

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
“Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники”

Кафедра электронной техники и технологии

**МЕДИЦИНСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ  
ФИЗИКА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ**

для студентов специальности  
«Медицинская электроника»  
заочной формы обучения

Минск 2004

УДК 53:571:61 (075.8)  
ББК 28.707.1я73  
М 54

Составители:  
С.К. Дик, А.А. Иванов, Ю.Г. Дегтярев, Т.А. Имшенецкая

**Медицинская** и биологическая физика: Метод. указ. и контр. задания для студ. спец. «Медицинская электроника» заоч. формы обуч. / Сост. С.К. Дик, А.А. Иванов, Ю.Г. Дегтярев, Т.А. Имшенецкая - Мн.: БГУИР, 2004.- 18 с.

Приведены содержание дисциплины «Медицинская и биологическая физика», общие методические указания к ее изучению и варианты контрольной работы.

УДК 53:571:61 (075.8)  
ББК 28.707.1 я73

© Коллектив авторов, составление 2004  
© БГУИР, 2004

## Содержание

1. Предмет дисциплины и цель ее изучения
2. Задачи изучения дисциплины и ее структура
3. Рекомендации по изучению дисциплины
4. Наименование тем, их содержание и объем
5. Рекомендуемая литература
6. Контрольная работа

## **1. ПРЕДМЕТ ДИСЦИПЛИНЫ И ЦЕЛЬ ЕЕ ИЗУЧЕНИЯ**

Предмет дисциплины – медицинская и биологическая физика, изучающая физические и физико-химические процессы в биологических системах на всех уровнях их организации, влияние различных физических факторов на живые организмы, а также прикладные вопросы физики с целью решения медико-химических задач.

Цель изучения дисциплины - обучение практическому применению приобретенных общих знаний медицинской и биологической физики для разработки и эксплуатации медицинской электронной техники.

## **2. ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ЕЕ СТРУКТУРА**

Поставленная цель достигается путем изучения:

- физических и физико-химических процессов в живых организмах, ультраструктуры биологических систем – от субмолекулярного и молекулярного до клетки и целого организма;
- физических методов диагностики заболеваний и исследования медико-биологических систем;
- воздействия физическими факторами на организм с целью лечения;
- физических свойств материалов, используемых в медицине;
- физических свойств медико-биологических систем;
- физических свойств и характеристик окружающей среды;
- комплекса разделов прикладной физики и биофизики применительно к решению медико-технических задач.

В результате изучения дисциплины студенты должны:

- знать общие физические закономерности, лежащие в основе процессов, протекающих в организме; биофизические механизмы воздействия на организм полей, излучений и других физических факторов (лечебных, климатических, производственных);
- уметь использовать законы и физические модели биомеханики, электричества и магнетизма, термодинамики, колебаний и волн, квантовой физики, статистической физики;
- иметь представление о физических основах некоторых методов диагностики заболеваний; классификации, назначении, принципах устройств и практического использования диагностической и лечебной аппаратуры.

Программа дисциплины рассчитана на 32 ч учебных и аудиторных занятий: 12 ч лекций, 16 ч лабораторных и 4 ч практических занятий.

## **3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Дисциплина является системной в медико-биофизической подготовке студентов специальности «Медицинская электроника». Изучение дисциплины основано на использовании знаний, полученных студентами по следующим

дисциплинам: «Физика», «Высшая математика», «Химия», «Основы анатомии и физиологии человека», «Биологическая химия».

Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над специальной литературой по медицинской и биологической физике, патентной информацией, последними достижениями биомедицинской физической науки и техники, отраженными в специализированных журналах, а также использование технических средств обучения и компьютерных технологий при выполнении практических и лабораторных работ.

При выполнении контрольных работ студент дает полный ответ на теоретические вопросы, которые поясняются рисунками, графиками, диаграммами. В ответе на вопрос должны быть отражены физические основы некоторых методов диагностики заболеваний, сущность физических закономерностей, лежащих в основе процессов, протекающих в организме, биофизических механизмов воздействия на организм полей, излучений и других физических факторов (лечебных, климатических, производственных).

