

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

**Г. К. Ильич, В. Г. Лещенко**

**ПРОВЕДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ  
И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ  
ПО МЕДИЦИНСКОЙ  
И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ**

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2008

УДК 577.3 (072.8)  
ББК 28.707.1 я73  
И 46

Утверждено научно-методическим советом университета в качестве  
учебно-методического пособия 30.01.2008 г., протокол № 5

Р е ц е н з е н т ы: зав. каф. общей химии Белорусского государственного медицин-  
цинского университета, проф. Е. В. Барковский; декан факультета компьютерного  
проектирования Белорусского государственного университета информатики и радио-  
электроники, доц. С. К. Дик

**Ильич, Г. К.**

И 46 Проведение практических и лабораторных занятий по медицинской и биоло-  
гической физике : учеб.-метод. пособие / Г. К. Ильич, В. Г. Лещенко. – Минск :  
БГМУ, 2008. – 48 с.

ISBN 978–985–462–874–5.

Рассмотрены содержание и методика проведения практических и лабораторных занятий по  
медицинской и биологической физике. Указаны конкретные учебные вопросы, подлежащие рас-  
смотрению, приведен набор заданий для аудиторной работы студентов.

Предназначено для преподавателей медицинской и биологической физики.

УДК 577.3 (072.8)  
ББК 28.707.1 я73

ISBN 978–985–462–874–5

© Оформление. Белорусский государственный  
медицинский университет, 2008

## І семестр

### ЗАНЯТИЕ № 1

#### ТЕМА: ВВЕДЕНИЕ. ЗНАЧЕНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В МЕДИЦИНЕ. ПРОВЕРКА ОСТАТОЧНЫХ ШКОЛЬНЫХ ЗНАНИЙ ПО МАТЕМАТИКЕ. ОСНОВЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

##### Цель:

- 1) ознакомить студентов с правилами и методикой аудиторной работы на кафедре медицинской и биологической физики и самостоятельного изучения предмета;
- 2) проверить остаточные знания студентов по школьному курсу математики;
- 3) добиться усвоения понятия производной функции и ее практического использования для решения задач.

##### Содержание занятия:

**I.** Ознакомиться с составом группы. Рассказать о видах работы на кафедре (практические и лабораторные занятия, самостоятельная работа). Дать список учебной литературы. Рассказать о формах и порядке отчетности (проверка усвоения на лабораторных и практических занятиях, ведение тетрадей практических занятий, коллоквиумы, контрольные работы, зачеты по практическим и лабораторным занятиям, экзамен).

(0,5 часа)

**II.** Изложить основные общие правила техники безопасности при работе в аудиториях и лабораторных практикумах кафедры. Ответить на возможные вопросы студентов.

(0,5 часа)

**III.** Проверить знания студентов по разделу «Функции и графики». По результатам проверки дать задание на внеаудиторную работу.

##### *Примерные вопросы для проверки остаточных знаний:*

1. Построить график функции  $y = ax + b$ , выяснить смысл констант  $a$  и  $b$ .

2. Построить графики функции  $y = ax^2$ ,  $y = ax^2 + c$ ,  $y = ax^3$ .

3. Построить графики функции  $y = a\sin x$ ,  $y = \cos x$ ,  $y = a\cos bx$ .

4. Построить графики функции  $y = a^x$ , где  $a > 1$ ,  $0 < a < 1$ .

Обратить внимание на свойства экспоненциальной функции  $y = e^x$  и отметить ее распространенность при описании биологических процессов.

5. Построить графики функции  $y = \log_a x$  при  $a = 10$  и  $a = e$ . Разобрать свойства логарифмической функции.

(1 час)

IV. В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

1. Производная функции. Ее физический геометрический смысл. Градиенты (градиенты концентрации, температуры, потенциала). Их значение для описания физиологических процессов.

Подчеркнуть, что этот материал, в основном, должен быть известен из курса средней школы. Для проверки знаний следует вызвать студента к доске и задать вопросы по основам дифференциального исчисления. При этом необходимо обратить внимание на графическое дифференцирование.

Возможные примеры для решения студентами у доски:

а) Построить график функции:

$$y = x \text{ при } 0 \leq x \leq 3;$$

$$y = 3 \text{ при } 3 \leq x \leq 6;$$

$$y = 12 - 1,5x \text{ при } 6 \leq x \leq 8.$$

Затем *построить график производной этой функции!*

б) Напомнить основные табличные производные:

$$1) y = x^n; y' = n \cdot x^{n-1}.$$

$$2) y = a^x; y' = a^x \cdot \ln a.$$

$$2a) y = e^x; y' = e^x.$$

$$3) y = \log_a x; y' = \frac{1}{x \cdot \ln a}.$$

$$3a) y = \ln x; y' = \frac{1}{x}.$$

$$4) y = \sin x; y' = \cos x.$$

$$5) y = \cos x; y' = -\sin x.$$

в) Рассмотреть примеры на использование правил дифференцирования разных сочетаний функций:

$$(u + v - z)' = u' + v' - z';$$

$$(u \cdot v)' = u' \cdot v + u \cdot v';$$

$$\left(\frac{u}{v}\right)' = \frac{u' \cdot v - v' \cdot u}{v^2}.$$

г) Рассмотреть правила и примеры дифференцирования сложных функций:

$$y = f(u), u = \varphi(x),$$

$$y'_x = y'_u \cdot u'_x.$$

Примеры из физики:

а) Зависимость пути, проходимого телом, от времени определяется законом  $S = at^3 - bt^2 + ct$ . Найти закон изменения со временем скорости и ускорения.

б) Количество электричества, протекающего через проводник, начиная с момента времени  $t = 0$ , определяется формулой:  $Q = 2t^2 + 3t + 1$ . Найти силу тока в конце пятой секунды.

в) Смещение  $x$  мышечного волокна в ответ на единичный электрический импульс зависит от времени  $t$  по закону:  $x = te^{-t}$ . Найти зависимость скорости смещения волокна от времени.

(0,9 часа)

V. Дать задание на внеаудиторную работу для студентов (задание № 1 по изданному сборнику заданий на самостоятельную работу студентов).

(0,1 часа)

## ЗАНЯТИЕ № 2

### ТЕМА: ЭКСТРЕМУМЫ ФУНКЦИЙ. ДИФФЕРЕНЦИАЛ ФУНКЦИИ, ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ. ЧАСТНЫЕ ПРОИЗВОДНЫЕ И ПОЛНЫЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛ

#### Цель:

- 1) напомнить студентам правила нахождения экстремумов функции одной переменной;
- 2) объяснить смысл дифференциала;
- 3) разобрать понятия частных производных и полного дифференциала и показать практическую значимость этих понятий для решения медико-биологических задач.

#### Содержание занятия:

I. Проверить усвоение материала предыдущего занятия и выполнение домашнего задания. (0,5 часа)

II. В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

1. Экстремумы функций.

Напомнить правила нахождения экстремумов и их обоснование. Решить несколько примеров (взяв из задачника). Решить несколько задач типа:

а) Путь  $S$  (в метрах), проходимый движущимся телом, зависит от времени (в секундах) по закону:

$$S = 5 - 13t + 12t^2 - t^3.$$

Через какое время после начала движения скорость тела достигает максимального значения?

б) Реакция организма на введенное лекарство может выражаться в повышении кровяного давления, уменьшении температуры тела, изменении частоты пульса или других физиологических показателей. Пусть реакции организма на два лекарства как функция времени  $t$  (время выражается в часах) составляют  $r_1(t) = ate^{-t}$  и  $r_2(t) = at^2e^{-t}$ , где  $a$  — постоянный коэффициент, зависящий от вида вводимого лекарства, массы тела пациента, его возраста и др. У какого из лекарств выше максимальная реак-

ция? Какое из лекарств медленнее в своем воздействии? Ответ: у второго максимальная реакция выше и оно действует медленнее.

в) Предположим, что зависимость степени реакции  $y$  организма от величины дозы  $x$  введенного лекарства описывается функцией  $y = f(x) = x^2(a - x)$ , где  $a$  — некоторая постоянная. При каком значении дозы реакция максимальна? Ответ:  $x = 2a/3$  — тот уровень дозы, который дает максимальную реакцию.

(1 час)

## 2. Дифференциал функции.

Дать определение. Пояснить геометрический смысл. Подчеркнуть смысл дифференциала как основной части приращения функции и отсюда его применение в приближенных вычислениях. Решить несколько примеров из задачникков. Решить несколько задач типа:

а) Найти приближенно изменение площади круга радиусом 1 м при увеличении радиуса на 1 см?

б) На сколько приближенно уменьшится площадь квадрата со стороной 10 см, если сторону уменьшить на 0,01 см?

в) Шарообразная клетка радиуса  $r$  непрерывно увеличивается в объеме, не изменяя своей формы. Оценить приближенно изменение объема клетки, если ее радиус увеличивается от  $4 \cdot 10^{-4}$  до  $4,1 \cdot 10^{-4}$  см.

(0,5 часа)

## 3. Частные производные.

Разобрать понятие частных производных. Объяснить их смысл и значение для анализа многопараметрических процессов. Привести примеры таких процессов, в том числе задачи описания состояния организма.

Решить задачи типа:

а) При лечении некоторого заболевания одновременно назначаются два препарата. Реакция  $r$  (выраженная в соответствующих единицах) на  $x$  единиц первого препарата и  $y$  единиц второго выражается зависимостью:

$$r(x, y) = x^2 y^2 (a - x) (b - y).$$

Какое количество  $y$  второго препарата вызывает максимальную реакцию при фиксированном количестве  $x$  первого?

б) Реакция организма  $r(x, t)$  спустя  $t$  часов после приема дозы  $x$  лекарственного препарата описывается зависимостью:  $r(x, t) = x^2(a - x)t^2 e^{-t}$ .

При каком значении дозы  $x$  реакция окажется максимальной? Когда наступит максимальная реакция?

(0,5 часа)

## 4. Полный дифференциал.

Дать определение полного дифференциала и показать значение его для оценки изменения функции при изменении всех определяющих ее переменных. Решить несколько математических примеров типа:

а)  $u = x^2 \sin 2y + \ln x - y^4$ ;  $du = ?$

б)  $u = y \ln x + a \sin y + 2x^4$ ;  $du = ?$

Решить несколько задач типа:

а) Найти приближенно изменение объема цилиндра с радиусом основания 2 м и высотой 1 м, если его радиус уменьшится на 2 см, а высота увеличится на 3 см.

б) На сколько процентов приближенно изменится тепловая мощность, выделяемая в проводнике, если его сопротивление увеличится на 2 %, а сила тока уменьшится на 3 %?

(0,9 часа)

III. Дать задание на внеаудиторную работу для студентов (задание № 2 по изданному сборнику заданий на самостоятельную работу студентов).

(0,1 часа)

### ЗАНЯТИЕ № 3

#### ТЕМА: ОСНОВЫ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

**Цель:** добиться усвоения студентами понятий определенного и неопределенного интеграла и их значения для количественного описания различных процессов.

**Содержание занятия:**

I. Проверить усвоение материала предыдущего занятия и выполнение домашнего задания. (0,5 часа)

II. В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

1. Первообразная функция и неопределенный интеграл. Напомнить определения и смысл понятий.

2. Привести основные табличные интегралы; указать свойства интегралов:

$$d \int f(x) dx = f(x) dx; \quad \int d[f(x)] = f(x) + c;$$
$$\int a \cdot f(x) dx = a \cdot \int f(x) dx; \quad \int (u + v) dx = \int u dx + \int v dx. \quad (0,4 \text{ часа})$$

3. Разобрать приемы интегрирования.

