

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации

**КАФЕДРА БИОФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ**

**Рабочая тетрадь для лабораторных занятий по  
биофизике**

Студента \_\_\_\_\_ группы \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ факультета

\_\_\_\_\_

(ФИО)

Оренбург, 2014 год

**Рабочая тетрадь для лабораторных занятий по биофизике – Оренбург,  
2014**

**Под редакцией старшего преподавателя Н.И. Колосовой**

**Авторы:**

**Колосова Н.И.** - ст. преподаватель кафедры биофизики и математики,  
**Денисов Е.Н.**-заведующий кафедрой биофизики и математики,  
**Гречишкин И.И.** – доцент кафедры биофизики и математики,  
**Лопарева М.А.** – ст. преподаватель кафедры биофизики и математики,  
**Кузнецова О.В.** – ст.преподаватель кафедры биофизики и математики,  
**Чернова Г.В.** - ассистент кафедры биофизики и математики,  
**Чариков А.А.** - ассистент кафедры биофизики и математики.

Тетрадь представляет собой учебно-методическое пособие и предназначено для студентов лечебного, педиатрического, медико-профилактического, стоматологического и фармацевтического факультетов для лабораторных занятий. В тетрадь включены вопросы для подготовки к занятиям, содержание и ход выполнения лабораторных работ.

## Модуль №1

### Лабораторная работа №1

#### Изучение аппарата для измерения артериального давления

##### 1. Цель работы:

1. Освоить работу с механическим аппаратом для измерения артериального давления.

##### 2. Приборы и принадлежности:

1. Измеритель артериального давления механический.

##### 3. Теоретическое введение:

Стационарное течение жидкости является слоистым. Стационарным или установившемся движением называется течение, при котором скорости частиц жидкости в каждой точке потока со временем не изменяются. Такое течение, при котором жидкость разделяется на слои, которые движутся относительно друг друга не перемешиваясь, называется ламинарным. Для него справедливы уравнения Бернулли и Пуазейля.

Эти уравнения сформулированы для идеальной жидкости. Идеальной называется жидкость несжимаемая и не имеющая внутреннего трения или вязкости.

Ламинарное течение устанавливается в трубах с гладкими стенками, без резких изменений площади сечения и изгибов трубы, а так же при отсутствии множественных разветвлений. При нарушении этих условий и особенно при высокой скорости течения жидкости, скорость частиц жидкости при этом беспорядочно меняется, образуются местные завихрения - происходит перемешивание слоев жидкости. Такое течение называется турбулентным.

Характерным для турбулентного течения являются местное изменение давления в жидкости, вызывающие хаотическое колебательное движение частиц, формирующие звуковые явления (шум, журчание и т. п.), благодаря которым турбулентное течение легко обнаруживается.

Характер течения жидкости по трубе зависит от: свойств жидкости, скорости ее течения, размеров трубы и определяется - **числом Рейнольдса**, которое для трубы диаметром  $D$  выражается следующей формулой:

$$Re = \rho_{ж} \cdot v \cdot D / \eta$$

где  $\rho_{ж}$  – плотность жидкости,  
 $v$  – скорость течения жидкости,  
 $\eta$  – вязкость жидкости

Если число Рейнольдса больше некоторого критического ( $Re > Re_{кр}$ ), то движение жидкости турбулентное. Например, для гладких цилиндрических труб  $Re_{кр} \approx 2300$ , для аорты взрослого человека  $Re_{кр} \approx 1700-1900$ .

Турбулентный поток в норме формируется вблизи клапанов сердца, луковице и дуге аорты, в местах ответвлений артерий от аорты в брюшной полости. В остальных артериях течение крови является ламинарным.

Турбулентность потока крови в сосудах ламинарного типа (плечевая артерия, бедренная артерия) может быть вызвана пережатием артерии, при котором возникает звук (шум)- тон Короткова.

Тон Короткова, как правило, прослушивают на локтевой артерии. Его появление и исчезновение являются критериями для измерения систолического и диастолического артериального давления.

Давление крови – физический параметр. Общий уровень кровяного давления обуславливается рядом факторов:

- количеством крови, поступающей в единицу времени в сосудистую систему;
- интенсивностью оттока на периферию;
- скоростью поступления крови в период систолы;
- вязкостью крови;
- соотношением времени систолы и диастолы;
- частотой сердечных сокращений.

Систолическое давление создается запасом энергии, которым фактически обладает струя крови в данном участке сосудистой системы. Давление крови на стенки артерии в момент сокращения сердца называется систолическим (верхним).

Под диастолическим (минимальным) давлением понимают ту наименьшую величину, которой достигает давление крови к концу диастолического периода. Давление крови в момент расширения сердца называется диастолическим (нижним).

Систолическое давление человека в норме (плечевая артерия) приблизительно 100-120 мм рт. ст. Во время расслабления сердца (диастола) растянутые артерии спадаются и потенциальная энергия, сообщенная им сердцем, переходит в кинетическую энергию тока крови, при этом поддерживается диастолическое давление, приблизительно равное 60-80 мм рт. ст.

Среди множества проблем, возникающих у современного человека в связи с состоянием его здоровья, одно из первых мест занимают проблемы, связанные с артериальным давлением. Широко известно, что повышенное артериальное давление вызывает такие заболевания, как кровоизлияние в мозг или болезни сердца. Отклонения величины артериального давления от нормы вызывают многочисленные заболевания и осложнения.

Нормы артериального давления, установленные Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ), могут служить общим ориентиром:

<b>Давление</b>	<b>Систолическое (мм. рт. ст.)</b>	<b>Диастолическое (мм. рт. ст.)</b>
пониженное	менее 100	менее 60
нормальное	менее 139	менее 89
пограничное	140-159	90-94
повышенное	более 160	более 95

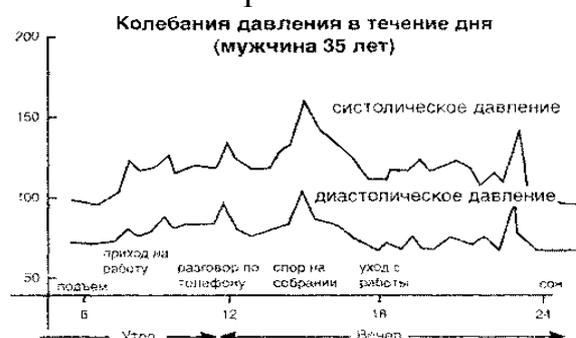
### ***Повышенное и пониженное артериальное давление***

В ряде факторов, вызывающих повышенное артериальное давление, находятся: употребление слишком большого количества соли, переедание, злоупотребление спиртными напитками, курение, недостаток физических упражнений, ожирение, переутомление и стресс.