При решении задач необходимо приводить расчетные формулы, расшифровывать условные обозначения величин, указывать единицы их измерения. Полученные результаты анализируются с целью получения оптимальных значений.

#### **4. НАИМЕНОВАНИЕ ТЕМ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ**

##### **Введение**

Медицинская и биологическая физика как наука. Основные понятия и определения.

Предмет и задачи дисциплины, ее место в общей системе подготовки инженеров–разработчиков медицинской электронной техники. Структура дисциплины и методологические принципы ее изучения.

Физические измерения в биологии и медицине. Специфика медико-биологических измерений.

Литература:[1, с.4-16].

##### **Тема 1. Биоакустика**

Физические и физиологические характеристики звука. Биофизические механизмы формирования звукового ощущения. Акустические измерения. Отражение и поглощение звуковых волн. Использование звуковых методов в клинике.

Ультразвук. Особенности взаимодействия ультразвуковых волн с биологическими объектами. Терапевтические и хирургические методы ультразвуковых воздействий.

Ультразвуковая диагностика заболеваний. Физические основы конструирования ультразвуковых диагностических систем.

Литература:[1, с.127-147]; [2, с.131-148]; [3, с.6-16].

## **Тема 2. Транспорт веществ через биологические мембраны. Биопотенциалы**

Строение клеточных мембран. Пассивный транспорт веществ через мембраны. Простая и облегченная диффузия. Математическое описание пассивного транспорта. Активный транспорт ионов. Мембранные потенциалы покоя. Возбуждение клетки и генерация потенциала действия, его распространение по нервным волокнам. Биофизика мышечного сокращения.

Литература:[1, с.228-246]; [3, с.139-189].

## **Тема 3. Физические основы гемодинамики**

Основы гемодинамики. Применимость законов гидродинамики идеальной жидкости для описания кровотока. Вязкость крови. Методы определения вязкости крови. Гидравлическое сопротивление в системе кровообращения. Ламинарное и турбулентное течение крови. Роль эластичности кровеносных сосудов в системе кровообращения.

Объемная и линейная скорость кровотока. Распределение давления и скорости крови в сосудистой системе. Методы определения давления и скорости крови. Особенности течения крови по крупным и мелким кровеносным сосудам. Пульсовые волны и методы определения их характеристик. Работа и мощность сердца.

Литература:[1, с.186-195]; [2, с.152-170]; [3, с.17-31].

## **Тема 4. Электрические и магнитные явления в организме, методы их исследования. Электромагнитные воздействия на органы и ткани человека**

Собственные электрические поля тканей и органов. Биофизические основы электрографии. Электрическое поле сердца, электрокардиография. Особенности биоэлектрических сигналов при электрокардиографии, электроэнцефалографии, электромиографии, других электрографических методах исследования.

Физические принципы устройства съема и регистрации медико-биологической информации. Особенности усиления биоэлектрических сигналов.

Прохождение постоянного электрического тока через живую ткань. Гальванизация. Лечебный электрофорез. Прохождение переменного тока через живую ткань. Эквивалентная электрическая схема живой ткани. Импеданс тканей организма. Физические основы реографии.

Воздействие низкочастотных токов на биообъекты. Электростимуляция тканей и органов. Электростимуляция центральной нервной системы, нервно-мышечного и опорно-двигательного аппарата. Электростимуляция сердца.

Воздействие высокочастотных токов и полей на организм. Электрохирургия. Дарсонвализация. Индуктотермия. УВЧ-, МКВ-, ДЦВ-, и КВЧ- терапия.

Магнитное поле, его действие на организм.

Литература:[1, с.251-334]; [2, с.265-414]; [3, с.32-60].

## **Тема 5. Оптика глаза. Оптические методы исследования биологических объектов**

Оптическая система глаза. Оптические характеристики глазных сред. Аккомодация глаза. Недостатки оптической системы глаза и их устранение. Угол зрения. Острота зрения. Чувствительность глаза к свету и цвету. Адаптация. Биофизические основы зрительной рецепции.

Оптическая микроскопия. Увеличение и предел разрешения оптических микроскопов. Специальные приемы микроскопии. Электронная микроскопия. Рефрактометрия и рефрактометры. Волоконная оптика и ее применение в медицине.