а) Непосредственное интегрирование.

б) Интегрирование подстановкой (заменой переменных). (1 час)

4. Определенный интеграл, его геометрический и физический смысл.

Правила нахождения определенного интеграла.

Решить несколько примеров по задачку А. Н. Ремизова или учебнику Н. Л. Лобочкой. В примерах рассмотреть вычисления площадей фигур, ограниченных линиями, заданными в аналитическом виде. Выбрать те примеры, которые не входят в домашнее задание. (1 час)

III. Дать задание на внеаудиторную работу для студентов (задание № 3 по изданному сборнику заданий на самостоятельную работу студентов). (0,1 часа)

#### ЗАНЯТИЕ № 4

##### ТЕМА: ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

###### Цель:

- 1) добиться усвоения студентами понятий дифференциального уравнения и ознакомить их с простейшими методами решения уравнений;
- 2) на примерах показать применение дифференциальных уравнений для решений медико-биологических задач.

###### Содержание занятия:

I. Проверить усвоение темы предыдущего занятия и внеаудиторную работу студентов. (0,2 часа)

II. В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

1. Определение дифференциального уравнения, его порядка, общего и частного решения.

Решить несколько примеров на проверку того, является ли предлагаемая функция решением данного дифференциального уравнения.

Решить несколько уравнений из задачника методом разделения переменных на нахождение общего и частного решений. Обратит внимание на смысл и значение начальных условий.

(0,8 часа)

2. Разобрать общий алгоритм использования аппарата дифференциальных уравнений: а) составление уравнения, б) решение, в) оценка и анализ результата.

3. Решить несколько задач типа:

а) На материальную точку массой  $m$  действует постоянная сила  $F$ . Составить дифференциальное уравнение движения точки в этом случае и, решив его, установить зависимость скорости и координаты точки от времени.

б) Тело, температура которого  $100\text{ }^\circ\text{C}$  помещено в термостат, в котором поддерживается температура  $0\text{ }^\circ\text{C}$ . Зная, что скорость охлаждения пропорциональна разности температур тела и среды, найти: 1) зависимость изменения температуры тела от времени; 2) за какое время тело охладится до  $10\text{ }^\circ\text{C}$ , если за 10 минут оно охладилось до  $50\text{ }^\circ\text{C}$ . Ответ: 33 мин.

в) На поглощающую среду с показателем поглощения  $k$  падает параллельный пучок света интенсивности  $I_0$ . Считая, что потери интенсивности света в тонком слое вещества толщиной  $dx$  пропорциональны тол-



щине этого слоя, установить зависимость интенсивности  $I$  прошедшего света от полной толщины  $x$  слоя вещества.

г) Полагая, что количество распадов  $dN$  за малое время  $dt$  пропорционально числу  $N$  радиоактивных ядер и этому времени, получить закон радиоактивного распада и решить следующую задачу: за 30 дней распалось 50 % первоначального количества радиоактивного вещества. Через какое количество времени останется 1 % от первоначального количества? (1,95 часа.)

III. Дать задание на внеаудиторную работу для студентов (задание № 4 по изданному сборнику заданий на самостоятельную работу студентов). (0,05 часа)

### ЗАНЯТИЕ № 5

**ТЕМА: ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, РАЗБОР ВОПРОСОВ ПО РАЗДЕЛУ «ЭЛЕМЕНТЫ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ».**

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ПО РАЗДЕЛУ «ЭЛЕМЕНТЫ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ»**

**Цель:**

- 1) разобрать сложные вопросы по всему разделу;
- 2) провести письменную контрольную работу с целью проверки усвоения студентами учебного материала.

**Содержание занятия:**

I. Проверить усвоение темы предыдущего занятия и внеаудиторную работу студентов, разобрать затруднительные вопросы по всему разделу. (1 час)

II. Провести письменную контрольную работу по всему материалу раздела «Элементы высшей математики». (2 часа)

### ЗАНЯТИЕ № 6

**ТЕМА: ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ**

**Цель:** ознакомить студентов с основными понятиями и теоремами теории вероятностей и показать их применение для решения медико-биологических задач.

**Содержание занятия:**

I. Рассмотреть итоги контрольной работы по высшей математике. Обратить внимание на типичные ошибки. (0,5 часа)

II. В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

1. Случайное событие, виды случайных событий: несовместные, независимые, зависимые.

2. Вероятность случайного события: дать определение классической и статистической вероятности. Отметить в каких пределах может изменяться вероятность случайного события. Решить несколько примеров типа:

а) Брошен игральный кубик. Найти вероятность появления четного числа очков при его бросании.

б) Среди 1000 новорожденных оказалось 517 мальчиков. Найти частоту рождения мальчиков.

в) При стрельбе из винтовки вероятность попадания в цель равна 0,85. Найти число попаданий, если произведено 120 выстрелов.

(0,3 часа)

**III. Рассмотреть несовместные события и теорему сложения вероятностей;** рассмотреть понятие **полной системы** событий; решить примеры типа:

а) В денежно-вещевой лотерее на каждые 10 000 билетов разыгрывается 150 вещевых и 50 денежных выигрышей. Чему равна вероятность денежного или вещевого выигрыша для владельца одного лотерейного билета?

б) На клумбе растут 20 красных, 30 синих и 40 белых астр. Какова вероятность сорвать в темноте окрашенную астру? Ответ:  $5/9$ .

в) На гранях кубиков написаны цифры от 1 до 6. Какова вероятность, что при выбрасывании двух кубиков, выпавшая наверху сумма будет не меньше 10 (и сумма  $< 10$ )?

Решение.  $P_{10} = 3/36$ ,  $P_{11} = 2/36$ ,  $P_{12} = 1/36$ .  $P_{10} + P_{11} + P_{12} = 1/6$ .

(0,4 часа)

**IV. Рассмотреть независимые события и теорему умножения вероятностей** для независимых событий. Решить примеры типа:

а) В семье трое детей. Считая рождение мальчика и девочки равновероятными событиями, найти вероятность того, что в семье все мальчики. (Ответ:  $1/8$ .)

б) Медицинская сестра обслуживает в палате четырех больных. Вероятность того, что в течение часа первый больной попросит внимание сестры  $P(A) = 0,2$ ; второй больной —  $P(B) = 0,3$ ; третий больной —  $P(C) = 0,25$ ; четвертый больной —  $P(D) = 0,1$ . Найти вероятность того, что в течение часа все больные потребуют к себе внимания сестры.

(0,4 часа)

**V. Рассмотреть зависимые события, условную и безусловную вероятности и теорему умножения вероятностей** для зависимых событий на примерах типа:

а) В урне 5 белых и 4 черных шаров. Из нее извлекают подряд 2 шара. Найти вероятность того, что оба шара белые, если шары обратно не возвращаются. (Ответ: 5/18.)

б) Студент пришел на экзамен, зная лишь 40 из 60 вопросов программы. В билете 3 вопроса. Найти вероятность  $P$  того, что студент ответит на все три вопроса билета.

Решение. 
$$P = 40/60 \cdot 39/59 \cdot 38/58 = \frac{59280}{205320} \approx 0,29.$$

(0,4 часа)

**VI. Рассмотреть формулу Байеса** для нахождения условной вероятности случайного события. Показать на примерах ее применимость к биомедицинским задачам. Решить несколько задач типа:

а) Установлено, что в среднем один из 700 детей мужского пола рождается с лишней Y-хромосомой и что у таких детей крайне агрессивное поведение встречается в 20 раз чаще. У наблюдаемого мальчика крайне агрессивное поведение. Опираясь на приведенные выше данные, определить вероятность того, что ребенок имеет лишнюю Y-хромосому. Ответ: 0,028.

б) Краснуха может оказаться причиной серьезных врожденных пороков развития у детей, если мать заболела ею на ранних стадиях беременности. Вероятность пороков оценивается как 45; 20 и 5 %, если заболевание происходит, соответственно, на 1-, 2- и 3-м месяцах беременности. Предположим, что вероятность заболеть краснухой одна и та же на любом месяце беременности и что ребенок рождается с серьезными пороками по причине краснухи. Какова вероятность того, что мать заболела краснухой на 1-м месяце беременности? Ответ: 9/14  $\approx$  0,64.

(0,9 часа)

**VII. Подвести итоги занятия.** Дать задание на внеаудиторную работу.

(0,1 часа)

## ЗАНЯТИЕ № 7

**ТЕМА: ДИСКРЕТНЫЕ И НЕПРЕРЫВНЫЕ СЛУЧАЙНЫЕ ВЕЛИЧИНЫ, ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ. ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ**

**Цель:** ознакомить студентов с основными видами случайных величин, параметрами распределения и методами их вычисления.

**Содержание занятия:**

**I.** Проверить результаты внеаудиторной работы студентов. (0,5 часа)

**II.** В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

1. Случайные величины, дискретные и непрерывные. Подчеркнуть разницу в понятиях «случайное событие» и «случайная величина». Привести примеры.

2. Рассмотреть распределение дискретной случайной величины и его параметры (математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратичное отклонение, мода, медиана). Привести примеры и решить задачи из задачника Ремизова.

(1 час)

3. Распределение непрерывной случайной величины. Рассмотреть функцию плотности распределения вероятностей случайной величины и ее свойства (условие нормировки, вероятность попадания случайной величины в заданный интервал). Нахождение параметров распределения непрерывной случайной величины — математического ожидания, дисперсии, среднеквадратичного отклонения, моды, медианы. (0,5 часа)

4. Нормальный закон распределения непрерывной случайной величины и его свойства. Подчеркнуть, что это распределение полностью определяется двумя числовыми параметрами: математическим ожиданием  $a$  и среднеквадратичным отклонением  $\sigma$  (дисперсией). Правило  $3\sigma$ . Медико-биологические примеры (распределение эритроцитов по размерам, частота пульса у однородной группы испытуемых и др.). Решить примеры по задачнику Ремизова и по пособию Инсаровой, Лещенко. (0,9 часа)

III. Подвести итоги занятия. Дать задание на внеаудиторную работу.

(0,1 часа)

## ЗАНЯТИЕ № 8

**ТЕМА: ОСНОВЫ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ.**

**ГЕНЕРАЛЬНАЯ И ВЫБОРОЧНАЯ СОВОКУПНОСТИ.**

**СПОСОБЫ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ВЫБОРКИ, ЕЕ ГРАФИЧЕСКИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАЛЬНОЙ СОВОКУПНОСТИ ПО ПАРАМЕТРАМ ВЫБОРКИ.**

**ТЕОРИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЙ — КАК ЧАСТНЫЙ СЛУЧАЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ.**

**ОСНОВЫ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА**

**Цель:**

1) добиться усвоения студентами основных приемов работы с выборочной совокупностью и оценкой на их основе параметров генеральной совокупности;

2) дать классификацию погрешностей измерений. Обучить студентов применению рассмотренных ранее элементов теории вероятностей и статистики для оценки случайных погрешностей измерений;

3) ознакомить студентов с основами корреляционного анализа и по данным о весе и росте студентов в группе научить рассчитывать коэффициент корреляции.

### **Содержание занятия:**

**I.** Проверить результаты внеаудиторной работы студентов. (0,2 часа)

**II.** В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

1. Основные понятия математической статистики. Понятия генеральной совокупности и выборки в медико-биологических исследованиях. Простой статистический ряд. Вариационный (ранжированный) ряд, его графическое изображение (полигон частот). Интервальное представление статистического распределения. Порядок его составления на основании простого ряда и построение гистограммы распределения. (0,5 часа)

2. Связь параметров выборки и параметров генеральной совокупности.