Важно заботиться о своем здоровье, регулярно измеряя артериальное давление и следуя приведенным выше рекомендациям.

### ***Колебания величины артериального давления***

В течение дня и месяца артериальное давление подвержено большим колебаниям. Большое влияние на давление оказывают даже время года, температура окружающей среды, атмосферное давление, магнитные бури и прочие природные явления. Более того, оно повышается с возрастом. Поэтому очень важно регулярно, день за днем контролировать свое давление, чтобы понять причины его повышения или понижения.



При измерении артериального давления часто используют пробы с физической нагрузкой.

**а) одномоментные пробы.** При проведении этих проб выполняется однократная физическая нагрузка. Различия связаны с видом, продолжительностью и интенсивностью нагрузки. Так, при пробе Мартинэ обследуемый выполняет 20 приседаний в течение 30 секунд.

**б) двухмоментные пробы.** Предусматривают повторную нагрузку с небольшим интервалом для отдыха, во время которого определяется реакция на первую нагрузку.

Динамика пульса и артериального давления отражает характер адаптации аппарата кровообращения к нагрузкам. При хорошем функциональном состоянии сердечно-сосудистой системы происходит повышение систолического давления, небольшим снижением (реже не изменяется) диастолического и учащением сердцебиений. Восстановление исходных показателей завершается через 1-3 минуты после малых нагрузок и через 3-5 минут после больших.

### ***Адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы***

При измерении давления крови пользуются прямым и косвенным (бескровным) методами.

Приведем примеры прямого метода. Измерить давление крови можно непосредственно путем введения в сосуд полый иглы, соединенной с манометром. Подобный способ используется в эксперименте на животных. В хирургической практике измерение давления в полостях сердца производится

методом катетеризации, т.е. введение через один из крупных сосудов тонкого зонда, на конце которого находится миниатюрный манометр.

В клинике применяется косвенный (бескровный) метод измерения кровяного давления. Наиболее распространен метод измерения артериального давления по Короткову Н. П, основанный на выслушивании звуков (тонов Короткова), возникающих при прохождении крови через участок артерии, сжатой манжетой.

**В данной лабораторной работе представлен измеритель артериального давления механический.**

**а) Описание прибора для измерения артериального давления (рис.1).**



рис.1

**Составные части прибора:**

1 – манжета; фонендоскоп (2 - слуховые трубки фонендоскопа, 3-мембрана фонендоскопа); 4 – пневматический нагнетатель; 5- тонометр.

Тонометр имеет подвижную обойму и зажим. Пневматический нагнетатель 4 имеет вентиль, с помощью которого осуществляется плавное снижение давления в манжете.

**б) Определение точки наибольшей пульсации плечевой артерии.**

Точка пульсации располагается на 3-5 см выше локтевого сгиба, на поверхности плеча, обращенной к туловищу.

При установке манжеты пользуйтесь точкой пульсации, что поможет Вам быстро установить манжету на руке, услышать четкую пульсацию плечевой артерии.

**Методика измерения давления**

1. Наложите манжету (рис. 2).
2. Расположите головку фонендоскопа на точку пульсации.
3. Вставьте наушники в уши.
4. Закройте клапан на резиновой груше, поворачивая его головку по часовой стрелке.
5. Сжимая грушу правой рукой, нагнетайте воздух в манжету и наблюдайте за показаниями манометра. После того, как Вы перестали слышать пульс, продолжайте нагнетать воздух в манжету, увеличив давление до 160мм.рт.ст. ( на 30-40 мм. рт. ст. больше нормы).

6. Медленно приоткрывайте воздушный клапан, поворачивая его головку против часовой стрелки.
7. Как только Вы услышите в фонендоскопе тоны Короткова, запомните показания манометра. Это будет Вашим систолическим артериальным давлением.
8. Продолжайте выпускать воздух из манжеты. Когда тоны Короткова исчезнут, запомните показания манометра. Это будет Вашим диастолическим артериальным давлением.