Поляризация света. Поляризационные методы исследования биологических объектов. Поляриметрия, метод фотоупругости. Рассеяние света. Нефелометрия.

Литература:[1, с.464-502,]; [2, с.415-528].

## **Тема 6. Элементы квантовой биофизики. Спектральные методы исследования в медицине**

Тепловое излучение тела человека. Термография и тепловидение. Определение поверхностного и глубинного распределения температур в теле человека.

Излучение и поглощение энергии атомами и молекулами. Структура их энергетических уровней. Атомные и молекулярные спектры излучения и поглощения, методы их регистрации.

Основы люминесценции сложных молекул. Собственная и вторичная люминесценция биомолекул. Люминесцентные методы исследования в медицине.

Поглощение света и его законы. Информативность спектров поглощения биологических объектов.

Воздействие лазерного излучения на биологические объекты. Физические основы лазерной терапии и хирургии. Диагностическое применение лазерной системы.

Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). Его использование для идентификации и определения концентрации свободных радикалов в биологических объектах. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР).

Физические основы ЯМР-интроскопии.

Литература:[1, с.464-502, 527-561]; [2, с.415-528, 558-597]; [3, с.61-105].

## **Тема 7. Ионизирующие излучения, основы дозиметрии**

Получение рентгеновского излучения. Принципы устройства рентгеновских трубок и аппаратов. Регулировка жесткости и интенсивности рентгеновского излучения. Первичные механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с биологической тканью. Защита от рентгеновского излучения. Физические основы рентгенодиагностики. Специальные методы рентгенодиагностики

(введение контрастных веществ, флюорография, использование телевизионных систем). Принцип рентгеновской компьютерной томографии.

Взаимодействие альфа-, бета-, гамма- излучений и нейтронов с биологической тканью. Основные биологические эффекты ионизирующих излучений. Принципы защиты от ионизирующих излучений и частиц.

Радионуклидные методы диагностики. Физические основы лучевой терапии.

Радиометрия и дозиметрия внешнего и внутреннего облучения человека ионизирующим излучением.

Литература:[1, с.566-594]; [2, с.598-670]; [3, с.106-138].

### **Перечень практических занятий**

№ п/п.	Тема	Объем в часах
1	Строение биомембран. Трансмембранный транспорт веществ и биопотенциалы	2
2	Ионизирующие излучения. Основы дозиметрии	2

### **Перечень лабораторных работ**

№ п/п.	Тема	Объем в часах
1	Определение спектральной чувствительности уха на пороге слышимости	2
2	Определение вязкости жидкости вискозиметром Оствальда	2
3	Изучение основ электрокардиографии	2
4	Изучение прохождения переменного и постоянного тока через живую ткань. Основы реографии.	2
5	Изучение физических основ электростимуляции	2
6	Воздействие высокочастотных токов и полей на организм. Электрохирургия. Индуктотермия. УВЧ-, МКВ-, ДЦВ- терапия	2
7	Изучение спектра поглощения крови человека	2
8	Поглощение света веществом. Фотоэлектроколориметрия	2

## **5. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная**

1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. М.: Высш. шк., 1996.
2. Ремизов А.Н, Потапенко А.Я. Курс физики. М.: Высш. шк., 2002.
3. Корнеев Ю.А., Коршунов А.П., Погадаев В.И. Медицинская и биологическая физика. М.: Наука, 2001.

### **Дополнительная**

4. Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для втузов. В 5 кн. М.: Аст, 2003.
5. Фпайфеллер Д. Физическая биохимия: Пер. с англ. М.: Мир, 1980.
6. Кромвелл Л., Ардитти М., Вейбел Ф. и др. Медицинская электронная аппаратура для здравоохранения: Пер. с англ. М.: Мир, 1981.
7. Физика визуализации изображений в медицине. Т. 1 и 2 / Под ред. С. Уэбба: Пер. с англ. М.: Наука, 1981.
8. Ярмоненко С.П. и др. Клиническая радиобиология. М.: Наука, 1992.