Доверительная оценка параметров генеральной совокупности: доверительная вероятность, доверительный интервал, коэффициенты Стьюдента. Понятие «нормы» для медицинских показателей. (0,3 часа)

3. Дать студентам задание на статистическую обработку медицинских данных по имеющимся на кафедре материалам. (1 час)

4. Классификация погрешностей измерений: абсолютные и относительные, систематические и случайные, погрешности косвенных измерений:

а) Учет и оценка систематических погрешностей. Классы точности приборов.

б) Порядок нахождения случайных погрешностей прямых и косвенных измерений. Основные этапы: получение результатов отдельных измерений; вычисление среднего значения; вычисление среднего квадратичного отклонения; по выбранной доверительной вероятности и количеству измерений установление коэффициента Стьюдента и полуширины доверительного интервала; вычисление относительной погрешности измерений; окончательное оформление результата измерений.

(0,5 часа)

**III.** Корреляционная связь между случайными величинами. Корреляционное поле. Уравнение регрессии для линейной корреляции. Коэффициент корреляции и последовательность действий по его вычислению. Анализ полученного результата. (0,4 часа)

**IV.** Дать студентам задание на установление корреляции между ростом и массой студентов в группе. Для этого опросным порядком составить таблицу веса и роста студентов. По этим данным предложить студентам (внеаудиторно) рассчитать коэффициент корреляции между массой и ростом и оценить полученный результат. Подвести итоги занятия.

(0,1 часа)

**Занятия № 9, 10, 11 посвящены работе по разделу «Информатика» и выполняются в соответствии с дополнительными методическими материалами.**

### **ЗАНЯТИЕ № 12**

**ТЕМА: ЭЛЕМЕНТЫ БИОМЕХАНИКИ (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ КОСТИ ПО ИЗГИБУ»)**

**Цель:** ознакомить студентов с основными понятиями и законами теории деформаций, особенностями механических свойств биотканей.

#### **Содержание занятия:**

**I.** Проверить результаты внеаудиторной работы студентов. (0,2 часа)

**II.** В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

1. Деформация твердого тела. Основные виды деформаций твердых тел (растяжение–сжатие, изгиб, кручение). Упругая и пластическая деформации.

2. Сила упругости и механическое напряжение. Закон Гука для различных видов деформации. Коэффициент жесткости и модуль упругости. Связь между ними. Физический смысл модуля упругости. Подчеркнуть, что модуль упругости зависит только от свойств материала объекта, а коэффициент жесткости еще и от его геометрических параметров.

3. Диаграмма растяжения, пределы пропорциональности, упругости, текучести, прочности.

4. Особенности механических свойств биотканей: анизотропия, релаксация напряжения, ползучесть, гистерезис.

5. Механические свойства костной ткани и мягких биотканей.

6. Решить несколько задач из пособия Н. И. Инсаровой и В. Г. Лещенко «Элементы биомеханики».

(1,5 часа)

#### **III.** Экспериментальная часть работы.

Разъяснить студентам методику определения модуля упругости кости в данной лабораторной работе. Пояснить, как измерять штангенциркулем размеры образца кости при консольном закреплении в штативе, как пользоваться индикатором малых перемещений. Дать указания по оформлению протокола лабораторной работы. Проконтролировать работу студентов.

Рассчитать **систематическую ошибку** измерения, пользуясь формулой полного дифференциала и зная систематические ошибки используемых измерительных приборов.

(1,2 часа)

IV. Подвести итоги занятия. Дать задание на внеаудиторную работу.

(0,1 часа)

### Занятие № 13

#### Тема: Биоакустика (семинар)

##### Цель:

1. добиться усвоения студентами основных понятий акустики, механизмов формирования слухового ощущения, принципов акустических измерений;
2. ознакомить студентов с физической основой акустических методов исследования, применяемых в клинике.

##### Содержание занятия:

В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

##### I. Основные положения теории колебательных процессов:

1. Колебания, примеры колебательных процессов в организме. Гармонические колебания, дифференциальное уравнение, его решение и анализ.
2. Затухающие колебания, связь между логарифмическим декрементом затухания, коэффициентом затухания и периодом. Зависимость амплитуды и частоты затухающих колебаний от коэффициента затухания.
3. Вынужденные колебания, резонанс, примеры резонансных явлений в организме.
4. Энергия гармонического колебания, ее зависимость от амплитуды и частоты колебаний.
5. Сложение гармонических колебаний с одинаковыми частотами (можно ограничиться качественными представлениями). Дать формулу для результирующей амплитуды:

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

и проанализировать ее при  $\Delta\varphi = 0; \pi$ .

6. Сложение гармонических колебаний с разными частотами (можно ограничиться графическим сложением и качественными представлениями). Подчеркнуть, что результирующее колебание будет не гармоническим, а более сложным.

7. Разложение сложных колебаний в гармонический спектр, теорема Фурье. Построить гармонический спектр сложного колебания, отметить его линейчатый характер, указать его *частотный* спектр (основной тон,

обертон) и *амплитудный* диапазон. Разобрать применение гармонического анализа для обработки диагностических данных. Привести примеры анализа ЭКГ, пульсовых волн и пр.

(1 час)

## II. Механические волны, их виды и характеристики.

1. Распространение колебаний в упругой среде, скорость распространения, длина волны. Уравнение волны, энергетические характеристики волны (поток энергии, интенсивность, объемная плотность энергии, вектор Умова).

2. Виды механических волн (продольные и поперечные). Скорость распространения механических волн в различных средах.

3. Рассмотреть отражение механических волн. Ввести понятие волнового импеданса среды  $Z = \rho \cdot v$ . Дать выражение для коэффициента отражения через волновой импеданс. Рассчитать коэффициенты отражения для границ воздух–вода и вода–кость.

4. Рассмотреть закон поглощения механических волн в среде. Подчеркнуть, что показатель поглощения, как правило, возрастает с увеличением частоты волны.

(1 час)

## III. Ультразвук, его свойства и медицинское применение.

1. Природа и получение ультразвука (обратный пьезоэффект и магнитострикция).

2. Рассмотреть особенности ультразвука:

– малая длина волны  $\lambda$  и поэтому — возможность фокусировки на малую площадку ( $d_{\min} \approx \lambda$ ) и создание узких ( $\approx \lambda$ ) УЗ-пучков;

– высокая интенсивность волны при малой амплитуде (за счет большой частоты  $\nu$ ):  $I = 2\pi^2 \rho A^2 \nu^2$ .

3. Принципы ультразвуковой диагностики. Режимы (А, В и М). Ультразвуковая томография.

4. Терапевтическое применение ультразвука. Первичные механизмы взаимодействия ультразвука с биологической тканью. Лекарственный фонофорез.

5. Применение ультразвука в хирургии.

(1 час)



## ЗАНЯТИЕ № 14

### ТЕМА: ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ УХА НА ПОРОГЕ СЛЫШИМОСТИ (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА)

**Цель:** дать студентам представление о принципах и методах аудиометрии, научить их выполнять простейшие акустические измерения.

#### **Содержание работы:**

**I.** Сформулировать цель занятия и план его проведения. Проверить усвоение студентами раздела «Звук и его характеристики»:

1. Звук как частный случай механических волн. Природа и классификация звуков (тоны, шумы, звуковые удары). Физические характеристики звука (интенсивность, частота, спектральный состав) и их связь с физиологическими характеристиками (громкость, высота тона, тембр).

2. Диаграмма слышимости. Порог слышимости и порог болевого ощущения. Область слышимости и область речи.

3. Закон Вебера–Фехнера как общий закон рецепции, отражающий связь между величиной физического воздействия и степенью развития ощущения.

4. Уровни интенсивности звука и единицы их измерения. Шкала децибел.

5. Уровни громкости звука. Связь между уровнем интенсивности и уровнем громкости звука. Единицы измерения громкости. Решить несколько задач на связь интенсивности звука, уровня интенсивности и громкости.

6. Звуковые измерения в клинике. Аудиометрия, фонография.

(1,5 часа)

**II.** Продемонстрировать клинический аудиометр и провести измерения аудиограммы на одном из студентов-добровольцев.

Объяснить методику выполнения лабораторной работы. На одной из установок провести показательные измерения порога слышимости для одной–двух частот.

(0,4 часа)

**III.** Проконтролировать выполнение студентами измерений. (1 час)

Дать указания по оформлению протокола лабораторной работы. Подвести итоги занятия.

(0,1 часа)

## ЗАНЯТИЕ № 15

### ТЕМА: ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ЖИДКОСТИ (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ СПИРТОВЫХ РАСТВОРОВ»)

#### Цель:

- 1) ознакомить студентов с основными молекулярными явлениями в жидкости и их биологическими проявлениями;
- 2) измерить коэффициент поверхностного натяжения спиртовых растворов;
- 3) закрепить рассмотренную ранее методику определения случайных погрешностей.

#### Содержание работы:

**I.** Сформулировать цель занятия и план его проведения.

Проверяя подготовку студентов, рассмотреть вопросы:

1. Взаимодействие молекул жидкости. Добавочная энергия поверхностного слоя жидкости, силы поверхностного натяжения, коэффициент поверхностного натяжения, единицы его измерения.
2. Возникновение молекулярного давления под поверхностью жидкости. Добавочное давление под изогнутой поверхностью жидкости. Формула Лапласа.
3. Явления смачивания и не смачивания. Капиллярные явления. Примеры и решение задач.
4. Роль поверхностного натяжения сурфактанта легких в процессе дыхания.
5. Газовая эмболия, условия ее возникновения.
6. Методы определения коэффициента поверхностного натяжения (отрыва капель, отрыва кольца, максимального давления в пузырьке — метод Ребиндера). (1,5 часа)

**II.** Экспериментальная часть работы.

Продемонстрировать студентам установку для определения поверхностного натяжения, разъяснить её устройство и методику измерений. Разъяснить порядок оформления результатов работы, особо остановившись на учете случайных погрешностей измерений. Лично провести одно–два демонстрационных измерения. Проконтролировать самостоятельную работу студентов. (1 час)

**III.** Определение случайных погрешностей косвенных измерений. Рассмотреть конкретный пример по расчету коэффициента поверхностного натяжения и напомнить последовательность действий по определению погрешностей косвенных измерений и окончательному оформлению результата. (0,4 часа)

IV. Подвести итоги занятия. Дать задание на внеаудиторную работу.  
(0,1 часа)

## ЗАНЯТИЕ № 16

### ТЕМА: ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕМОДИНАМИКИ (СЕМИНАР)

#### Цель:

1) добиться усвоения студентами основных понятий и законов гидродинамики и их использования для количественного описания реальных гемодинамических процессов в организме;

2) ознакомить студентов с физическими принципами исследования системы кровообращения.

#### Содержание занятия:

В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

##### I. Основные понятия и законы движения идеальной жидкости:

1. Линии тока и трубки тока. Ламинарное и турбулентное течение. Объемная и линейная скорости движения жидкости. Условие неразрывности струи, его формулировка в физиологии кровообращения. Решить задачи на связь линейной и объёмной скорости крови в реальных кровеносных сосудах.

2. Уравнение Бернулли как закон сохранения энергии, примененный к движущейся идеальной жидкости. Статическое, динамическое и весовое (гидростатическое) давления.

3. Следствия из уравнения Бернулли. Определение скорости движения жидкости или газа с помощью трубки Пито. Всасывающее действие струи. Рассмотреть развитие аневризмы, коллапс сосуда и др. Решить задачи.