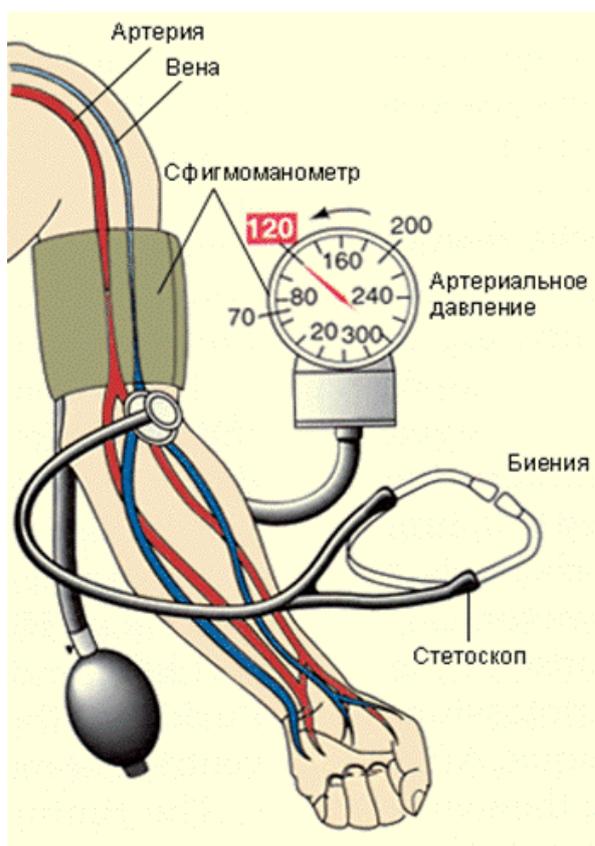


рис. 2

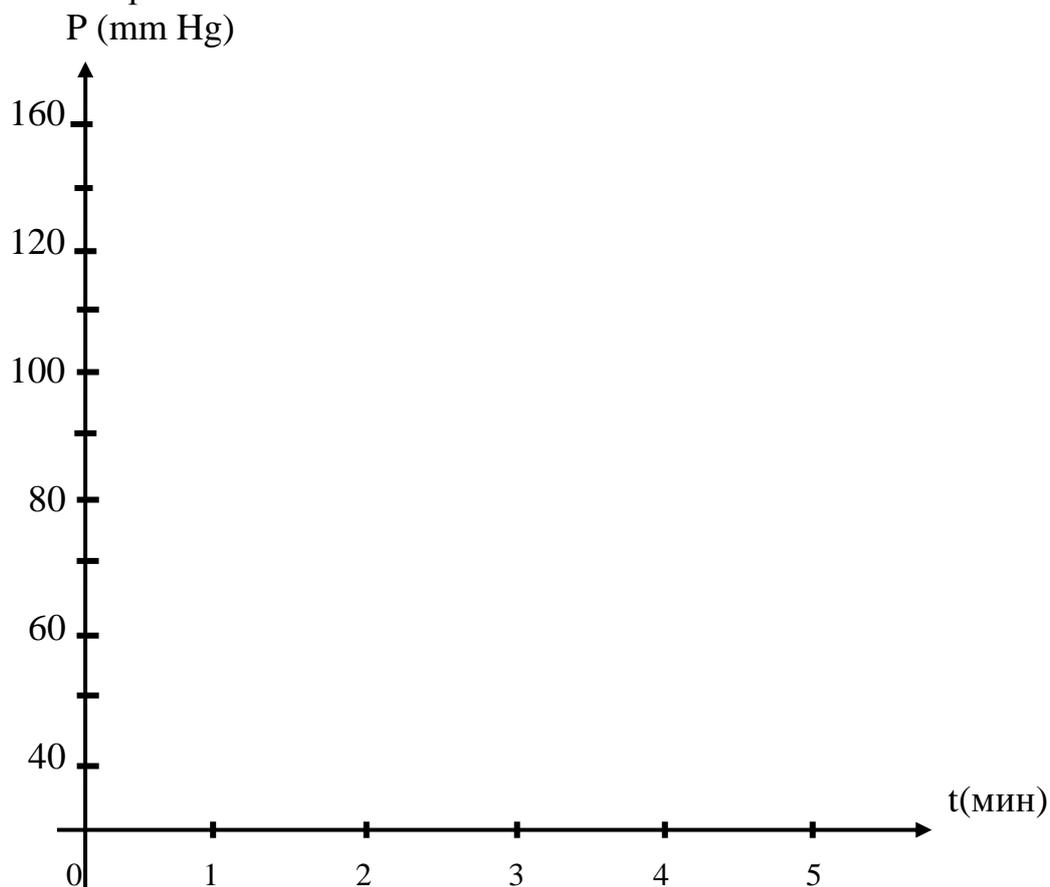
#### 4. Практическая часть

1. Измерьте систолическое и диастолическое давление пациента в состоянии покоя и измерьте частоту пульса.
2. Измерьте **систолическое и диастолическое давление и частоту пульса** испытуемого после дозированной физической нагрузки (20 приседаний с интервалом в 1 секунду) через 1, 2, 3, 4, 5 минут.
3. Данные занесите в таблицу:

	Состояние покоя (t = 0)	После нагрузки				
		1 мин	2 мин	3 мин	4 мин	5 мин
$P_c$						
$P_d$						
$P_{пул}$						
$n$						

**Вывод:**

1. Изобразите график зависимости общесистемного артериального давления от времени.



1. Сделайте выводы о динамике артериального давления и частоты пульса, о характере адаптации аппарата кровообращения к нагрузкам испытуемого.

**Контрольные вопросы:**

1. Ламинарное и турбулентное течение жидкости.
2. Число Рейнольдса, формула, смысл.
3. Чем обуславливается общий уровень кровяного давления?
4. Что такое систолическое (верхнее) давление?
5. Что такое диастолическое (нижнее) давление?
6. Чему равно артериальное давление в норме?
7. Что является повышенным и пониженным артериальным давлением?
8. Каковы способы измерения артериального давления?
9. Объясните устройство аппарата для измерения давления крови.

10. Объясните механизм возникновения и исчезновения тонов Короткова при измерении давления.

11. Каковы адаптационные возможности сердечно-сосудистой системы?

#### **Литература:**

1. Антонов В.Ф., Черныш А.М., Козлова Е.К., Коржуев А.В. Физика и биофизика: учебник/Под ред. В.Ф.антонова.-М.:ГОЭТАР-Медиа, 2009.-480с.:ил., глава 21, стр.319-333.
2. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 9, стр. 148-158, глава 11, стр. 194-195.
3. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 37-39.
4. Конспект лекции по теме: Гемодинамика.

#### **Тесты:**

**1. В каких сосудах сердечно-сосудистой системы самая низкая скорость кровотока?**

1. в артериях
2. в капиллярах
3. в артериолах
4. в аорте

**2. Малый круг кровообращения начинается в:**

1. левом желудочке
2. правом желудочке
3. левом предсердии
4. правом предсердии

**3. Характер течения жидкости по трубе определяется:**

1. уравнением Ньютона
2. числом Рейнольдса
3. формулой Пуазейля
4. законом Стокса

**4. Скорость течения крови максимальна:**

1. у стенки сосуда
2. не зависит от расстояния до стенки сосудов
3. у оси сосуда
4. в конце сосуда

**5. Что является причиной появления сердечных шумов?**

1. ламинарное течение крови в аорте
2. изменение частоты сокращений сердечной мышцы
3. турбулентное течение крови около сердечных клапанов
4. изменение звукопроводности тканей

**6. Большой круг кровообращения начинается в:**

1. левом желудочке
2. правом желудочке
3. левом предсердии
4. правом предсердии

**7. В каком отделе сердечно-сосудистой системе в норме у человека давление максимальное — 120 мм. рт.ст.?**

1. в артериолах
2. в капиллярах
3. в венах
4. в аорте

**8. С возрастом эластичность сосуда:**

1. уменьшается
2. увеличивается
3. не изменяется

**9. Число Рейнольдса определяется по формуле:**

1.  $V = \frac{\pi \cdot R^4 \cdot \Delta P}{8\eta l} t$

2.  $Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\eta}$

3.  $\omega = \frac{8 \cdot \eta \cdot l}{\pi \cdot R^4}$

4.  $F = -\eta \cdot S \cdot \frac{dv}{dx}$

**10. Режим течения жидкости ламинарный, если число Рейнольдса:**

1. больше критического значения
2. меньше критического значения
3. равно критическому значению
- намного больше критического значения

## Лабораторная работа № 2

### Регистрация кривой порога слышимости

1. **Цель работы:** Построить кривую порога слышимости и аудиограмму
2. **Приборы и принадлежности:** Аудиометр-АА-02

#### Теоретические сведения

**Аудиометрия** — широко используемый в медицине метод определения понижения (потери) слуха.

В диагностике используются также другие звуковые методы исследования: аускультация (прослушивание звуков, возникающих внутри организма), фонокардиография (запись звуков, сопровождающих работу сердца), перкуссия (анализ звуков, возникающих при постукивании специальным молоточком тела).