## **6. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

### **Вариант 1**

1. Ток в жидкостях. Подвижность ионов. Электропроводность электролитов. Гальванизация. Лечебный электрофорез.
2. Какова природа  $\alpha$ - и  $\beta$  - излучений? В чем разница их взаимодействия с веществом?
3. Дайте качественное объяснение процессу формирования мембранного потенциала покоя.
4. Какие причины обуславливают минимальное и максимальное значение тока при электростимуляции?
5. Каковы различия в механизмах действия на биологическую ткань мягких и жестких рентгеновских лучей? Гамма-излучения?
6. Задача. Уровень громкости звука частотой 1000 Гц после его прохождения через стену понизился от 100 до 20 фон. Во сколько раз уменьшилась интенсивность звука?

### **Вариант 2**

1. Тепловое излучение тел. Характеристики излучения (энергетическая светимость, спектральная плотность). Абсолютно черное тело. Законы теплового излучения (Кирхгофа, Стефана–Больцмана, Вина). Термография и тепловидение.

2. Определите, что такое объемная и линейная скорости кровотока. Какова связь между ними?

3. Укажите методы получения линейно поляризованного света.

4. Какой должна быть частота (в герцах) следования импульсов при электростимуляции сердца?

5. Приведите формулу для расчета работы сердца. Каково соотношение составляющих работы сердца по преодолению статического давления крови (статический компонент) и по сообщению крови движения (кинетический компонент) в покое и при интенсивной физической нагрузке?

6. Задача. За сутки активность радиоактивного препарата уменьшалась от 7 до 1,32 мКи. Определить период полураспада радионуклида.

### Вариант 3

1. Вязкость жидкости, методы её определения. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Вязкость крови. Факторы, влияющие на вязкость крови в организме.

2. Укажите различия между флуоресценцией и фосфоресценцией.

3. Укажите причины, по которым радиационное загрязнение среды радиоактивным йодом ( $^{131}\text{I}$ ) обнаруживается намного проще, чем плутонием ( $^{239}\text{Pu}$ ).

4. Чем обусловлена способность глаза различать цвета?

5. Задача. Сколько нужно взять слоев половинного ослабления, чтобы интенсивность рентгеновского излучения определенной длины волны уменьшилась в 64 раза?

6. Задача. Рассчитайте скорость пульсовой волны в бедренной артерии. Модуль Юнга для нее примерно равен  $10^6 \text{ Н/м}^2$ , отношение толщины стенки сосуда к его диаметру  $h/d \sim 0,07$ , плотность крови  $10^3 \text{ кг/м}^3$ .

### Вариант 4

1. Основные характеристики медицинских приборов (чувствительность, полоса частот, динамический диапазон, время реакции, уровень помех) и их связь с параметрами регистрируемых биосигналов.

2. В чем сущность метода дефибрилляции сердца? Укажите примерные значения параметров используемых при этом электрических импульсов.

3. Объясните образование спектров характеристического рентгеновского излучения.

4. Какие факторы определяют естественный радиационный фон? Каково его среднее значение?

5. Задача. Линейная скорость кровотока в аорте составляет примерно 0,4 м/с, в капиллярах - 0,5 мм/с. Оцените соотношение между площадью поперечного сечения аорты и суммарной площадью поперечных сечений капилляров.

6. Задача. Между двумя скрещенными поляризаторами поместили пластинку кварца толщиной 4мм. В результате поворота плоскости поляризации света поле зрения стало максимально светлым. Определите постоянную вращения кварца.

### Вариант 5

1. Электростимуляция тканей и органов. Параметры импульсных сигналов, применяемых для электростимуляции, и их физиологическое обоснование. Закон Дюбуа–Реймона.

2. В чем состоит эффект Доплера и как он используется для определения скорости кровотока?

3. В расчетах по технике электробезопасности сопротивление тела человека принимают равным 1 кОм. Может ли быть смертельным для человека контакт его рук с электродами, между которыми есть напряжение 100 В частотой 50 Гц?

4. Какими частотами и интенсивностями звуковых волн ограничена область слышимости человеческого уха?

5. Задача. Определите концентрацию сахара в моче больного диабетом, если угол поворота плоскости поляризации света составил  $10^\circ$  при длине кюветы 20 см. Удельное вращение сахара для используемого излучения равно  $6,66 \text{ град}\cdot\text{см}^2/\text{г}$ .