##### II. Течение вязкой жидкости:

1. Формула Ньютона для силы трения в движущейся жидкости. Градиент скорости (скорость сдвига). Вязкость жидкости и единицы её измерения. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.

2. Вязкость воды и крови. Кровь как неньютоновская жидкость. Факторы, влияющие на вязкость движущейся в организме крови. Зависимость вязкости крови от градиента скорости, от гематокрита. Вязкость венозной и артериальной крови.

3. Основной закон течения вязкой жидкости — формула Пуазейля. Аналогия между законами гидродинамики и цепи электрического тока. Гидравлическое сопротивление. Формула Гагена–Пуазейля.

##### 4. Методы определения вязкости жидкости:

- метод Стокса. Определение скорости осаждения эритроцитов (СОЭ);
- капиллярные методы;

– ротационные методы, позволяющие определять вязкость жидкостей при различных значениях градиента скорости.

5. Условия перехода ламинарного течения жидкости в турбулентное. Число Рейнольдса и его критическое значение. Условия проявления турбулентностей в системе кровообращения: большой или очень малый (пережатый) диаметр кровеносного сосуда, большая линейная скорость крови из-за интенсивной физической нагрузки, аномально сниженная вязкость крови при некоторых патологиях.

### III. Некоторые вопросы гемодинамики:

1. Пульсовая волна как волна давления, распространяющаяся по эластичным кровеносным сосудам в системе кровообращения. Изменение соотношения между эластином и коллагеном в сосудистых стенках по мере увеличения расстояния от сердца, изменение упругих свойств сосудистой стенки.

2. Скорость распространения пульсовой волны, её зависимость от механических свойств и величины просвета сосуда.

Приблизительные значения скорости распространения пульсовой волны в аорте, артериях мышечного типа и в венах. Сравнить эти значения с величиной линейной скорости крови.

3. Трансмуральное давление крови. Систолическое, диастолическое и среднее давление. Гидростатическое (весовое) давление. Распределение давления и скорости крови в сосудистой системе. Обсудить, почему наибольшее падение давления крови в большом круге кровообращения наблюдается на артериальном участке.

4. Прямые и косвенные методы определения давления крови. Метод Короткова–Ривароччи, его приборные модификации.

5. Методы определения скорости движения крови. Обратить основное внимание на доплеровские методы, упомянуть об электромагнитных методах.

6. Работа и мощность сердца. Расчет работы сердца за одно сокращение и за сутки. Соотношение составляющих работы сердца по преодолению статического давления крови (статический компонент) и по сообщению крови движения (кинетический компонент) в покое. Характер и причины изменения этого соотношения при физической нагрузке.

(3 часа)

## ЗАНЯТИЕ № 17

### ТЕМА: ТЕЧЕНИЕ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ (ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ ВИСКОЗИМЕТРОМ ОСТВАЛЬДА»)

**Цель:** закрепить материал предыдущего семинарского занятия и экспериментально определить вязкость глицеринового раствора.

**Содержание занятия:**

**I.** Проверить подготовку студентов по материалам предыдущего занятия и выполнение домашнего задания.

Повторить методы определения вязкости жидкости вообще. Решить несколько задач по теме занятия.

Подробно разобрать методику определения вязкости жидкости методом Оствальда и расчет случайной ошибки.

(1 час)

**II.** Экспериментальная часть работы.

Провести демонстрационное измерение вязкости на одной из установок. Проконтролировать выполнение студентами экспериментальных измерений. При обсуждении результатов подчеркнуть, что измеренная вязкость *растворов* глицерина намного меньше табличных данных по вязкости *чистого* глицерина.

Дать указания по оформлению протокола лабораторной работы, обратив особое внимание на методику расчета погрешностей измерений, окончательное представление результатов и выводы.

(2 часа)

## ЗАНЯТИЕ № 18

### ТЕМА: ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ ЧЕРЕЗ БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕМБРАНЫ. БИОПОТЕНЦИАЛЫ (СЕМИНАР)

**Цель:** добиться усвоения студентами сущности и биологического значения мембранных процессов.

**Содержание занятия:**

В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

**I.** Физические вопросы строения биологических мембран:

1. Основные структурные элементы биологических мембран. Липиды, их амфифильность и виды организации в водной среде (мицеллы, везикулы, липидный бислой). Интегральные и периферические белки, их роль.

2. Виды движений мембранных структур (латеральная диффузия, флип-флоп, вращательная диффузия).

**II.** Транспорт веществ через клеточные мембраны:

1. Пассивный транспорт веществ и его виды.
2. Простая диффузия путем растворения веществ в липидном бислое.

Правила Овертона.

3. Диффузия через мембранные каналы (поры). Основные свойства мембранных каналов (селективность для конкретных молекул или ионов, воротный механизм). Потенциалзависимые и лигандные ворота.

Облегченная диффузия:

- с помощью подвижного переносчика;
- эстафетный перенос.

Сравнение скоростей переноса при простой и облегченной диффузии. Насыщение транспорта при облегченной диффузии.

4. Математическое описание пассивного транспорта. Электрохимический потенциал среды. Градиент электрохимического потенциала как причина, обуславливающая пассивный транспорт. Уравнения Теорелла, Нернста–Планка, Фика для плотности потока диффузии, область их применения. Понятия коэффициента диффузии и проницаемости клеточных мембран.

5. Активный транспорт и его виды. Механизм активного транспорта на примере натрий-калиевого насоса. Роль вязкости клеточных мембран в активном транспорте и мембранных процессах вообще.

### III. Мембранные биопотенциалы покоя:

1. Качественное объяснение возникновения мембранных потенциалов из-за неравенства ионных концентраций (на примере ионов калия) и ограниченной проницаемости некоторых ионов.

2. Вывод выражения для равновесных потенциалов Нернста. Анализ полученной формулы Нернста.

3. Выражение для мембранного потенциала покоя, учитывающее в его формировании транспорт ионов калия, натрия и хлора (уравнение Гольдмана–Ходжкина–Катца). Расчет напряженности электрического поля, действующего на клеточную мембрану.

4. Отметить, что стационарный отрицательный потенциал клеточной мембраны непосредственно уравнивает градиенты концентрации ионов калия и хлора на мембране, а градиент натрия поддерживается только благодаря закрытию натриевых каналов в мембране при потенциале покоя.

IV. Закономерности возбуждения тканей, генерация потенциал действия.

1. Виды возбудимых тканей. Указать, что различные действующие на клетку факторы приводят к изменению мембранного потенциала клетки, к гиперполяризации или деполяризации мембраны. Отметить, что возбуждение клетки происходит только при *деполяризации* мембраны до *критического потенциала* возбуждения.

2. Качественное описание процесса генерации потенциала действия. Процессы в клетке при ее возбуждении, фазы деполяризации клеточной мембраны (открытие натриевых каналов и вход натрия в клетку, закрытие Na-каналов) и ее реполяризации (выход калия из клетки), график потенциала действия.

Характеристики потенциала действия, его амплитуда, длительность фаз деполяризации и реполяризации для различных клеток.

3. Абсолютный и относительный рефрактерные периоды. Физиологическое значение различий в рефрактерности различных клеток (на примере клеток, входящих в состав нервной ткани и в ткани миокарда).

4. Роль натрий-калиевого насоса в поддержании градиентов концентраций натрия и калия после генерации потенциала действия.

V. Распространение по аксонам потенциала действия:

1. Распространение потенциала действия по безмиелиновым аксонам, небольшая скорость распространения как недостатки этих аксонов.

2. Структура аксонов, покрытых миелином. Перехваты Ранвье. Сальтаторный механизм распространения потенциала действия в миелинизированных аксонах, высокая скорость распространения нервного импульса.

(3 часа)

## II семестр

### ЗАНЯТИЕ № 19

#### ТЕМА: ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ИЛИ ДАТЧИКИ (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА)

**Цель:** ознакомить студентов с общими принципами устройства медицинских датчиков, изучить устройство термоэлектрических датчиков, выполнить их градуировку и определить чувствительность при выполнении лабораторной работы.

#### **Содержание работы:**

**I.** Сформулировать цель и план занятия. Выяснить вопросы, которые возникают у студентов. (0,1 часа)

**II.** В форме семинара, выясняя подготовку студентов, разобрать следующие вопросы:

1. Что такое измерительные преобразователи? Почему медицинскую информацию о параметрах жизнедеятельности удобно представлять в виде электрических сигналов? (Удобство съема, усиления, регистрации, компьютерной обработки). Дать классификацию датчиков и их основные характеристики.

2. Разобрать принципы устройства датчиков давления (на пьезоэффекте).

3. Рассмотреть зависимость сопротивления металлов от температуры (формулы и графики).

4. Разобрать строение полупроводников, собственную и примесную проводимость, зависимость сопротивления полупроводников от температуры.

Сравнить чувствительность и линейность резистивных температурных датчиков на металлах и полупроводниках.

5. Разобрать причины возникновения контактной разности потенциалов, получить соответствующую формулу по аналогии с уравнением Нернста для равновесного потенциала. Рассмотреть устройство термопары, зависимость термо-ЭДС от температуры, прямой и обратный термоэлектрический эффект.

6. Сравнить возможности и области медицинского применения различных методов измерения температуры. Показать возможности применения датчиков в системах контроля за параметрами жизнедеятельности (например, в устройствах слежения за частотой и глубиной дыхания).

(1,5 часа)

**III.** Экспериментальная часть работы.



1. Объяснить студентам устройство и назначение приборов, входящих в состав установки, правила их использования и обеспечение электробезопасности. Продемонстрировать порядок измерений и оформления результатов.

2. Проконтролировать ход выполнения лабораторной работы. (1,2 часа)

IV. Подвести итоги работы. Дать задание на следующую неделю в соответствии с графиком работ. (0,2 часа)

## **ЗАНЯТИЕ № 20**

### **ТЕМА: ПРОХОЖДЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ЧЕРЕЗ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ТКАНИ. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕОГРАФИИ (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА)**

#### **Цель:**

1) рассмотреть механизмы электропроводности биологических тканей для постоянного и переменного тока;

2) ознакомиться со свойствами электродной цепи, принципами реографии, аппаратом гальванизации, реографом (при его наличии), фотоплетизмографом;

3) экспериментально получить и проанализировать зависимость импеданса живой ткани от частоты электрического тока.

#### **Содержание работы:**

I. Сформулировать цель занятия и план его проведения. Выяснить, какие вопросы возникли у студентов при подготовке к занятию. (0,1 часа)

II. В форме семинарского занятия, проверяя подготовку студентов, рассмотреть следующие вопросы:

1. Электропроводимость биологических тканей для постоянного тока, закон Ома в дифференциальной форме.

Проанализировать зависимость удельной электропроводности электролитов от подвижности и заряда ионов, концентрации вещества, константы диссоциации. Указать роль макроструктурной поляризации ткани, возникновение внутритканевого поляризационного тока. Указать и объяснить предельно допустимые значения плотности постоянного тока при воздействии на живую ткань.

2. Гальванизация и лечебный электрофорез. Разъяснить сущность гальванизации как физического дозированного воздействия постоянным электрическим током. Подчеркнуть, что хотя бы из-за процессов электролиза плотность постоянного тока при всех воздействиях на живую биологическую ткань должна быть ограниченной и не превышать значение

0,1 мА/см<sup>2</sup>. Поэтому тепловой эффект в живой биологической ткани в соответствии с законом Джоуля–Ленца при гальванизации крайне мал. Подчеркнуть, что при лекарственном электрофорезе постоянный электрический ток выполняет не только транспортную функцию, но и влияет на фармакокинетику.

