

**Вопросы к зачету по учебной дисциплине  
«Медицинская и биологическая физика»  
для студентов лечебного факультета**

**I. Теоретические вопросы**

1. Механические деформации. Закон Гука, модуль упругости.
2. Гармонические колебания. Энергия гармонических колебаний.
3. Сложение колебаний. Гармонический спектр сложных колебаний. Преобразование Фурье и его применение для обработки диагностических данных.
4. Механическая волна. Энергетические характеристики волны: поток энергии волны, интенсивность (плотность потока энергии).
5. Классификация звуков. Физические характеристики звука: частота, интенсивность, спектральный состав. Характеристики слухового ощущения и их связь с физическими характеристиками звука.
6. Диаграмма слышимости. Уровень интенсивности и уровень громкости, единицы измерения, связь между ними.
7. Закон Вебера-Фехнера.
8. Отражение и поглощение звуковых волн. Акустический импеданс.
9. Принципы ультразвуковой визуализации органов и тканей организма человека. Ультразвуковая диагностика.
10. Терапевтическое и хирургическое применение ультразвука.
11. Применение эффекта Доплера для неинвазивного измерения скорости кровотока.
12. Уравнение неразрывности струи.
13. Уравнение Бернулли. Применение уравнения Бернулли для исследования кровотока в крупных артериях и аорте (закупорка артерии, артериальный шум, поведение аневризмы).
14. Течение вязкой жидкости, формула Ньютона.
15. Формула Пуазейля. Гидравлическое сопротивление.
16. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса.
17. Факторы, влияющие на вязкость крови в организме человека.
18. Роль эластичности сосудов, пульсовая волна. Формула Моэнса-Кортевега.
19. Распределение скорости кровотока и кровяного давления в большом круге кровообращения.
20. Методы определения давления и скорости кровотока.
21. Работа и мощность сердца.
22. Физическая сущность явления поверхностного натяжения. Коэффициент поверхностного натяжения.
23. Смачивание. Капиллярные явления.
24. Добавочное давление под кривой поверхностью жидкости, формула Лапласа. Газовая эмболия.
25. Строение и физические свойства биологических мембран.
26. Пассивный транспорт веществ через биологические мембраны, его виды.
27. Математическое описание пассивного транспорта веществ (уравнения Теорелла).
28. Математическое описание пассивного транспорта веществ (уравнения Фика).
29. Математическое описание пассивного транспорта веществ (Нернста-Планка).
30. Активный транспорт ионов.
31. Мембранные потенциалы покоя. Уравнение Нернста.
32. Уравнение Гольдмана-Ходжкина-Катца для потенциала покоя клетки.
33. Механизм генерации потенциала действия, его основные фазы. Рефрактерный период.
34. Распространение потенциала действия по безмиелиновым аксонам.

35. Распространение потенциала действия по миелинизированным аксонам.
36. Электрокардиография, теория Эйнтховена. Стандартные отведения Эйнтховена, усиленные униполярные и грудные отведения.
37. Формирование зубцов электрокардиограммы, их связь с физиологическими процессами в миокарде.
38. Электропроводность биологических тканей. Гальванизация и лечебный электрофорез.
39. Эквивалентная электрическая схема живой ткани. Импеданс живой ткани, его зависимость от частоты переменного тока. Оценка жизнестойкости тканей.
40. Электровозбудимость тканей. Кривая электровозбудимости, реобазис и хронаксия. Уравнение Вейса-Лапика.
41. Закон Дюбуа-Реймона.
42. Электростимуляция сердца.
43. Диатермия.
44. Индуктотермия.
45. Ультравысокочастотная терапия.
46. Микроволновая терапия.
47. Крайне высокочастотная терапия.
48. Местная дарсонвализация.
49. Общие характеристики и классификация датчиков медико-биологической информации. Датчики температуры.
50. Общие принципы усиления электрических сигналов. Требования к усилителям биоэлектрических сигналов.
51. Определение частотной (полосы пропускания) и амплитудной (динамического диапазона) характеристик усилителя.

## II. Задачи

1. Подвешенное сухожилие длиной 9 см и диаметром 6 мм под действием груза массой 31,4 кг удлинится на 1 мм. Определить модуль упругости сухожилия.
2. Мышца длиной 5 см и диаметром 4 мм сократилась на 1 мм. Какая при этом была совершена работа? Модуль Юнга для мышечной ткани считать равным  $10^7$  Па.
3. Если скорость УЗ в воде 1500 м/с, то чему равна длина волны (в мм) ультразвука в воде при частоте  $10^7$  Гц?
4. Определите коэффициент отражения ультразвуковой волны на границе раздела мышца – кость. Плотность кости  $2 \text{ г/см}^3$ , мышцы –  $1,2 \text{ г/см}^3$ , скорость распространения акустических волн в кости 4 км/с, в мышце – 1,6 км/с.
5. Определите глубину нахождения инородного тела в мышечной ткани, если при ультразвуковой локализации появление отраженный ультразвуковой импульс появился через 20 мкс. Скорость ультразвука в мышце 1500 м/с.
6. Уровень интенсивности звука от некоторого источника равен 60 дБ. Чему равен суммарный уровень интенсивности звука от десяти таких источников звука при их одновременном действии?
7. Уровень громкости звука частотой 1000 Гц после его прохождения через стену понизился от 80 до 40 фон. Во сколько раз уменьшилась интенсивность звука?
8. В широкой части горизонтальной трубы течет вода со скоростью 50 см/с, плотность воды  $\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3$ . Определить скорость воды в узкой части трубы, если разность давлений в широкой и узкой частях трубы составляет 1,33 кПа.