6. Задача. Определите число  $\alpha$ -частиц, испускаемых в 1 секунду радием ( $^{226}\text{Ra}$ ), количество которого 1 г. Период полураспада  $5\cdot 10^{10}$  с.

### Вариант 6

1. Первичные механизмы воздействия на организм высокочастотных токов и полей. Тепловые и нетепловые эффекты. Получение высокочастотных электромагнитных колебаний. Терапевтический контур.

2. Каковы методы получения поляризованного света? Объясните их физическую основу.

3. Какой характер имеет течение в гладкой трубе, если ему соответствует число Рейнольдса, равное 2100?

4. Совпадет ли положение максимумов спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного и серого тел, имеющих одинаковую температуру? Обоснуйте ваше утверждение.

5. Задача. Какая часть потока естественного света пройдет через поляризатор и анализатор, если угол между их главными плоскостями составляет  $60^\circ$ ?

6. Задача. Значение напряжения, ускоряющего электроны в электронном микроскопе, равно 50 кВ. Найдите длину волны Де Бройля, соответствующую этому напряжению. Сравните предел разрешения электронного и оптического микроскопов.

### Вариант 7

1. Мембранные потенциалы покоя. Их ионная природа. Уравнения Нернста (вывод) и Гольдмана–Ходжкина–Катца.

2. Укажите достоинства и недостатки основных современных методов получения изображений органов и тканей: ультразвуковых, тепловизионных, рентгеновских, компьютерных и ЯМР-методов.

3. Как связаны между собой объемная скорость кровотока, разность давлений на концах выбранного участка сосудистой системы и гидравлическое сопротивление?

4. Как связаны активность радионуклида в органе и эквивалентная доза внутреннего облучения при однократном поступлении радионуклида в организм?

5. Почему затруднена ультразвуковая диагностика состояния некоторых органов? Каких?

6. Задача. При прохождении света с длиной волны  $\lambda_1$  через слой вещества его интенсивность уменьшается вследствие поглощения в 4 раза. Интенсивность света с длиной волны  $\lambda_2$  по той же причине ослабляется в 3 раза. Найдите толщину слоя вещества и показатель поглощения для света с длиной волны  $\lambda_2$ , если для света с длиной волны  $\lambda_2$  он равен  $\kappa_1 = 0,02 \text{ см}^{-1}$ .

### Вариант 8

1. Поглощение света и его законы. Показатель поглощения, коэффициент пропускания, оптическая плотность. Колориметры и спектрофотометры.

2. Запишите уравнение Вейса–Лапика и покажите, как определить входящие в него константы электровозбудимой ткани, зная хронаксию и реобазу.

3. Объясните необходимость уменьшения переходного сопротивления электрод–кожа при снятии биопотенциалов. Укажите используемые при этом методы.

4. В чем разница между дозиметрами и радиометрами? Каковы основные принципы устройства этих приборов?

5. Задача. Скорость пульсовой волны в аорте равна 5 м/с. Диаметр аорты 1,5 см, толщина ее стенки 0,065 см. Для бедренной артерии скорость пульсовой волны 9 м/с, диаметр 0,4 см, толщина стенки 0,04 см. Плотность вещества сосудов 1,1 г/см<sup>3</sup>. Определить модуль Юнга для этих сосудов. Какой из сосудов является более эластичным и чем это физиологически обусловлено?

### Вариант 9

1. Физические и физиологические характеристики звука. Диаграмма слышимости. Уровень интенсивности и уровень громкости звука, единицы их измерения.

2. Активный транспорт ионов через биомембрану. Виды ионных насосов. Принцип работы натрий-калиевого насоса.

3. В чем сущность гамма-хронографии и гамма-топографии? Сопоставьте диагностическую информацию, получаемую этими методами радионуклидной диагностики.

4. Дайте определение явлению аккомодации глаза. Укажите механизм реализации этого явления. Проиллюстрируйте необходимость аккомодации построением изображения разноудаленных от глаза предметов.

5. Задача. Оцените гидравлическое сопротивление сосуда, если при расходе крови в 0,2 л/мин разность давлений на его концах составляет 3 мм рт.ст.