3. Разобрать понятие импеданса для цепи переменного тока с омической, емкостной, индуктивной и смешанной нагрузкой.

4. Сопротивление биологических тканей переменному току. Подчеркнуть, что импеданс биологической ткани определяется сопротивлением тканевых электролитов (активная составляющая) и сопротивлением клеточных мембран и других биодиэлектриков (емкостная составляющая). Рассмотреть эквивалентную схему живой ткани и зависимость ее импеданса от частоты. Обсудить понятие жизнестойкости ткани.

5. Физические основы реографии. Указать, что реография дает информацию о состоянии сосудистой системы. Эта информация извлекается из регистрации изменяющегося одновременно с кровенаполнением импеданса определенного органа или его участка. Пояснить, почему при реографических исследованиях применяется переменное напряжение частотой 30–150 кГц. Объяснить принцип фотоплетизмографии и продемонстрировать работу фотоплетизмографа (при его наличии).

6. Рассмотреть эквивалентную схему электродной цепи при регистрации биопотенциалов. Рассмотреть переходное сопротивление и методы его снижения. Электродный потенциал, требования к электродам для медицинских исследований.

(1,6 часа)

### **III. Экспериментальная часть работы.**

Объяснить назначение приборов, входящих в установку для измерения частотной зависимости импеданса биологической ткани. Объяснить порядок измерений и выполнить демонстрационные измерения на одной–двух частотах. Особое внимание обратить на соблюдение правил техники безопасности.

Ознакомить студентов с аппаратом гальванизации. Измерить сопротивление участка живой ткани постоянному току.

Разъяснить порядок оформления результатов лабораторной работы.

(1,2 часа)

**IV.** Подвести итоги занятия, разъяснить задание на следующую неделю.

(0,1 часа)

### **Дополнительные вопросы:**

1. Почему площадь электродов для регистрации ЭЭГ должна быть меньше, чем при регистрации ЭКГ?

2. Почему при регистрации биопотенциалов недопустимо применение электродов из разных металлов?
3. Почему сопротивление живой ткани уменьшается с увеличением частоты тока?
4. Почему при воздействии на живую ткань постоянным током его плотность не должна превышать  $0,1 \text{ мА/см}^2$ .
5. Можно ли достичь в живой ткани заметного теплового эффекта при воздействии на нее постоянным током? Если да — то объясните как, если нет — почему?
6. Чем отличаются гальванизация от лечебного электрофореза? Почему различается действие одинаковых лекарств, вводимых с помощью лечебного электрофореза и подкожной инъекции?
7. Сравните диагностические данные, получаемые при электрокардиографии и реографии.
8. За счет какой составляющей (омической или ёмкостной) в основном изменяется импеданс ткани при изменении ее кровенаполнения? Почему?
9. Чем обусловлено применение тока частотой 30–150 кГц при реографии?
10. Почему при реографических исследованиях синхронно с реограммой регистрируют ЭКГ?
11. Какой физиологический показатель отражает дифференцированная реограмма?
12. Каким образом при реографических исследованиях получают данные о среднем уровне кровенаполнения участка ткани между электродами?
13. Как изменяется импеданс живой ткани при переходе от систолы к диастоле? Почему?

## **ЗАНЯТИЕ № 21**

### **ТЕМА: ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА)**

#### **Цель:**

- 1) изучить параметры импульсных сигналов, применяемых для электростимуляции и установить их физиологическое значение при электростимуляции;
- 2) научить студентов определять на осциллографе параметры импульсных сигналов;

3) ознакомить студентов с устройством и методикой использования клинических электростимуляторов.

### **Содержание занятия:**

**I.** Сформулировать цель и план занятия. Ответить на вопросы студентов. (0,1 часа)

**II.** В форме семинарского занятия, проверяя подготовку студентов, рассмотреть следующие вопросы:

1. Параметры токовых импульсных сигналов прямоугольной и произвольной формы (амплитуда, длительность, период и частота следования, длительность импульса, длительность паузы, скважность, длительность фронта и длительность спада импульса). Пояснить, чем обусловлены при электростимуляции минимальные и максимальные значения амплитуды импульсов (порог возбуждения и порог неотпускающего тока).

2. Разобрать значения частот, на которых возможна электростимуляция (от самых низких до предельного значения, определяемого рефрактерностью ткани).

3. Разобрать зависимость раздражающего действия тока от формы импульса (закон Дюбуа–Реймона). Объяснить эту зависимость, исходя из адаптационных свойств биологической ткани.

4. Разобрать для прямоугольных импульсов связь порога возбуждения и длительности возбуждающего импульса (уравнение Вейса–Лапика). Рассмотреть график электровозбудимости ткани, на котором пояснить понятия реобазы и хронаксии. Определить смысл констант возбудимой ткани, входящих в уравнение Вейса–Лапика и их связь с реобазой и хронаксией.

5. Привести примеры клинического применения электростимуляторов. Разобрать параметры импульсных сигналов при электростимуляции сердца (частота следования, форма импульса, длительность, амплитуда), пояснив, какими физиологическими причинами обусловлены их значения. Пояснить принципы асинхронной и кардиосинхронизированной электростимуляции сердца.

6. Разобрать физический принцип и параметры воздействия при дефибрилляции сердца.

(0,9 часа)

### **III.** Экспериментальная часть работы.

1. Проверить усвоение студентами правил техники безопасности и знание устройства электронного осциллографа. При необходимости дать соответствующие пояснения.

2. Студентам получить на экране осциллографа изображение импульсных сигналов от мультивибратора. Научить студентов выполнять элементарные измерения с помощью осциллографа. Измерить длительность импульса, период и частоту следования импульсов. Продемонстри-

ровать прохождение электрического сигнала через дифференцирующую и интегрирующую цепочки.

3. Продемонстрировать применение некоторых клинических аппаратов электростимуляции («Амплипульс-4», «Электросон» и др.). Показать вид выходных сигналов этих аппаратов на осциллографе, измерить их частоту следования. Провести на нескольких студентах-добровольцах электростимуляцию участка предплечья в различных режимах работы аппарата «Амплипульс-4», объяснить разницу между этими режимами. (1,8 часа)

IV. Подвести итоги занятия, дать указания по оформлению протокола лабораторной работы, разъяснить задание на следующую неделю. (0,2 часа)

## ЗАНЯТИЕ № 22

### ТЕМА: ВОЗДЕЙСТВИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ТОКОВ И ПОЛЕЙ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ТКАНИ. ВЫСОКОЧАСТОТНАЯ ЭЛЕКТРОМЕДИЦИНСКАЯ АППАРАТУРА (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА)

#### Цель:

- 1) добиться усвоения студентами классификации частотных диапазонов электромагнитных колебаний, выработать представление о механизмах их воздействия на биологические ткани;
- 2) ознакомить студентов с физическими основами конкретных физиотерапевтических методик высокочастотных воздействий и принципами устройства соответствующей аппаратуры.

#### Содержание занятия:

I. Сформулировать цель занятия и план его проведения. Выяснить, какие вопросы возникли у студентов при подготовке к занятию. (0,2 часа)

II. В форме семинарского занятия, проверяя подготовку студентов, рассмотреть следующие вопросы:

1. Классификация частотных диапазонов электромагнитных колебаний (НЧ, ВЧ, УВЧ, СВЧ, КВЧ).
2. Из сравнения механизмов действия на живую ткань постоянного, низкочастотного переменного тока и высокочастотных токов и полей показать, что значительный тепловой эффект в биологической ткани может быть достигнут только в последнем случае. Определить параметры тканей и характеристики внешнего воздействия, определяющие тепловые эффекты при высокочастотных воздействиях.

3. Подробно разобрать тепловые эффекты при высокочастотной электротерапии и указать на возможность селективного прогрева тканей с различными электрическими свойствами:

- при диатермии, а также разрушение тканей при электрохирургии;
- индуктотермии;
- УВЧ-терапии;
- МКВ-терапии.

Обратить внимание на способы подведения воздействия к пациенту.

4. Кратко разобрать нетепловые эффекты при высокочастотных воздействиях (местной дарсонвализацией, импульсной УВЧ-терапией, КВЧ-терапией). Указать, что их биологическая роль возрастает с увеличением частоты воздействия.

5. Напомнить из школьного курса принципы получения электромагнитных колебаний, устройство колебательного контура, формулу Томсона для собственной частоты колебаний в контуре.

Разобрать назначение технического и терапевтического контуров в медицинской аппаратуре. Продемонстрировать на аппарате УВЧ-терапии настройку контуров в резонанс.

Продемонстрировать соответствующую аппаратуру.

(2 часа)

### **III. Экспериментальная часть**

Используя аппарат УВЧ-терапии, изучить:

- зависимость температуры электролита и диэлектрика от времени прогрева;
- зависимость напряженности электромагнитного поля в терапевтическом контуре от настройки частоты терапевтического контура;
- проанализировать результат. Подвести итоги занятия. (0,8 часа)

## **ЗАНЯТИЕ № 23**

**ТЕМА: ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОГРАФИИ ОРГАНОВ И ТКАНЕЙ  
(СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА). ПИСЬМЕННАЯ КОНТРОЛЬНАЯ  
РАБОТА ПО МАТЕРИАЛУ ПРЕДЫДУЩИХ ЗАНЯТИЙ II СЕМЕСТРА**

### **Цель:**

- 1) ознакомить студентов:
  - с общими физическими принципами и задачами электрографических исследований;
  - моделированием электрических явлений в сердце — эквивалентным электрическим генератором;

– устройством электрокардиографа, провести регистрацию ЭКГ в 3 стандартных отведениях;

2) научить студентов определять амплитуду зубцов и длительность интервалов ЭКГ.

### **Содержание занятия:**

**I.** Сформулировать цели и план занятия, ответить на вопросы студентов. Дать определение термину «Электрография», привести примеры электрографических исследований. (0,1 часа)

**II.** В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

1. Рассмотреть электрические мембранные потенциалы покоя и возбуждения клетки (напомнить материалы занятий I семестра), рассмотреть формирование электрических полей органов и тканей, дипольное приближение.

2. Рассмотреть свойства диполя и его поля (с выводом формулы).

3. Рассмотреть связь между характеристиками дипольного момента и разностью потенциалов в выбранном отведении. Подчеркнуть, что для полного определения вектора дипольного момента необходимо зарегистрировать напряжения в нескольких отведениях, расположенных на одинаковых расстояниях от центра диполя.

4. Эквивалентный электрический генератор сердца, треугольник Эйнтховена, стандартные отведения, закон Эйнтховена. Указать, что назначение этой модели — введение стандарта обследований, возможность интерпретации результатов. Разъяснить механизм образования зубцов ЭКГ. Упомянуть о токовых диполях.

5. Усиленные униполярные отведения от конечностей, грудные отведения, необходимость их регистрации.

6. Блок-схема электрокардиографа, назначение электрода на правой ноге.

7. Анализ ЭКГ (определение амплитуды зубцов, длительности интервалов, ЧСС).

(0,9 часа)

### **Дополнительные вопросы:**

1. Каковы отличия потенциалов действия, генерируемых клетками проводящей системы сердца и нервными клетками? В чем заключается физиологическое обоснование этих различий?

2. С какой целью перед началом регистрации ЭКГ записывается калибровочный сигнал?

3. Почему при регистрации ЭКГ обязательно используют электрод на правой ноге, хотя в формировании ЭКГ сигнала в любых отведениях он формально не участвует?

4. Почему в многопараметрических системах контроля состояния человека для информации о работе сердца выбирают сигнал ЭКГ во втором отведении?

