействующим на человека фактором является:

- a) электромагнитные волны;
- b) переменное электрическое поле;
- в) переменное магнитное поле;
- c) переменный электрический ток;
- d) постоянный электрический ток.

27. Применение УВЧ-терапии эффективно для прогрева:

- a) диэлектрических тканей организма человека;
- b) проводящих электрический ток тканей организма человека;
- c) слабопроводящих тканей.

28. Какой из перечисленных элементов входит в состав генератора синусоидальных колебаний?:

- a) электрический вентиль;
- b) колебательный контур;
- c) электрический фильтр;
- d) датчик.

29. Контур пациента в аппаратах УВЧ-терапии:

- a) подключен непосредственно к анодной цепи генератора;
- b) индуктивно связан с колебательным контуром генератора;
- c) включен в цепь смещения триода.

30. Контур пациента для аппарата УВЧ-терапии перед проведением процедуры настраивается:

- a) на частоту колебательного контура генератора;
- b) так, чтобы выполнялось амплитудное условие генерации;
- c) так, чтобы выполнялось фазовое условие генерации.

31. Частота колебаний терапевтического контура УВЧ-аппарата определяется:

- a) электроемкостью конденсатора и индуктивностью катушки индуктивности терапевтического контура;
- b) частотой колебаний LC-генератора;
- c) тепловым эффектом при проведении терапевтической процедуры.

32. Собственную частоту колебаний терапевтического контура УВЧ-аппарата можно вычислить по формуле (L и C – индуктивность и емкость конденсатора):

- a) $f = LC$;
- b) $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$;
- c) $f = \frac{\sqrt{LC}}{2\pi}$.

33. В диэлектриках, при помещении их в электрическое поле, возникает:

- a) ток проводимости;
- b) ток смещения;
- c) диадинамические токи.

34. В проводниках, при помещении их в электрическое поле, возникает:

- a) ток смещения;
- b) ток проводимости;
- c) переменный ток.

35. Количество тепла, выделяемое высокочастотным электрическим полем в единицу времени в диэлектрике, выражается формулой:

- a) $q = k\gamma E^2$;
- b) $q = k\varepsilon\gamma E^2 \operatorname{tg} \delta$;
- c) $q = k\gamma E$.

36. Для искусственного повышения локальной температуры тела используют:

- a) УВЧ-терапию;
- b) горячую ванну;
- c) спиртовой компресс.

37. Для прогревания глубоких тканей и органов используют:

- a) горячую ванну или грелку;
- b) УВЧ-терапию;
- c) спиртовой компресс.

38. Силовыми линиями электрического поля называются:

- a) геометрическое место точек с одинаковой напряжённостью;
- b) линии, в каждой точке которых касательные совпадают с направлением вектора напряжённости;

с) линии, соединяющие точки с одинаковой напряжённостью.

39.Регистрируемая ЭКГ представляет собой зависимость некоторой физической величины от времени. Что это за величина, и в каких единицах она измеряется?:

- a) разность потенциалов электрического поля, (В);
- b) потенциал электрического поля, (В);
- c) напряжённость электрического поля, (В/м);
- d) частота пульса, (число ударов в минуту).

40.Эквипотенциальными поверхностями электрического поля называются:

- a) поверхности, все точки которых имеют одинаковый потенциал;
- b) траектории движения зарядов;
- c) поверхности, все точки которых имеют потенциал одного знака.

41.Согласно теории Эйнтховена, электрической моделью сердца является:

- a) токовый диполь;
- b) электрический диполь;
- c) уединённый положительный электрический заряд;
- d) другая система электрических зарядов.

42.Потенциал электрического поля является:

- a) энергетической характеристикой поля, величиной скалярной;
- b) силовой характеристикой поля, величиной скалярной;
- c) силовой характеристикой поля, величиной векторной.

43.Напряжённость электрического поля является:

- a) энергетической характеристикой поля, величиной векторной;
- b) энергетической характеристикой поля, величиной скалярной;
- c) силовой характеристикой поля, величиной скалярной;
- d) силовой характеристикой поля, величиной векторной.

44.Как расположен диполь в треугольнике Эйнтховена, если $U_{AB}=U_{BC}$?:

- a) перпендикулярно стороне АВ;
- b) перпендикулярно стороне ВС;
- c) перпендикулярно стороне АС.

45.Как расположен диполь в треугольнике Эйнтховена, если $U_{AC}=0$?:

- a) перпендикулярно стороне ВС;
- b) перпендикулярно стороне АВ;
- c) перпендикулярно стороне АС.

46.Регистрируемая при снятии ЭКГ величина представляет собой:

- a) переменное напряжение;
- b) частоту сердечных сокращений;

с) величину смещения электрической оси сердца.

47. Единицей измерения дипольного момента токового диполя в системе СИ является:

- а) Кл/В;
- б) Кл·м;
- в) А·м;
- г) Кл/м;

48. Разность потенциалов в вершинах треугольника Эйнтховена пропорциональна (указать неверное):

- а) дипольному моменту;
- б) углу между стороной треугольника и плечом диполя;
- в) проекции дипольного момента на сторону треугольника.

49. Согласно теории Эйнтховена, разность потенциалов, регистрируемая в каждом из отведений ЭКГ, меняется во времени вследствие:

- а) изменения момента эквивалентного зарядового диполя;
- б) изменения величины момента эквивалентного токового диполя;
- в) изменения положения эквивалентного зарядового диполя;
- г) изменения положения и величины дипольного момента эквивалентного токового диполя.

50. Частота сердечных сокращений лежит в пределах:

- а) 60 - 120 Гц;
- б) 1 – 2 Гц.

51. Напряжённость поля диполя равна нулю:

- а) во всех точках прямой, проходящей перпендикулярно плечу через его центр;
- б) в точке, делящей плечо пополам;
- в) в любых точках, равноудалённых от обоих зарядов;
- г) нигде.

52. Если в треугольнике Эйнтховена $U_{AB}=0$, то:

- а) $U_{AC} = U_{BC}$;
- б) $U_{AC} > U_{BC}$;
- в) $U_{AC} < U_{BC}$.

53. В каждом из отведений максимальное значение ЭКГ принимает в тот момент, когда электрическая ось сердца располагается:

- а) параллельно линии отведения;
- б) перпендикулярно линии отведения.

54. Период кривой ЭКГ лежит в пределах:

- а) 0,5 - 1 мин;
- б) 0,5 - 1 сек.

Ответы: 1-с, 2-а, 3-а, 4-б, 5-а, 6-б, 7-с, 8-б, 9-а, 10-а, 11-с, 12-б, 13-а, 14-б, 15-с, 16-б, 17-б, 18-а, 19-а, 20-б, 21-с, 22-б, 23-б, 24-с, 25-б, 26-б, 27-б, 28-б, 29-б, 30-а, 31- а, 32-б, 33-б, 34-б, 35-б, 36-bc, 37-б, 38-б, 39-а, 40-а, 41-а, 42-а, 43-d, 44-с, 45-с, 46-а, 47-с, 48-б, 49-d, 50-б, 51-d, 52-а, 53-а, 54-б.