### Вариант 10

1. Оптическая микроскопия. Ход лучей в микроскопе и его увеличение. Предел разрешения микроскопа. Формула Аббе.

2. Уровень интенсивности звука от некоторого источника равен 60 дБ. Чем равен суммарный уровень интенсивности звука от десяти таких источников при их одновременном действии?

3. Какое уравнение описывает пассивный транспорт электронейтральных частиц через биомембрану?

4. Укажите основные свойства лазерного излучения и объясните их происхождение.

5. Как и почему сопротивление живой ткани зависит от частоты переменного тока? Какое диагностическое значение имеет измерение этой зависимости?

6. Задача. В 10 г ткани поглотилось  $10^9$   $\alpha$ -частиц с энергией по 5 МэВ. Найдите поглощенную и эквивалентную дозы.

### Вариант 11

1. Оптическая система глаза. Аккомодация, угол зрения, острота зрения. Недостатки оптической системы глаза и их устранение с помощью линз.

2. Нарисуйте схему подключения пациента к дифференциальному усилителю при снятии ЭКГ во втором отведении. С чем связано применение дифференциального усилителя в приборах, применяемых для снятия электрограмм?

3. Почему несмотря на малую глубину проникновения в ткань альфа-частиц их воздействие намного более опасно, чем воздействие проникающего гамма-излучения в той же дозе?

4. Для частоты 3 МГц показатель поглощения ультразвука равен  $0,7 \text{ см}^{-1}$ , а для частоты 10 МГц -  $7 \text{ см}^{-1}$ . Какую частоту предпочтительно использовать для ультразвукового исследования щитовидной железы, а какую - для исследования печени? Почему?

5. Задача. Определите границу тормозного рентгеновского излучения при напряжении на трубке 20 кВ.

6. Задача. Предельный угол полного внутреннего отражения для стекла на поверхности стекло-воздух составляет  $45^\circ$ . Определите скорость распространения света в стекле.

### Вариант 12

1. Вынужденное излучение и усиление света. Лазеры. Свойства лазерного излучения.

2. Эквивалентная схема живой ткани. Зависимость импеданса живой ткани от частоты тока. Физические основы реографии.

3. Как обеспечивается передача возбуждения от одного участка нервного волокна к другому?

4. В чем суть законов Стокса и Вавилова для люминесценции?

5. Задача. Скорость пульсовой волны в аорте равна 5 м/с. Диаметр аорты 1,5 см, толщина ее стенки 0,065 см. Для бедренной артерии скорость пульсовой волны 9 м/с, диаметр 0,4 см, толщина стенки 0,04 см. Плотность вещества сосудов  $1,1 \text{ г/см}^3$ . Определить модуль Юнга для этих сосудов. Какой из сосудов является более эластичным и чем это физиологически обусловлено?

### Вариант 13

1. Рентгеновское излучение. Возникновение тормозного рентгеновского излучения, его спектр и коротковолновая граница. Регулировка жесткости и интенсивности рентгеновского излучения.

2. Пульсовые волны, механизм их возникновения. Скорость пульсовой волны. Регистрация пульсовых волн.

3. Возможен ли заметный нагрев участка тела человека при воздействии на него постоянным током? Если да, то оцените количество теплоты, выделяемое в живой ткани в этом случае. Если нет, то объясните почему.

4. Запишите и сопоставьте закон Бугера для случаев только поглощающей среды и среды, где наряду с поглощением происходит рассеяние света.

5. Укажите известные вам виды люминесценции по длительности. Определите основные характеристики люминесценции: длительность, спектр, квантовый выход.

6. Задача. Оцените гидравлическое сопротивление сосуда, если при расходе крови в 0,2 л/мин разность давлений на его концах составляет 3 мм рт.ст.

### Вариант 14

1. Закон ослабления потока рентгеновского излучения веществом. Слой половинного ослабления. Показатель ослабления рентгеновских лучей. Защита от рентгеновского излучения.

2. Используя уравнение Вейса–Лапика, выразите через реобазу и хронаксию минимальный пороговый заряд, который необходимо перенести через мембрану для возбуждения клетки.

3. В чем суть законов Стокса и Вавилова для люминесценции?