5. Оказалось, что в первом отведении сигнал ЭКГ записывается без помех, а в третьем отведении наблюдается мощная помеха. Каковы Ваши первые действия по устранению этой помехи?

6. Сравните характер информации о сердечной деятельности, получаемой методами: а) ультразвуковой диагностики в различных режимах; б) фонокардиографии; в) магнитокардиографии; г) рентгеноскопии; д) электрокардиографии.

### **III. Экспериментальная часть работы.**

1. При подготовке к съему ЭКГ научить студентов правильно накладывать электроды, выполнять правила техники безопасности, выполнять калибровку и работать с электрокардиографом. Продемонстрировать регистрацию ЭКГ на одном из студентов-добровольцев, под внимательным контролем преподавателя, дать возможность самостоятельно выполнить эту регистрацию в двух–трех случаях. Для каждого студента записать по 2 кардиоцикла в I, II, III стандартных отведениях.

2. Дать указания студентам по оформлению лабораторной работы.

(1 час)

**IV. Выполнение письменной контрольной работы.**

(1 час)

## **ЗАНЯТИЕ № 24**

### **ТЕМА: УСИЛЕНИЕ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА)**

#### **Цель:**

1) объяснить студентам особенности биоэлектрических сигналов (малая амплитуда, низкая частота, слабая помехозащищенность) и обосновать необходимость их усиления;

2) ознакомить студентов с принципами усиления электрических сигналов, требованиями к усилителям при электрографических исследованиях;

3) научить экспериментально определять частотную и амплитудную характеристики усилителя.

#### **Содержание работы:**

**I.** Сформулировать цели и план занятия, ответить на вопросы студентов, возникшие при подготовке к занятиям. (0,1 часа)

**II.** В форме семинарского занятия, определяя уровень внеаудиторной подготовки студентов, рассмотреть следующие вопросы:



1. Параметры биоэлектрических сигналов в наиболее распространенных электрографических исследованиях. Необходимость усиления биоэлектрических сигналов для их регистрации и обработки диагностической информации.

2. Принцип усиления электрических сигналов, требования к усилению биопотенциалов. Коэффициент усиления.

3. Напомнить теорему Фурье для периодических процессов и применить ее для иллюстрации необходимости усиления различных гармонических составляющих сложного сигнала с одинаковым коэффициентом усиления (идеальный усилитель).

4. Частотная характеристика идеального и реального усилителя. Ввести понятие полосы пропускания усилителя и указать ее значение в конкретных электрографических исследованиях.

5. Амплитудная характеристика идеального и реального усилителя. Динамический диапазон усилителя. Значения этого параметра при регистрации ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ.

6. Дифференциальный усилитель, необходимость его применения при регистрации биопотенциалов. Свойства этого усилителя и особенности его подключения к пациенту (на примере ЭКГ).

(1,5 часа)

### **III. Экспериментальная часть работы.**

1. Объяснить студентам устройство и назначение приборов, входящих в состав установки, правила их использования и обеспечение электробезопасности. Разъяснить порядок оформления результатов.

2. Проконтролировать ход выполнения измерений и правильность оформления результатов.

(1,2 часа)

**IV. Подвести итоги работы. Дать задание на следующую неделю в соответствии с графиком работ.**

(0,2 часа)

## **ЗАНЯТИЕ № 25**

### **ТЕМА: МИКРОСКОПИЯ (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ РАЗМЕРОВ МАЛЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА»)**

#### **Цель:**

- 1) изучить устройство оптического микроскопа;
- 2) добиться твердого усвоения студентами понятий: увеличение оптического микроскопа, его разрешающая способность, предел разрешения;

3) научить студентов определять размеры микроскопируемого объекта;

4) ознакомить студентов с физическими принципами и возможностями электронной и атомно-силовой микроскопии.

### **Содержание занятия:**

**I.** Сформулировать цели и план занятия, ответить на вопросы студентов, возникшие при подготовке к занятиям, проверить решение задач.

(0,2 часа)

**II.** В форме семинарского занятия разобрать следующие вопросы:

1. Лупа как простейший прибор, дающий мнимое прямое увеличенное изображение объекта. Увеличение лупы. Показать, почему увеличение лупы не может быть большим.

2. Построение хода лучей в оптическом микроскопе. Увеличение микроскопа, его зависимость от фокусных расстояний объектива и окуляра.

3. Предел разрешения оптического микроскопа. Проанализировать формулу Аббе. Полезное увеличение оптического микроскопа

4. Специальные приемы микроскопии: микропроекция, микрофотография, ультрамикроскопия (метод темного поля), поляризационная и люминесцентная микроскопия).

5. Волновые свойства электрона, длина волны де Бройля. Дифракция электронов. Принципы устройства электронного микроскопа. Предельное увеличение электронного микроскопа и его регулировка.

6. Физические принципы зондовой сканирующей и атомно-силовой микроскопии. Демонстрация на компьютерах возможностей этого вида микроскопии.

(1,8 часа)

**III.** Экспериментальная часть работы.

1. Научить студентов определять цену деления окулярной шкалы микроскопа, используя тест-объекты (возможно, камеру Горяева).

2. Измерить размеры эритроцитов и структур волоса (на гистологических препаратах).

(0,9 часа)

**IV.** Подвести итоги занятия, разъяснить задание на следующую неделю.

(0,1 часа)

## ЗАНЯТИЕ № 26

### ТЕМА: ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ОПТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ПОЛЯРИМЕТРОМ»)

**Цель:** добиться усвоения студентами представлений о естественном и поляризованном свете, оптической активности веществ, дать представление о поляриметрических методах исследования и соответствующих приборах.

#### Содержание занятия:

**I.** Сформулировать цели и план занятия, ответить на вопросы студентов, возникшие при подготовке к занятиям, проверить решение задач.

(0,2 часа)

**II.** В процессе опроса студентов обсудить следующие вопросы:

1. Электромагнитные волны, уравнение электромагнитной волны, свойства электромагнитных волн, скорость их распространения, показатель преломления.

2. Графическое изображение электромагнитной волны и определение поляризации волны.

3. Виды поляризации: линейная, круговая и эллиптическая. Естественный свет и частично поляризованный свет, степень поляризации.

4. Методы получения поляризованного света. Изменение поляризации света при отражении от поверхности диэлектрика. Полная поляризация при отражении, закон Брюстера. Демонстрация поляризации света при отражении.

5. Оптически анизотропные среды. Оптические свойства одноосных кристаллов. Двойное лучепреломление, качественное объяснение и демонстрация этого явления. Поляризационные призмы.

6. Явление дихроизма поглощения. Поляроиды.

7. Прохождение света через поляризатор и анализатор. Закон Малюса. Решение задач на эту тему.

8. Оптически активные вещества. Вращение плоскости поляризации. Зависимость угла поворота плоскости поляризации от свойств и концентрации исследуемых растворов. Удельное вращение плоскости поляризации, единица его измерения. Поляриметрия как метод определения концентраций растворов оптически активных веществ. Спектрополяриметрия как метод физико-химического исследования вещества, основанный на определении зависимости удельного вращения плоскости поляризации от длины волны падающего света.

(1,5 часа)

**III.** Экспериментальная часть работы.

1. Ознакомить студентов с устройством поляриметров и правилами работы с ними. Обратит внимание на использование нониуса при снятии отчетов по шкале поляриметров.

2. Студентам провести измерение удельного вращения плоскости поляризации раствором сахара известной концентрации.

3. Определить неизвестную концентрацию двух растворов сахара. (1,2 часа)

IV. Подвести итоги занятия, разъяснить задание на следующую неделю. (0,1 часа)

## **ЗАНЯТИЕ № 27**

### **ТЕМА: ПРЕЛОМЛЕНИЕ СВЕТА, РЕФРАКТОМЕТРИЯ, ЭНДОСКОПИЯ (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА)**

#### **Цель:**

1) ознакомить студентов с устройством рефрактометров, научить определять концентрацию веществ с помощью рефрактометра;

2) добиться усвоения студентами принципов устройства современных эндоскопов.

#### **Содержание занятия:**

I. Сформулировать цели и план занятия, ответить на вопросы студентов, возникшие при подготовке к занятиям, проверить решение задач. (0,2 часа)

II. В форме семинарского занятия, проверяя внеаудиторную работу студентов, разобрать следующие вопросы:

1. Показатель преломления, его физический смысл. Дисперсия света. Законы преломления света. Падение света из более плотной на менее плотную среду. Максимальный угол преломления. Принципиальное устройство рефрактометра.

2. Зависимость показателя преломления раствора от концентрации растворенного вещества. Возможности и области применения рефрактометрии в лабораторных исследованиях.

3. Полное внутреннее отражение. Предельный угол полного внутреннего отражения. Основы волоконной оптики, принципы передачи изображения по оптическим волокнам.

4. Эндоскопия. Классификация эндоскопов в соответствии с областями их применения. Принципиальные оптические элементы линзовых эндоскопов и эндоскопов на волоконной оптике.

(1 час)

III. Экспериментальная часть работы.

1. Продемонстрировать студентам рефрактометры различных типов и правила работы с ними.

2. Получить зависимость показателя преломления от концентрации для растворов сахарозы. Данные представить графически. Из обработки результатов установить для данного случая связь показателя преломления раствора и концентрации вещества в виде формулы.

(1 час)

3. Демонстрация видеофильмов и проспектов по эндоскопии.

(0,7 часа)

IV. Подвести итоги занятия, разъяснить задание на следующую неделю.

(0,1 часа)

### ЗАНЯТИЕ № 28

#### ТЕМА: ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА. ОСНОВЫ КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРОВ ФОТОЭЛЕКТРОКОЛОРИМЕТРОМ»)

**Цель:** добиться усвоения студентами законов поглощения света, основ колориметрического и спектрального абсорбционного анализа.

#### **Содержание занятия:**

I. Сформулировать цели и план занятия, ответить на вопросы студентов, возникшие при подготовке к занятиям, проверить решение задач.

(0,3 часа)

II. В процессе опроса студентов по материалу внеаудиторной подготовки обсудить следующие вопросы:

1. Вывод закона Бугера. Подчеркнуть, что подобные экспоненциальные зависимости характерны для количественного описания многочисленных медико-биологических процессов (накопление и выведение веществ, радиоактивный распад и др.). Показатель поглощения, его зависимость от свойств вещества и длины волны света (спектр поглощения). Подчеркнуть, что закон Бугера может быть записан через экспоненту или через показательную функцию с основанием 10.

2. Закон Бугера–Ламберта–Бера, удобство его применения для исследования растворов.

3. Коэффициент пропускания и оптическая плотность вещества. Связь между ними, зависимость от концентрации раствора. Подчеркнуть, что коэффициент пропускания легко определяется экспериментально, оптическая плотность раствора прямо пропорциональна его концентрации и показателю поглощения, а ее зависимость от длины волны есть спектр поглощения вещества. Решить несколько задач на рассматриваемую тему.

4. Фотоколориметры. Принципиальная оптическая схема однолучевого фотоэлектроколориметра и назначение ее отдельных элементов. Методика колориметрических измерений (назначение кюветы с растворителем, выбор светофильтра и др.). Упомянуть о других приборах для колориметрического анализа (двухлучевые схемы, использование микропроцессоров и др.).

5. Основы спектрофотометрии. Подчеркнуть разницу задач и возможностей колориметрии и спектрофотометрии. Дать представление об устройстве и применении спектрофотометров.

(1,5 часа)

### III. Экспериментальная часть работы.

1. Продемонстрировать студентам устройство колориметра, объяснить назначение отдельных его элементов и продемонстрировать порядок проведения измерений оптической плотности.