Понимание сущности указанных методов, а также других вопросов, связанных с работой звуковоспринимающего и голосового аппарата человека, требует знания основных понятий акустики.

**Звук** — это механические колебания частиц в упругих средах, распространяющиеся в форме продольных волн, частота которых лежит в пределах, воспринимаемых человеческим ухом, в среднем от **16 до 20 000 Гц**.

Звуки разделяются на тоны, шумы и звуковые удары.

Тоны разделяются на простые (гармонические) и сложные. **Тоном** называется звук, который представляет колебание с постоянной амплитудой и частотой. Простой (или гармонический) тон может быть получен с помощью камертона или звукового генератора. К сложным тонам относятся, например, звуки музыкальных инструментов, гласные звуки речи человека и др.

**Шум** — это сочетание множества различных тонов, частота, форма, интенсивность и продолжительность которых беспорядочно меняются. Шум может быть кратковременным (стук, скрип, хлопок и т.п.) или длительным, как, например, шум при работе различных машин и механизмов. Шум встречается в природных условиях, сопровождая различные атмосферные явления (ветер, турбулентные потоки воды и т.д.).

**Звуковой удар** – это кратковременное звуковое воздействие: хлопок, взрыв и т.п.

В слуховом ощущении субъективно различаются **высота, громкость и тембр** звука (физиологические характеристики). Эти характеристики слухового ощущения связаны с объективными (физическими) характеристиками звуковой волны – **частотой** колебаний, **интенсивностью волны** и **гармоническим спектром**.

Громкость зависит от интенсивности и частоты звука. Существует минимальная пороговая интенсивность звука, при которой звук не вызывает ощущения. Эта пороговая интенсивность различна для разных частот и оказывается наименьшей для частот 2500 – 3000 Гц.

Несмотря на субъективность, громкость может быть оценена количественно путем сравнения слухового ощущения от двух источников.

В основе создания шкалы уровней громкости лежит важный психофизический закон **Вебера-Фехнера**.

Если действуют два звуковых раздражения с интенсивностями  $I$  и  $I_0$ , причем  $I_0$  – порог слышимости, то на основании закона Вебера-Фехнера громкость относительно него связана с интенсивностью следующим образом:

$$L = k \cdot \lg (I / I_0),$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от частоты и интенсивности.

Условно считают, что на частоте 1 кГц шкалы громкости и интенсивности звука полностью совпадают, т.е.  $k=1$  и  $L = \lg (I / I_0)$ .

Для отличия от шкалы интенсивности звука в шкале громкости децибелы называют **фонами**.

Шкала громкости в фонах с указанием соответствующей величины интенсивности звука для тона частотой 1 кГц приведена в таблице:

Примерный характер шума	Уровень громкости в фонах	Интенсивность звука, Вт/м <sup>2</sup>
Порог слышимости	0	10 <sup>-12</sup>
Сердечные тоны через стетоскоп	10	10 <sup>-11</sup>

Шепот	20	$10^{-10}$
Разговор:		
тихий	40	$10^{-8}$
нормальный	50	$10^{-7}$
громкий	60	$10^{-6}$
Шум на оживленной улице	70	$10^{-5}$
Крик	80	$10^{-4}$
Шум в поезде метро	90	$10^{-3}$
Автосирена	100	$10^{-2}$
Шум двигателя самолета	110	$10^{-1}$
То же, вблизи	120	$10^0$
Порог болевого ощущения	130	10

При аудиометрии на аудиометре определяют порог слухового ощущения на разных частотах. Полученная кривая называется **аудиограммой**.

**Аудиограмма**-это кривая порогов слышимости на разных частотах.

**Аудиограмма** - это графическое отражение способности испытуемого слышать чистые тоны. Аудиограмма – график, наглядно представляющий состояние слуха пациента, включая потерю слуха для каждого уха.

Сравнение аудиограммы больного человека с нормальной кривой порога слухового ощущения помогает диагностировать заболевание органов слуха.

### Принцип работы аудиометра-АА-02



**Назначение.** Аудиометр предназначен для оценки функционального состояния слухового анализатора человека.

**Функциональные возможности.** Определение порогов слышимости тональных сигналов по воздушному и костному звукопроводению.

Два режима работы при определении порогов: автоматизированный и ручной.

**Аудиометр** состоит из генератора звука, телефона, регуляторов частоты и интенсивности звука.

### Подготовка к работе

- Подключите телефон, кнопку пациента и сетевой шнур к соответствующим разъёмам на задней панели аудиометра.
- Подключите аудиометр к сети.
- Включите аудиометр (сетевой тумблер находится на задней панели).  
На индикаторе аудиометра появится следующее изображение:

Hz	ПОДАЧА	ТОН:	1000
	ПРАВОЕ	ВОЗД.	АВТОМАТ

- Проинструктируйте обследуемого: «Слушайте и нажимайте кнопку **ОТВЕТ** при появлении звука в телефонах. Не забывайте отпускать кнопку после каждого нажатия».

### Порядок работы

Внимание! Перед началом обследования каждого пациента нажмите кнопку **СБРОС**, при этом результаты предыдущего обследования из памяти аудиометра будут удалены.

#### Автоматизированный режим

##### Воздушное звукопроводение

При обследовании тональные сигналы подаются в следующем порядке: 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000, 750, 500, 250, 125 (Гц).

- Обследуемый должен нажать и отпустить кнопку **ОТВЕТ**. Аудиометр автоматически переходит в режим тренировки.