4. Как и почему сопротивление живой ткани зависит от частоты переменного тока? Какое диагностическое значение имеет измерение этой зависимости?

5. Какой должна быть частота (в герцах) следования импульсов при электростимуляции сердца?

6. Задача. Определить линейную скорость крови в аорте радиусом 1,5 см, если длительность систолы 0,25 с, ударный объем крови 60 мл. Будет ли ток крови ламинарным, если принять критическое число Рейнольдса 1160?

### Вариант 15

1. Формула Пуазейля. Распределение давления и скорости кровотока по сосудистой системе. Методы определения давления и скорости крови.

2. Распространение потенциала действия по миелиновому нервному волокну.

3. Почему увеличение напряжения между анодом и катодом рентгеновской трубки увеличивает жесткость тормозного излучения?

4. Каковы особенности рассеяния света на мелких и крупных частицах?

5. Объясните, почему ультразвуковые методы широко применяются для диагностики заболеваний сердца, а для диагностики легочных заболеваний их применение затруднено?

6. Задача. Рассчитайте работу сердца за 1 сокращение, считая ударный объем  $V = 60$  мл, давление  $P = 100$  мм рт. ст, плотность крови  $1050 \text{ кг/м}^3$ . Найдите работу сердца за 1 сутки.

### Вариант 16

1. Основной закон радиоактивного распада. Постоянная распада, период полураспада, средняя продолжительность жизни радионуклидов и связь между ними.

2. Электровозбудимость тканей. Уравнение Вейса–Лапика. Реобаза и хронаксия.

3. Какими частотами и интенсивностями звуковых волн ограничена область слышимости человеческого уха?

4. Укажите значение вязкости крови в норме и пределы изменения ее значений при патологических процессах. Качественно сопоставьте вязкость венозной и артериальной крови.

5. Тепловое излучение тела человека, его спектр, длина волны излучения, на которую приходится максимум спектральной плотности. Основы термографии и тепловидения.

6. Задача. Во сколько раз различаются энергетические участки тела человека, имеющие температуру  $32^0 \text{ С}$  и  $32,5^0 \text{ С}$  соответственно? Тело человека считать серым телом.

### Вариант 17

1. Дозиметрия ионизирующего излучения. Экспозиционная и поглощенная дозы. Связь между ними. Мощность экспозиционной и поглощенной дозы. Эквивалентная доза.

2. Почему датчики иначе называются измерительными преобразователями? Чем генераторные и параметрические датчики отличаются друг от друга? Приведите примеры тех и других датчиков.

3. Полоса частот ЭКГ-0,5-400 Гц. Что это за частоты? Ведь частота сердечных сокращений приблизительно равна 1 Гц.

4. Укажите основные ионы, определяющие потенциал покоя мембраны и запишите уравнение стационарного потенциала.

5. Задача. Какая часть потока естественного света пройдет через поляризатор и анализатор, если угол между их главными плоскостями составляет  $45^0$ ?

### Вариант 18

1. Относительная биологическая эффективность ионизирующих излучений. Коэффициент качества. Эквивалентная доза. Эффективная эквивалентная доза. Взвешивающий фактор (коэффициент радиационного риска).

2. Физические основы реографии.

3. На каком участке большого круга кровообращения наблюдается наибольшее падение давления крови? Почему?

4. Назовите известные вам методы определения вязкости жидкости. Сопоставьте их достоинства и недостатки.

5. Каковы методы получения поляризованного света? Объясните их физическую основу.

6. Задача. Человек с нормальной остротой зрения различает 2 точки на поверхности предмета при расстоянии между ними  $L = 0,075$  мм, если предмет расположен на расстоянии наилучшего зрения. Останется ли  $L$  прежним, если тот же предмет поместить на расстоянии 10 м от глаза? Если нет, то каким оно будет?

### Вариант 19

1. Генерация потенциала действия. Его форма и характеристики. Распространение потенциала действия по безмиелиновому нервному волокну.

2. Как и почему сопротивление живой ткани зависит от частоты переменного тока? Какое диагностическое значение имеет измерение этой зависимости?