2. Студентам выполнить измерения коэффициента пропускания и оптической плотности наиболее плотного раствора на разных длинах волн видимого диапазона. Построить соответствующие графики. Определить, при каком светофильтре оптическая плотность раствора максимальна.

3. На этом светофильтре определить зависимость оптической плотности  $D$  растворов от концентрации  $C$  (используя растворы известной концентрации). Построить график зависимости  $D(C)$ , из которого определить неизвестную концентрацию раствора по его измеренной оптической плотности.

4. По результатам измерений найти среднее значение удельного показателя поглощения данных растворов и затем вычислить концентрацию неизвестного раствора аналитически. Сравнить результаты пп. 3 и 4.

(1 час)

IV. Подвести итоги занятия, разъяснить задание на следующую неделю.

(0,2 часа)

## ЗАНЯТИЕ № 29

### ТЕМА: СПЕКТРАЛЬНЫЙ И ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗ (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ПОЛУЧЕНИЕ СПЕКТРА ПОГЛОЩЕНИЯ КРОВИ»)

#### Цель:

1) добиться усвоения студентами закономерностей образования спектров излучения и поглощения атомов и молекул; принципов эмиссионного и абсорбционного спектрального анализа, его применения в медицине;

2) разобрать явление люминесценции и применение люминесцентных методов исследования.

### **Содержание занятия:**

**I.** Сформулировать цели и план занятия, ответить на вопросы студентов, возникшие при подготовке к занятиям. (0,3 часа)

**II.** В процессе опроса студентов по материалу внеаудиторной подготовки обсудить следующие вопросы:

1. Постулаты Бора и зависимость энергии атома водорода от главного квантового числа.

2. Образование спектров испускания и поглощения атома водорода. Вывести общее выражение, определяющее частоты излучения в спектре атома водорода. Построить диаграмму энергетических состояний атома водорода. Пояснить возникновение линейчатых спектров атомов и спектральных серий в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной области спектра.

3. Электронные, колебательные и вращательные уровни энергии молекулы. Диаграмма энергетических состояний молекулы. Образование молекулярных спектров поглощения и испускания. Обратит внимание на несовпадение полос поглощения и испускания молекул. Закон Стокса. Виды молекулярных спектров, применение инфракрасной спектроскопии молекул в медицинских исследованиях.

4. Люминесценция, механизм ее возникновения, классификация по длительности и способам возбуждения, спектр, квантовый выход. Законы Вавилова и Стокса. Метод флуоресцентных меток и зондов. Примеры медицинского применения люминесцентных методов исследования.

5. Дисперсия и дифракция света (кратко напомнить сущность этих явлений и указать на их использование в спектральных приборах). Спектральные приборы (спектроскопы, спектрографы, монохроматоры), их принципиальное устройство, назначение и возможности.

6. Эмиссионный и абсорбционный анализ. Их принципы, приборная реализация и медицинское применение.

(1,6 часа)

### **III.** Экспериментальная часть работы.

1. Объяснить студентам назначение, устройство и принципы работы экспериментальных установок и их отдельных элементов. Особое внимание уделить правилам техники безопасности, если для градуировки монохроматоров применяются ртутные лампы.

2. Используя ртутную лампу (источник линейчатого спектра), провести градуировку монохроматоров и построить градуировочные кривые.

3. Используя лампу накаливания (источник сплошного спектра) и помещая между ней и входной щелью монохроматора кювету с кровью,

получить спектр поглощения крови и определить длины волн, соответствующие полосам поглощения крови.

4. Дать указания по оформлению протокола лабораторной работы.

(1 час)

IV. Подвести итоги занятия, разъяснить задание на следующую неделю.

(0,1 часа)

### **ЗАНЯТИЕ № 30**

#### **ТЕМА: ВЫНУЖДЕННОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ.**

#### **ЛАЗЕРЫ (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ ВОЛНЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ»)**

**Цель:** добиться усвоения студентами принципов работы лазеров и свойств лазерного излучения, обеспечивающих медицинское применение лазеров.

#### **Содержание занятия:**

I. Сформулировать цели и план занятия, ответить на вопросы студентов, возникшие при подготовке к занятиям. (0,3 часа)

II. В процессе опроса студентов по материалу внеаудиторной подготовки обсудить следующие вопросы:

1. Двухуровневая квантовая система и процессы поглощения, спонтанного и вынужденного излучения. Рассмотреть сравнительные характеристики вынужденного и спонтанного излучения.

2. Инверсная заселенность энергетических уровней, возможность усиления света. Активные среды, методы их получения. Рассмотреть 3- и 4-уровневые квантовые системы, указать канал накачки и рабочий (усиливающий) канал.

3. Лазеры. Основные элементы лазерных устройств. Рассмотреть роль резонатора, обеспечивающего многократный пробег кванта по активной среде и высокую направленность лазерного излучения.

4. Классификация лазеров по режиму работы, длине волны излучения, мощности. Указать особенности использования различных активных сред и систем накачки.

5. Основные свойства лазерного излучения. Разобрать, чем обусловлены высокая монохроматичность и высокая спектральная плотность энергетической светимости, когерентность и направленность лазерного излучения.

6. Рассмотреть меры безопасности при эксплуатации лазерной техники.



7. Применение лазеров в хирургии, терапии, диагностике и др. Продемонстрировать соответствующие слайды и видеofilмы.

8. Основы голографии. Демонстрация голограмм.

(2 часа)

### **III. Экспериментальная часть работы.**

Напомнить студентам закономерности дифракции света. Продемонстрировать дифракцию лазерного излучения на дифракционной решетке. Измерить расстояние между решеткой и экраном, а также между дифракционными максимумами. Используя формулу дифракционной решетки рассчитать длину волны лазерного излучения.

(0,5 часа)

**IV.** Подвести итоги занятия, разъяснить задание на следующую неделю.

(0,2 часа)

## **ЗАНЯТИЕ № 31**

### **ТЕМА: ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ТЕЛ. ТЕПЛОВИДЕНИЕ И ТЕРМОГРАФИЯ (СЕМИНАР)**

#### **Цель:**

1) добиться усвоения студентами законов теплового излучения и умения применять эти законы для описания процессов теплообмена организма с окружающей средой;

2) ознакомить студентов с принципами тепловидения и термографии.

#### **Содержание занятия:**

**I.** Сформулировать цели и план занятия, ответить на вопросы студентов, возникшие при подготовке к занятиям, проверить решение задач.

(0,3 часа)

**II.** В процессе опроса студентов по материалу внеаудиторной подготовки обсудить следующие вопросы:

1. Характеристики теплового излучения (энергия, поток энергии, энергетическая светимость, спектральная плотность энергетической светимости, спектр, коэффициент поглощения).

2. Абсолютно черное тело как удобная модель для изучения законов теплового излучения. Серые тела. Сравнение спектров излучения абсолютно черных, серых и произвольных тел.

3. Закон Кирхгофа в упрощенном виде (если тело больше излучает, то оно больше и поглощает) и в строгой формулировке.

4. Закон Стефана–Больцмана. Подчеркнуть, что фигурирующая в этом законе энергетическая светимость определяется энергией, заключенной во всех областях спектра теплового излучения (ультрафиолетовой, видимой, радиочастотной и т. д.). Показать, как закон Стефана–Больц-

мана применяется для расчета теплоотдачи организма за счет излучения. Решить несколько задач на эту тему. Указать механизмы передачи тепла: теплопроводность, конвекция, испарение, излучение.

5. Закон Вина. Показать возможность экспериментального установления закона Вина. Рассмотреть спектры теплового излучения при нескольких температурах. Подчеркнуть, что в этих спектрах не только в соответствии с законом Вина с повышением температуры максимум спектральной плотности энергетической светимости смещается в коротковолновую область, но и количество излучаемой энергии возрастает на всех длинах волн (спектральные кривые при разных температурах не пересекаются). Рассчитать длину волны, на которую приходится максимум излучательной способности тела человека. Решить несколько задач на эту тему.

6. Формула Планка как аналитическое обобщение законов теплового излучения. Гипотеза о квантовой природе света как необходимая посылка для получения формулы Планка. Практическое значение формулы Планка для любых задач, связанных с тепловым излучением. Получение законов Вина и Стефана–Больцмана из формулы Планка.

7. Излучение Солнца, спектр солнечного излучения, солнечная постоянная.

8. Тепловое излучение человека, его спектр, энергетическая светимость в различных условиях, преобладающие длины волн в спектральном составе излучения.

9. Принципы тепловидения и термографии. Связь между относительным изменением температуры участков тела и относительным изменением излучательной способности. Принципиальные элементы тепловизора. Достоинства и недостатки термографии как диагностического метода.

(2 часа)

III. Компьютерная демонстрация термограмм, полученных в клинике для различных заболеваний. (0,5 часа)

IV. Подвести итоги занятия, разъяснить задание на следующую неделю. (0,2 часа)

## ЗАНЯТИЕ № 32

### ТЕМА: ИТОГОВОЕ ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛУ «ОПТИКА»

#### Содержание занятия:

I. В процессе опроса студентов по материалу внеаудиторной подготовки обсудить следующие вопросы:

A. Оптика глаза:

1. Основные морфологические структуры глаза (склера, сосудистая оболочка, ретина, роговица, хрусталик, стекловидное тело). Роль пигментных клеток в сосудистой оболочке. Роль палочек и колбочек.

2. Глаз как оптическая система светопреломляющих поверхностей. Оптическая ось глаза и зрительная ось глаза.

3. Формула линзы. Оптическая сила линзы, ее зависимость от радиусов кривизны преломляющих поверхностей и показателя преломления.

4. Основные оптические характеристики глазных сред (показатели преломления, радиусы кривизны, размеры). Оптическая сила отдельных преломляющих структур и глаза в целом. Пояснить, почему роговица дает наибольший вклад в оптическую силу глаза и почему хирургическими методами можно в широких пределах изменять оптическую силу роговицы.

5. Аккомодация глаза. Ближняя точка глаза. Расстояние наилучшего зрения.

6. Угол зрения, острота зрения. Связь между ними. Определение остроты зрения.

7. Предельные размеры предмета, различаемые глазом.

8. Основные виды aberrаций оптических систем (сферические и хроматические aberrации, астигматизм). Основные недостатки оптической системы глаза (миопия, гиперметропия, астигматизм) и их устранение. Условия проявления в глазу сферических aberrаций.

9. Светочувствительность глаза. Адаптация глаза и физиологические механизмы ее осуществления.

10. Восприятие света и цвета. Спектральная чувствительность глаза.

Б. Рассеяние света:

1. Дать определение термину «рассеяние света».

2. Особенности рассеяния света на мелких и крупных частицах.

3. Объяснение голубого цвета чистого неба.

4. Нефелометрия.

В. Люминесценция:

1. Люминесценция, механизмы ее возникновения (дать объяснение возникновения люминесценции на упрощенном качественном уровне и ее строгое определение по С. И. Вавилову). Классификация люминесценции по способу возбуждения, по длительности послесвечения.

2. Характеристики и законы люминесценции (спектр возбуждения, спектр люминесценции, квантовый выход, закон Стокса, закон Вавилова).

3. Люминесцентный анализ в медицине. Собственная люминесценция биообъектов. Метод флуоресцентных меток и зондов.

Г. Электронный парамагнитный резонанс:

1. Свободные радикалы. Поведение парамагнитных ионов и молекул во внешнем магнитном поле. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР).