**Тренировка** проводится с целью научить обследуемого правильно нажимать кнопку **ОТВЕТ** (правильным считается нажатие во время звучания тона в телефоне). Обследуемому подаются заведомо слышимые звуки — тон первой записанной частоты интенсивностью 50 дБ или 70 дБ. Подача звука отображается на индикаторе «звездочками»:

Обследуемый должен слушать звуки и нажимать кнопку **ОТВЕТ**. При каждом правильном нажатии на аудиометре включается индикатор **ОТВЕТ**.

Если обследуемый отвечает и даёт три правильных ответа подряд, аудиометр автоматически перейдёт в рабочий режим.

#### Рабочий режим

Обследуемому подаются тоны различной частоты

После определения порогов правого уха процесс обследования автоматически повторяется на левом ухе с тем же порядком предъявления частот.

При необходимости можно прервать проведение обследования нажатием кнопки **СБРОС**. При этом все результаты будут удалены из памяти аудиометра, и прибор вернется в исходное состояние.

ЛЕВ. ВОЗД. Hz	125	250	500	750	1000	1500
ВОСПР. dB	45	35	30	--	10	15

- При завершении программы определения порогов по воздушной проводимости в аудиометре раздается звуковой сигнал, и аудиометр автоматически переходит в режим воспроизведения. На индикаторе

появляются результаты обследования, например:

ЛЕВ. ВОЗД. Hz	125	250	500	750	1000	1500
ВОСПР. dB	45	35	30	--	10	15

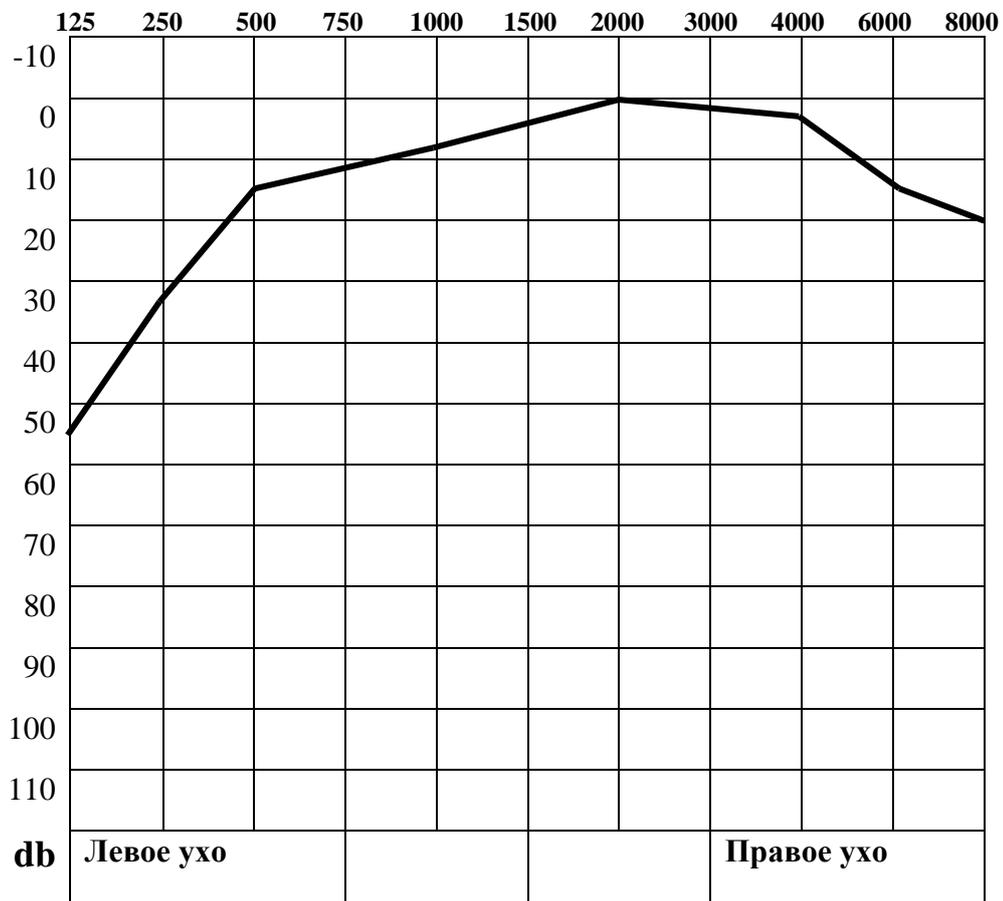
- Нажимая кнопки **ЧАСТОТА**  $\Delta$   $\nabla$ , **ЛЕВ** и **ПРАВ**, просмотрите значения порогов слышимости.

### Практическая часть работы

**Задание: Построить кривую порога слышимости**

1. Полученные результаты исследования занести в таблицу и построить кривые порога слышимости для правого и левого уха.

Частота (Гц)		125	250	500	750	1000	1500	2000	3000	4000	6000	8000
Пороги (дБ)	В											
	П											
	Л											



2. Полученные кривые сравнить с эталоном для здорового уха и сделать **ВЫВОДЫ**.

**Вывод:**

## Контрольные вопросы

1. Дать определение звука. Виды звука.
2. Дать определение чистого тона, его источники.
3. Дать определение сложного тона, его источники.
4. Физические и физиологические характеристики слухового ощущения.
5. Закон Вебера-Фехнера.
6. Дать определение порога слышимости, его численное значение.
7. Дать определение порога боли, его численное значение.
8. Единицы измерения уровней громкости: бел, децибел, фон.
9. Определение аудиометрии.
10. Принцип работы аудиометра.
11. Что называется аудиограммой?

## Литература:

1. Антонов В.Ф., Черныш А.М., Козлова Е.К., Коржуев А.В. Физика и биофизика: учебник/Под ред. В.Ф.антонова.-М.:ГОЭТАР-Медиа, 2009.-480с.:ил., глава 3, стр. 37-45.
2. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 7, стр. 104-105, 119-123, глава 8, стр.127-135.
3. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 88-91, стр. 94-98.
4. Конспект лекции по теме: Звук.