9. Вода, вязкость которой 1 мПа·с, течет по трубе диаметром 2 см и длиной 62,8 см. Разность давлений на ее концах 48 кПа. Определите объемную скорость течения (в м<sup>3</sup>/с).
10. Рассчитайте скорость пульсовой волны в бедренной артерии. Модуль Юнга для нее примерно равен 10<sup>6</sup> Па, отношение толщины стенки сосуда к его диаметру  $h/d \sim 0,064$ ; плотность крови 1000 кг/м<sup>3</sup>.
11. В капилляре диаметром 2,8 мм, погруженном в воду перпендикулярно ее поверхности, вода поднялась на высоту 1 см. Определите по этим данным коэффициент поверхностного натяжения воды.
12. Пузырек воздуха, попавший в кровеносный сосуд, имеет радиусы кривизны 0,2 мм и 0,6 мм. Определить добавочное давление в пузырьке, препятствующее кровотоку (ответ привести в Па). Коэффициент поверхностного натяжения на границе кровь – воздух равен 0,058 Н/м.
13. Плотность потока вещества через мембрану равна  $6 \cdot 10^{-4}$  М/(см<sup>2</sup>·с) при разности его концентраций на мембране 10<sup>-2</sup> М/л. Чему равен коэффициент диффузии этого вещества, если толщина мембраны равна 8 нм?
14. Чему равна проницаемость клеточной мембраны для некоторого вещества, если при разнице его концентраций на мембране 140 мМ/л плотность потока его через мембрану равна 2,8 мМ/(см<sup>2</sup>·с).
15. Na<sup>+</sup>– K<sup>+</sup> насос в плазматической мембране эритроцита совершил 8 циклов работы. Чему в сумме равно количество ионов натрия и калия, которые при этом были активно транспортированы?
16. Экспериментально установленные соотношения коэффициентов проницаемости мембраны гигантского аксона кальмара в состоянии покоя:  $P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0,04 : 0,45$  и в фазе деполяризации:  $P_K : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 20 : 0,45$ . Во сколько раз изменяется относительная проницаемость мембраны для Na<sup>+</sup>?
17. Концентрация ионов K<sup>+</sup> внутри и снаружи липидной мембраны составляет 10<sup>-3</sup> моль/л и 10<sup>-5</sup> моль/л соответственно. Чему равен равновесный потенциал Нернста (мВ) при  $t = 20^0$  С? ( $R = 8,31$  Дж/ моль× К;  $F = 96500$  Кл/моль).
18. Мембранный потенциал покоя клетки равен 72 мВ, толщина мембраны 8 нм. Чему равна напряженность электрического поля в мембране (В/м)?
19. Скорость записи ЭКГ равна 25мм/с, протяженность интервала RR составляет 20мм. Определите частоту сердечных сокращений (число ударов в минуту).
20. При регистрации ЭКГ амплитуда сигнала калибровки составляет 10 мм, а высота зубца R -9 мм. Определите амплитуду напряжения этого зубца (мВ).
21. Определить величину заряда, проходящего при гальванизации через участок биологической ткани в течении 2 мин, если плотность тока равна 0,1 мА/см<sup>2</sup>, а площадь электрода 25 см<sup>2</sup>.
22. Источник переменного напряжения частоты  $\nu = 1$  кГц замкнут последовательно соединенными активным сопротивлением  $R = 10$  кОм и конденсатором емкости  $C$ . Импеданс цепи  $Z = 20$  кОм. Определить емкость конденсатора.
23. Аппарат «Электросон» даёт импульсы напряжения одной полярности прямоугольной формы с периодом 0,4 сек и скважностью 200. Определить длительность импульса.
24. Для прямоугольных импульсов длительностью 1 и 4 миллисекунд получены, соответственно, следующие пороговые значения тока, вызывающего сокращения мышц: 10 и 4 миллиампер. Найдите по этим данным реобазу и хронаксию.
25. Рассчитайте удельное количество выделяющейся теплоты  $q_M$  при электротомии (рассечении) мышечной ткани, возникающее при прохождении тока плотностью  $j_M = 40$  кА/м<sup>2</sup> через ткань за 1 секунду, если удельное сопротивление мышечной ткани  $\rho_M = 2$  Ом· м.

26. Сопротивление железного проводника при температуре  $0^{\circ}\text{C}$  составляет 3 Ом. Чему равно сопротивление этого проводника при температуре  $100^{\circ}\text{C}$ ? Температурный коэффициент сопротивления железа  $0,006^{\circ}\text{C}^{-1}$ .
27. Термопара с чувствительностью 20 мкВ/град используется в качестве датчика температуры. Температура одного из ее спаев стабилизирована и составляет  $3^{\circ}\text{C}$ . Второй спай находится в полости магистрального кровеносного сосуда. Определите температуру в полости, если регистрирующий цифровой вольтметр показывает разность потенциалов 0,72 мВ?
28. Амплитуда сигнала, подаваемая на вход усилителя, равна 2 мВ. Найти коэффициент усиления  $K$ , если на выходе усилителя амплитуда сигнала равна 0,5 В.
29. Если максимальное значение коэффициента усиления  $K_{\text{max}} = 80$ , то чему он равен на границах полосы пропускания?
30. Динамический диапазон усилителя лежит в интервале от  $U_{\text{вх1}} = 0,1$  мВ до  $U_{\text{вх2}} = 10$  мВ. Можно ли применять его для регистрации энцефаллограммы, электрокардиограммы? Вычислите значение динамического диапазона в децибелах.

Зав.кафедрой медицинской и  
биологической физики



М.В.Гольцев

Рассмотрено и утверждено на заседании кафедры протокол №4 от 26.11.2025г