3. В чем сущность метода дефибрилляции сердца? Укажите примерные значения параметров используемых при этом электрических импульсов.

4. Какие органы наиболее чувствительны к воздействию ионизирующего излучения? Почему?

5. Задача. Уровень громкости звука частотой 1000 Гц после его прохождения через стену понизился от 100 до 20 фон. Во сколько раз уменьшилась интенсивность звука?

6. Задача. Между двумя скрещенными поляризаторами поместили пластинку кварца толщиной 4 мм. В результате поворота плоскости поляризации света поле зрения стало максимально светлым. Определите постоянную вращения кварца.

### Вариант 20

1. Увеличение оптического микроскопа. Предел разрешения оптического микроскопа (формула Аббе). Электронная микроскопия. Принципиальное устройство электронного микроскопа. Предел разрешения электронного микроскопа.

2. Объясните необходимость уменьшения переходного сопротивления электрод–кожа при снятии биопотенциалов. Укажите используемые при этом методы.

3. Приведите примеры радиоактивного распада основных радионуклидов, обуславливающих радиационное заражение после Чернобыльской аварии.

4. Определите, что такое объемная и линейная скорости кровотока. Какова связь между ними?

5. Задача. Звуковой импеданс для мышечной ткани равен  $1,63 \cdot 10^6$  Па·с/м. Определите скорость распространения ультразвука в этой ткани, если ее плотность  $1060$  кг/м<sup>3</sup>.

### Вариант 21

1. Ядерный магнитный резонанс. Химический сдвиг в спектрах ЯМР. Основы ЯМР-томографии.

2. Определите, что такое объемная и линейная скорости кровотока. Какова связь между ними?

3. Какова природа  $\alpha$  - и  $\beta$  - излучений? В чем разница их взаимодействия с веществом?

4. Сколько линий поглощения будет содержать протонный ЯМР-спектр этанола ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ )?

5. Задача. Оптическая плотность раствора равна 2. Определите коэффициент пропускания.

6. Задача. Какова должна быть частотная полоса и динамический диапазон для электрокардиографа? Ответ обоснуйте.

### Вариант 22

1. Электронный парамагнитный резонанс. Области его применения. Парамагнитные метки и зонды.

2. Определите параметры, характеризующие взаимодействие корпускулярного ионизирующего излучения с веществом (линейная плотность ионизации, линейная передача энергии, средний линейный пробег).

3. Задача. Уровень интенсивности звука от некоторого источника равен 50 дБ. Чему равен суммарный уровень интенсивности звука от ста таких источников при их одновременном действии?

4. Назовите виды радиоактивного распада и приведите их примеры. Какую информацию получают из энергетических спектров частиц и гамма-квантов, возникающих при распаде?

5. Для аксона кальмара отношение коэффициентов проницаемости мембраны для ионов  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  может быть:

1)  $P_{\text{K}} : P_{\text{Na}} : P_{\text{Cl}} = 1 : 0,04 : 0,45$ ;

2)  $P_{\text{K}} : P_{\text{Na}} : P_{\text{Cl}} = 1 : 20 : 0,45$ .

При каких состояниях клетки реализуются соотношения 1 и 2 ?

6. Задача. Коэффициент пропускания света раствором равен 10%. Определите его оптическую плотность.

Учебное издание

## МЕДИЦИНСКАЯ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Методические указания и контрольные задания  
для студентов специальности «Медицинская электроника»  
заочной формы обучения

Составители:

**Дик** Сергей Константинович,  
**Иванов** Александр Аркадьевич,  
**Дегтярев** Юрий Григорьевич,  
**Имшенецкая** Татьяна Александровна

Редактор Т.Н. Крюкова  
Корректор Е.Н. Батурчик

---

Подписано в печать 24.05.2004.

Бумага офсетная.

Уч.-изд. л. 0,8.

Печать ризографическая.

Тираж 50 экз.

Формат 60x84/1/16.

Усл. печ. л. 1,28.

Заказ 51.

---

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования

«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Лицензия на осуществление издательской деятельности № 02330/0056964 от 01.04.2004.

Лицензия на осуществление полиграфической деятельности № 02330/0133108 от 30.04.2004.  
220013, Минск, П. Бровки. 6.