## Тесты:

- 1. Акустический спектр-это набор .... с указанием их относительной интенсивности:**
  1. частот
  2. амплитуд
  3. звуков
- 2. Закон Вебера-Фехнера устанавливает соответствие между:**
  1. физическими и физиологическими параметрами звука
  2. громкостью и амплитудой звука
  3. интенсивностью звука и порогом слышимости
  4. интенсивностью звука и порогом болевого ощущения
- 3. Основой аппарата для аудиометрии является:**
  1. шумомер
  2. звуковой генератор
  3. камертон
  4. выпрямитель
- 4. Для уха среднего человека на частоте 1 кГц порог слышимости соответствуют значение интенсивности звука:**
  1.  $I = 10 \text{ Вт/м}^2$
  2.  $I = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$
  3.  $I = 10^{12} \text{ Вт/м}^2$

4.  $I = 100 \text{ Вт/м}^2$
- 5. Единицей измерения уровня интенсивности является:**
1. бел
  2. фон
  3. ватт
- 6. Тембр - это характеристика звукового ощущения, которая определяется:**
1. частотой основного тона
  2. амплитудой
  3. высотой тона
  4. гармоническим спектром
- 7. Аудиометрия-метод определения:**
1. остроты слуха
  2. порога боли
  3. уровня громкости
- 8. Наибольшая чувствительность уха человека лежит в области частот:**
1. 20-20000 Гц
  2. 1000-5000 Гц
  3. 5000-20000 Гц
- 9. Какие области улитки воспринимают высокочастотные тоны?**
1. средняя часть улитки
  2. верхушка улитки
  3. основание улитки
  4. все области улитки
- 10. Какими факторами определяется громкость звука?**
1. интенсивностью, частотой
  2. порогом слышимости
  3. порогом болевых ощущений
  4. спектром звука

### **Лабораторная работа № 3**

#### **Определение уровня шума в помещениях разного типа с помощью прибора CENTER 320**

##### **Цель работы:**

1. познакомить студентов с воздействием на организм шума,
2. познакомить студентов с принципом работы шумоизмерительной аппаратуры.

**Приборы:** прибор для измерения шума CENTER 320

**Практические навыки:** освоить методику измерения шума.

##### **Теоретическое введение:**

В промышленности, сельском хозяйстве и на транспорте имеется большое число видов профессиональной деятельности, связанных с воздействием на рабочих производственного шума.

Звук – механические колебания частиц среды, распространяющиеся в виде продольной волны в диапазоне от **16 до 20000 Гц**. Звуки делятся на: тон, шум, звуковой удар.

Тоны бывают простыми и сложными. Простой или чистый тон – это колебание, совершающееся с постоянной частотой. Источником чистого тона является камертон. Колебания с постоянной частотой являются **гармоническими колебаниями**.

Основными характеристиками гармонического колебания являются - **амплитуда, частота, период**. Величина максимального отклонения колеблющегося тела (или частиц среды) от положения равновесия называется **амплитудой колебания**. Промежуток времени, в течение которого совершается одно полное колебание, называется **периодом колебания** (измеряется в секундах). Количество полных колебаний, приходящихся на единицу времени, называется **частотой**. **Частота** измеряется в герцах.

Звук распространяется в виде продольных волн.

При колебании частиц образуются зоны сгущения и разрежения, поочередно сменяющие друг друга в каждой точке среды. Расстояние между двумя точками сгущения или разрежения, имеющими одинаковую фазу колебаний, называют **длиной волны**.

Звуковая волна является носителем механической энергии. Энергия, переносимая механической волной через единицу площади в единицу времени называется **интенсивностью** волны. Интенсивность измеряется в **Вт/м<sup>2</sup>**.

Для гигиенической характеристики шума пользуются не физическими величинами (давление, энергия), а относительными, учитывающими субъективное восприятие звука (громкость). Увеличение интенсивности звука вызывает повышение его громкости.

**Минимальная интенсивность**, воспринимаемая человеческим ухом называется **порогом слышимости** и равна:  $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ .

**Болевой порог:  $I = 10 \text{ Вт/м}^2$** .

Громкость измеряется в белах (0-13 Б) или децибелах (**0 до 130 дБ**).

**1 Бел (Б)** — Уровень громкости, создаваемый чистым тоном частотой **1000 Гц** при изменении интенсивности в **10 раз**. На практике пользуются меньшими единицами - децибелами (дБ).

**Шум-** это сочетание множества различных тонов, частота, форма, интенсивность и продолжительность которых беспорядочно меняются. Шум может быть кратковременным (стук, скрип, хлопок и т.п.) или длительным, как, например, шум при работе различных машин и механизмов.

Например, шум биения собственного сердца равен **10 дБ**, шепотная речь — **20 дБ**, шелест листьев — **30 дБ**, громкая речь — **70 дБ**,

автомобильный сигнал — 90 дБ. В производственных условиях уровень громкости достигает значительных уровней. Так, шум в котельных цехах составляет 100—105 дБ, в ткацких цехах 105—110 дБ, при ручной клепке металла 110—115 дБ. Уровень шума свыше 130 дБ вызывает болевое ощущение.

**Неблагоприятное действие шума зависит от:** интенсивности, длительности, спектрального состава, исходного функционального состояния организма, подвергающегося шумовому влиянию.

Под воздействием шума в организме работающих появляются многообразные патологические изменения, степень выраженности которых зависит от соотношения указанных выше факторов.

**Шумовая болезнь** - это общее заболевание организма, для которого характерно преимущественное поражение центральной нервной системы и слухового анализатора.

Клинические проявления, возникающие в организме под влиянием шума, делятся на:

Специфические (изменения в органе слуха). Результатом воздействия шума на орган слуха является развитие профессиональной тугоухости и глухоты.

Неспецифические (изменения в других органах и системах). Это нарушения со стороны центральной нервной системы; сердечно-сосудистой системы; системы органов дыхания; системы органов чувств и зрения вестибулярного аппарата; пищеварительной системы; желез внутренней секреции, обмена веществ, системы крови и др.

В производственных условиях источником звуков и шумов являются колеблющиеся твердые, жидкие и газообразные тела, вызывающие сгущение и разряжение воздуха.

**По частотной характеристике различают шумы:**

- низкочастотные (16-350 Гц),
- среднечастотные (350-800 Гц),
- высокочастотные (более 800 Гц).

Слуховой анализатор более чувствителен к высоким тонам, чем к низким в связи с чем предусмотрен дифференцированный подход к допустимым уровням шума в зависимости от его частотной характеристики, а также времени воздействия и характера труда (табл.1).