2. Схема установки для наблюдения ЭПР. Идентификация свободных радикалов и определение их концентрации методами ЭПР. Форма ЭПР-линий как источник информации о свойствах среды, в которой находятся исследуемые свободные радикалы.

Д. Ядерный магнитный резонанс:

1. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР). ЯМР-спектр. Идентификация ядер элементов и определение их концентрации в образце, исследуемом методами ЯМР. Химический сдвиг. Причины его возникновения, значение для определения структуры и строения молекул.

2. Магнитно-резонансная томография (ЯМР-интроскопия), ее применение в диагностике. Сравнение современных методов получения томографических изображений внутренних органов: ультразвуковых, рентгеновских и МРТ.

II. Проверить решение задач из домашнего задания.

III. Подвести итоги занятия, разъяснить задание на следующую неделю. (3 часа)

### ЗАНЯТИЕ № 33

#### ТЕМА: РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ (СЕМИНАР)

I. В процессе опроса студентов по материалу внеаудиторной подготовки обсудить следующие вопросы:

1. Рентгеновское излучение как электромагнитные волны. Диапазон длин волн рентгеновского излучения.

2. Получение тормозного рентгеновского излучения. Рентгеновская трубка. Переход кинетической энергии электронов в тепло и излучение. Конструктивные особенности анодов рентгеновских трубок.

3. Поток рентгеновского излучения, интенсивность, спектральная плотность потока. Сравнение этих характеристик с соответствующими параметрами теплового излучения. Коротковолновая граница тормозного рентгеновского излучения.

4. Спектры тормозного рентгеновского излучения при различных напряжениях на рентгеновской трубке. Сравнение вида спектров теплового излучения и тормозного рентгеновского излучения.

5. Мягкое и жёсткое рентгеновское излучение. Регулировка интенсивности и жёсткости рентгеновского излучения в рентгеновских аппаратах.

6. Внутренняя ионизация (эффект Оже). Характеристическое рентгеновское излучение. Механизм его возникновения. Спектр характеристического рентгеновского излучения. Спектральные серии. Закон Мозли.

Различия между оптическими атомными спектрами и спектрами характеристического рентгеновского излучения.

7. Первичные механизмы взаимодействия рентгеновского излучения с веществом (когерентное рассеяние, фотоэффект, некогерентное рассеяние (комpton-эффект)). Остановиться на вопросе, почему жесткое рентгеновское излучение (которое в меньшей степени поглощается веществом) более вредно по биологическому действию, чем мягкое.

8. Закон ослабления потока рентгеновского излучения веществом. Показатель ослабления рентгеновских лучей. Линейный и массовый показатели ослабления.

9. Зависимость показателя поглощения рентгеновских лучей от свойств материала и длины волны рентгеновского излучения.

10. Слой половинного ослабления. Его связь с линейным показателем ослабления. Подчеркнуть, что для одного и того же материала слой половинного ослабления различен для излучения разных длин волн и возрастает с увеличением жесткости излучения. Методы защиты от рентгеновского излучения (веществом, расстоянием, временем).

11. Физические основы рентгенодиагностики. Понятие о специальных методах рентгенодиагностики (применение контрастных веществ, флюорография, использование телевизионных и компьютерных систем).

12. Принципы рентгеновской компьютерной томографии.

13. Сравнение возможностей и границ применения современных методов получения изображений органов: ультразвуковых, тепловизионных, рентгеновских компьютерных и ЯМР-методов.

**II.** Проверить решение задач из домашнего задания и решить несколько новых задач из задачника.

**III.** Подвести итоги занятия, разъяснить задание на следующую неделю. (3 часа)

## **ЗАНЯТИЕ № 34**

### **ТЕМА: РАДИОАКТИВНОСТЬ (СЕМИНАР)**

**I.** В процессе опроса студентов по материалу внеаудиторной подготовки обсудить следующие вопросы:

1. Строение ядер атомов. Ядерные силы и их свойства. Энергия связи, дефект массы. Устойчивость ядер, её зависимость от соотношения между числом нейтронов и протонов в ядре.

2. Естественная и искусственная радиоактивность. Ядерные реакции. Методы получения радионуклидов. Бомбардировка ядер атомов другими ядрами и заряженными частицами как способ осуществления ядерных

реакций и один из методов получения радионуклидов. Нейтронная активация. Пояснить, почему нейтронная активация идет эффективнее на медленных нейтронах.

3. Радиоактивный распад. Виды радиоактивного распада. Правила смещения. Примеры альфа-распада. Энергетические спектры альфа-частиц и гамма-излучения как источник информации о радионуклидом составе образца.

4. Бета-распад. Внутрядерное превращение нейтрона в протон как причина отрицательного бета-распада. Энергетические спектры бета-частиц. Трудности идентификации бета-активных радионуклидов, распадающихся без испускания гамма-квантов.

5. Примеры распада радионуклидов, определяющих основной характер радиоактивного заражения после аварии на ЧАЭС ( $^{131}_{53}\text{I}$ ,  $^{137}_{55}\text{Cs}$ ,  $^{90}_{38}\text{Sr}$ ,  $^{239}_{94}\text{Pu}$ ). Особенности накопления и поведения этих радионуклидов в организме.

6. Основной закон радиоактивного распада, его вывод, смысл входящих в него величин, графическое отображение. Постоянная радиоактивного распада, период полураспада, средняя продолжительность жизни нуклидов и связь между ними. Эффективная постоянная и эффективный период (время половинного исчезновения радионуклида из организма за счет физического распада и биологического выведения).

7. Активность. Единицы измерения активности. Связь между системными и внесистемными единицами активности. Удельная объёмная, массовая и поверхностная активности, единицы их измерения.

8. Связь между активностью и массой радионуклидов.

9. Основные параметры, характеризующие взаимодействие ионизирующего излучения с веществом (линейная плотность ионизации, линейная передача энергии, средний линейный пробег).

10. Особенности взаимодействия с веществом нейтронов, альфа- и бета-частиц и гамма-излучений. Принципы защиты от ионизирующих излучений.

11. Радионуклидные методы диагностики. Гамма-хронография и гамма-топография.

12. Физические принципы лучевой терапии.

13. Решение задач по теме занятия.

## ЗАНЯТИЕ № 35

### ТЕМА: ДОЗИМЕТРИЯ (СЕМИНАР И ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ИЗМЕРЕНИЕ МОЩНОСТИ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ ФОНОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ»)

**Цель:** добиться усвоения студентами основных дозиметрических понятий, научить использованию измерителей мощности дозы и радиометров.

#### **Содержание занятия:**

**I.** Сформулировать цели и план занятия, ответить на вопросы студентов, возникшие при подготовке к занятиям. (0,1 часа)

**II.** В процессе опроса студентов по материалу внеаудиторной подготовки обсудить следующие вопросы:

1. Экспозиционная доза, единицы ее измерения, связь между системной единицей (Кл/кг) и внесистемной (рентген). Подчеркнуть, что экспозиционная доза вводится только для воздуха и для фотонного излучения.

2. Поглощенная доза, единицы ее измерения. Связь между поглощенной и экспозиционными дозами.

3. Относительная биологическая эффективность излучения (ОБЭ). Коэффициент качества излучения. Эквивалентная доза как дозиметрическая величина, характеризующая радиационное поражение на органном уровне.

4. Эффективная эквивалентная доза как характеристика радиационного поражения на организменном уровне. Коэффициент радиационного риска (взвешивающий фактор).

5. Коллективная доза как характеристика радиационного поражения на популяционном уровне.

6. Естественный радиационный фон. Фоновое облучение человека. Факторы, определяющие его величину (космическое излучение, излучение пород Земли, внутреннее облучение за счет поступления естественных радионуклидов внутрь организма). Техногенный радиационный фон.

7. Методы регистрации ионизирующих излучений. Детекторы ионизирующих излучений (следовые, ионизационные, сцинтилляционные). Особенности детектирования альфа-, бета- и гамма-излучений.

8. Принципы устройства дозиметрических приборов (дозиметров и радиометров). Измерение мощности экспозиционной дозы внешнего облучения дозиметрами.

9. Принципы устройства радиометров. Определение удельной массовой активности продуктов питания радиометрами.

10. Связь между активностью и эквивалентной дозой внутреннего облучения. Расчет эквивалентной дозы внутреннего облучения при кратковременном поступлении радионуклидов в организм.

11. Принципы расчета эквивалентной дозы внутреннего облучения при длительном поступлении радионуклидов в организм с постоянной скоростью.

12. Решение задач по теме занятия.

(1,9 часа)

### **III. Экспериментальная часть работы.**

Продемонстрировать устройство измерителей мощности дозы («Со-сна», «РКСМБ» и др.). Провести несколько измерений радиационного фона. Объяснить, чем могут быть вызваны различия данных измерений, выполненных в разные моменты времени и с разным временным усреднением. Обсудить результаты измерения внешнего радиационного фона.

Объяснить и продемонстрировать устройство радиометра (например, «КРВП»). Произвести измерение активности фона и активности пищевых продуктов. Сравнить полученные результаты с нормами удельной массовой активности для данных продуктов. Обсудить полученные результаты.

(1 час)

## **ЗАНЯТИЕ № 36**

### **ТЕМА: ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЭКЗАМЕНАМ**

#### **Содержание занятия:**

**I.** Проверить у каждого студента выполнение учебного плана за семестр. Если у студентов отсутствует задолженность по выполнению учебных заданий и требований, оформить зачет за семестр.

**II.** Разобрать со студентами содержание, объем и структуру учебного материала, выносимого на курсовой экзамен. Объяснить порядок и методику проведения экзамена, структуру экзаменационных заданий, рассказать об уровне экзаменационных требований, довести до сведения студентов критерии оценок.

**III.** Ответить на возникшие вопросы студентов.



## Оглавление

Занятие № 1 .....	3
Занятие № 2 .....	5
Занятие № 3 .....	7
Занятие № 4 .....	8
Занятие № 5 .....	9
Занятие № 6 .....	9
Занятие № 7 .....	11
Занятие № 8 .....	12
Занятие № 12 .....	13
Занятие № 13 .....	14
Занятие № 14 .....	16
Занятие № 15 .....	17
Занятие № 16 .....	18
Занятие № 17 .....	20
Занятие № 18 .....	20
Занятие № 19 .....	23
Занятие № 20 .....	24
Занятие № 21 .....	26
Занятие № 22 .....	28
Занятие № 23 .....	29
Занятие № 24 .....	31
Занятие № 25 .....	32
Занятие № 26 .....	33
Занятие № 27 .....	34
Занятие № 28 .....	35
Занятие № 29 .....	37
Занятие № 30 .....	38
Занятие № 31 .....	39
Занятие № 32 .....	40
Занятие № 33 .....	42
Занятие № 34 .....	43
Занятие № 35 .....	44
Занятие № 36 .....	46

Учебное издание

**Ильич** Генрих Казимирович  
**Лещенко** Вячеслав Григорьевич

**ПРОВЕДЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ  
И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ  
ПО МЕДИЦИНСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ  
ФИЗИКЕ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск В. Г. Лещенко  
В авторской редакции  
Компьютерная верстка Н. М. Федорцовой  
Корректор Ю. В. Киселёва

Подписано в печать 31.01.08. Формат 60×84/16. Бумага писчая «КюмЛюкс».

Печать офсетная. Гарнитура «Times».

Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,22. Тираж 50 экз. Заказ 548.

Издатель и полиграфическое исполнение –

Белорусский государственный медицинский университет.

ЛИ № 02330/0133420 от 14.10.2004; ЛП № 02330/0131503 от 27.08.2004.

220030, г. Минск, Ленинградская, 6.