Т а б л и ц а 1. Предельно допустимые уровни шума на рабочих местах (извлечение из ГОСТа 12.1.003-76).

Спектр шума	Предел частот, Гц	Уровень громкости, дБ
Низкочастотный	0-300	90-100
Среднечастотный	300-800	85-90
Высокочастотный	Свыше 800	75-80

## Предельно допустимые уровни шума для человека

Человек должен жить в спокойной обстановке, т.к. постоянный шум вреден для здоровья. Шумовой фон не должен превышать **55 дБ** днем и **45 дБ** ночью (нормальный разговор). Однако интенсивность постоянно окружающего нас шума намного больше. Только на строительной площадке или улице с интенсивным движением автотранспорта уровень шума нередко достигает **80-90 дБ**. Если человек постоянно работает или живет в шумной окружающей среде, ему может нанести вред шум даже небольшой интенсивности. Предельно допустимый **уровень шума 85 дБ** - это граница, за которой возникает вероятность поражения рецепторов слуха. Необратимые поражения слуха могут возникнуть у посетителей дискотек и рок-концертов, потому что здесь интенсивность звука может достигать 130 дБ, вызывая даже болевые ощущения.

При уровнях звука свыше **160** децибел - возможен разрыв барабанных перепонки и лёгких, больше **200** - смерть (шумовое оружие).

### Измерение уровней шума

Согласно ГОСТу 20445-75, для оценки уровней шума на рабочих местах в помещениях промышленных предприятий должно быть произведено измерение не менее чем в трех точках. Микрофон, воспринимающий шум, следует располагать на высоте 1,5 м над уровнем пола или рабочей площадки (или на высоте головы человека, работающего сидя). Он должен быть направлен в сторону источника шума и удален не менее чем на 0,5 м от человека, производящего измерение. Пространственное распределение точек замера уровней шума зависит от особенностей «шумовой» обстановки в обследуемом помещении.

### Практическая часть работы:

1. Измерить уровень шума во время занятия (тишина).
2. Измерить уровень шума во время перемены (шум).
3. Измерить уровень в коридоре.
4. Сравнить полученные значения с предельно-допустимыми.
5. Данные занести в таблицу:

№	Уровень шума в дБ		
		Измеренное значение	Предельно-допустимое значение
1	во время занятия		
2	во время перемены		
3	в коридоре		

## Регистрация МАКС/ МИН значений

1. Прибор обеспечивает регистрацию и воспроизведение наибольшего и наименьшего значений за время наблюдения. Перед включением режима выберите необходимый диапазон измеряемых уровней, исходя из ожидаемого значения звукового давления.
2. Включение режима – нажатием кнопки ( MAX/ MIN). При этом включается индикатор MAX и на основной шкале отображается максимальное значение, которое может изменяться только в сторону увеличения в процессе измерения.
3. Последовательное нажатие кнопки MAX/ MIN переключает режимы регистрации:
  - отображение минимального значения – включается индикатор MIN, значение может изменяться только в сторону уменьшения в процессе измерения;
  - отображение текущего значения – одновременно все индикаторы MAX/ MIN мерцают, а максимальное и минимальное значения сохраняются в памяти;
4. Для выключения режима необходимо нажать и удерживать кнопку MAX MIN не менее 2 сек. Либо нажатием выбранной кнопки установить другой режим. При этом зафиксированные максимально и минимальное значения сохранены не будут.



### Органы индикации ЖК- дисплея

Органы индикации	Назначение
MAX	Режим регистрации макс. значений

MIN	Режим регистрации мин. значений
OVER	Измеряемый уровень выше диапазона значений
UNDER	Измеряемый уровень ниже диапазона значений
FAST	Включен режим измерений БЫСТРО
SLOW	Включен режим измерений МЕДЛЕННО
dBA	Единица измерения уровня шума при использовании взвешенного фильтра А-типа
dBC	Единица измерения уровня шума при использовании взвешенного фильтра С-типа
-Lo-	Измеряемый уровень ниже 20дБ
AUTO	Включен режим автовыбора диапазона измерения
REC	Включен режим записи в памяти регистратора
FULL	Индикация переполнения объема памяти регистратора

### Контрольные вопросы:

1. Дать определение звука.
2. Дать определение чистого и сложного тона. Привести примеры источников чистого и сложного тона.
3. Дать определение гармонического колебания.
4. Дать определение длины волны, амплитуды и частоты, периода колебаний. Единицы измерения.
5. Дать определение единицы громкости: бела.
6. Дать определение интенсивности волны, единицы измерения.
7. Дать определение порога слышимости, численное значение.
8. Дать определение болевого порога, численное значение.
9. Определение шума.
10. От чего зависит неблагоприятное действие шума?
11. Определение шумовой болезни.
12. Какие клинические проявления, возникают в организме под влиянием шума?
13. Частотная классификация шумов.
14. Каковы предельно допустимые уровни шума на рабочих местах при разных частотах?

### Литература:

1. Антонов В.Ф., Черныш А.М., Козлова Е.К., Коржуев А.В. Физика и биофизика: учебник/Под ред. В.Ф. Антонова.-М.:ГОЭТАР-Медиа, 2009.-480с.: ил., глава 3, стр. 37-45.
2. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 8, стр.127-135.
3. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 101-103.
4. Конспект лекции по теме: Звук.

## **Тесты:**

- 1. Акустический спектр-это важная характеристика:**
  1. чистого тона
  2. сложного тона
  3. шума
- 2. Предельно допустимый уровень шума - это граница, за которой возникает вероятность поражения рецепторов слуха составляет:**
  1. 85 дБ
  2. 130 дБ
  3. 55 дБ
  4. 45 дБ
- 3. Для уха среднего человека на частоте 1 кГц порогу болевого ощущения соответствуют значение интенсивности звука:**
  1.  $I = 10^{12} \text{ Вт/м}^2$
  2.  $I = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$
  3.  $I = 10 \text{ Вт/м}^2$
  4.  $I = 100 \text{ Вт/м}^2$
- 4. Предельно допустимые уровни среднечастотного шума на рабочих местах:**
  1. 90-100
  2. 85-90
  3. 75-80
- 5. Необратимые поражения слуха могут возникнуть при интенсивности звука:**
  1. 30 дБ
  2. 85дб
  3. 100дб
  4. 130дб
- 6. Шум имеет:**
  1. сплошной спектр
  2. линейчатый спектр
  3. постоянную частоту
- 7. Акустический спектр-это набор .... с указанием их относительной интенсивности:**
  1. частот
  2. амплитуд
  3. звуков
- 8. Звуки представляющие сочетание множества тонов: частота, форма, интенсивность и продолжительность которых беспорядочно меняются называется:**
  1. инфразвуком
  2. шумом
  3. акустическим спектром
- 9. Чистый тон-это колебания с:**
  1. переменной частотой и амплитудой

2. переменной частотой и постоянной амплитудой
3. постоянной частотой и амплитудой
4. постоянной частотой и переменной амплитудой

**10. Низкочастотные шумы лежат в диапазоне:**

1. 300-800 Гц
2. 16-350 Гц
3. более 800 Гц
4. 0-300Гц

## **Модуль 2**

### **Лабораторная работа № 4**

#### **Изучение медицинского аппарата для гальванизации**

##### **1. Цель работы:**

1. Изучить устройство и принцип действия аппарата для гальванизации.
2. Определить порог болевого ощущения.

##### **2. Приборы и принадлежности**

1. Аппарат для гальванизации с комплектом электродов «Поток – 1».
2. Физиологический раствор, марлевые прокладки.

##### **3. Теоретическое введение**

**Гальванизацией** называется метод физиотерапии, при котором используется воздействие на организм человека с лечебной целью постоянным током малой силы (40-50 мА) и низкого напряжения (40-50 В).

Электрический ток при гальванизации подводится от источника тока к телу человека с помощью проводов и свинцовых электродов.

Для улучшения проводимости тока через кожу необходимо применять прокладки, смоченные физраствором.

Ток проходит в организм человека через неповрежденную кожу в основном по выводным протокам потовых желез. Вследствие небольшого количества потовых желез и высокого омического сопротивления кожного барьера при гальванизации большая часть напряжения, подводимого к электродам, приходится на кожу и здесь преимущественно поглощается электрическая энергия. Именно поэтому при гальванизации, прежде всего, происходит раздражение кожных рецепторов.

Действие постоянного тока на организм определяется прохождением тока через ткани и вызываемыми в них физико-химическими сдвигами. Вследствие сложности состава и неоднородности микроструктуры тканей

прохождение тока и вызываемое им перемещение заряженных части происходят неравномерно и не по кратчайшему пути между электродами, как это наблюдается в однородных средах. В организме ток распространяется по пути наименьшего омического сопротивления, преимущественно по межклеточным пространствам, кровеносным и лимфатическим сосудам, оболочкам нервных стволов, мышцам.

**Эффекты, возникающие в тканях организма под действием аппарата для гальванизации:**

1. электролиз
2. поляризация
3. ионная асимметрия
4. электродиффузия
5. электроосмос

### **1. Электролиз**

При прохождении постоянного тока через тело человека между электродами возникает электрическое поле. Под воздействием электрического поля молекулы в тканях распадаются на электрически заряженные ионы.

Положительно заряженные ионы ( $H^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{+}$  и т.д.) движутся по направлению к катоду (отрицательному электроду) и называются катионами.

Отрицательно заряженные ионы ( $OH^-$ ,  $Cl^-$ ,  $CO_3^-$ ,  $SO_3^-$  и т.д.) движутся к аноду (положительному электроду) и называются анионами. Достигнув электродов ионы теряют свой электрический заряд и превращаются в нейтральные атомы.

Этот процесс называется *электролизом*. Взаимодействуя с водой эти атомы образуют продукты электролиза. Под анодом образуется кислота ( $HCl$ ), а под катодом щелочь ( $KOH$ ,  $NaOH$ ). Продукты электролиза являются химически активными веществами и могут вызвать химический ожог подлежащих тканей. Для предотвращения ожога необходимо применять прокладки, смоченные физраствором.

### **2. Поляризация**

**Электрическая поляризация** — это скопление у мембран противоположно заряженных ионов с образованием электродвижущей силы, имеющей направление, обратное приложенному напряжению.

Мембраны создают препятствия для движения токов, так как обладают ёмкостными свойствами (свойствами конденсатора). Ионы скапливаются у мембран и формируют добавочные полюса в толще тканей, между которыми возникают добавочные токи, получившие название *«поляризационных токов»*. Эти токи повышают сопротивление прохождению гальванического тока в тканях организма.

Поляризация происходит в тканях, находящихся на пути прохождения тока. Затухает поляризация в течение нескольких часов, с чем в какой-то степени связано длительное последствие постоянного тока.

### **3. Ионная асимметрия**

При прохождении через ткани постоянного тока катионы движутся к катоду, а анионы — к аноду. Неодинаковая скорость перемещения ионов

связана с различиями в их физико-химических свойствах (заряд, радиус, гидратация и др.). Поэтому после гальванизации возникает ионная асимметрия, сказывающаяся на жизнедеятельности клеток, скорости протекания в них биофизических, биохимических и электрофизиологических процессов. Наиболее характерным проявлением ионной асимметрии можно считать преобладание у катода одновалентных катионов, а у анода — двухвалентных анионов. Такие изменения сопровождаются повышением возбудимости нервных окончаний у катода. У анода происходят противоположные сдвиги.

#### **4. Электродиффузия**

Электрический ток изменяет проницаемость тканей и увеличивает пассивный транспорт крупных белковых молекул и других веществ.

#### **5. Электроосмос- это перенос воды, заряженными ионами.**

Под действием электрического поля в тканях возникает разнонаправленное движение молекул свободной и захваченной в гидратные оболочки ионов (Na, K, Cl) воды примембранного слоя относительно клеток. Из-за того, что количество молекул воды в гидратных оболочках катионов больше, чем у анионов, содержание воды под катодом увеличивается, под анодом — уменьшается.

#### **Физиологическое и лечебное действие**

Воздействие гальваническим током сопровождается возникновением разнообразных физиологических реакций.

Местные изменения касаются преимущественно кожи. При гальванизации развивается гиперемия, более выраженная в области катода. Она способствует улучшению обмена веществ, оказывает рассасывающее действие, служит источником рефлекторного раздражения. В коже и подлежащих тканях происходит усиленное образование биологически активных веществ (ацетилхолин, гистамин, гепарин и др.), преимущественно на катоде. Под влиянием гальванизации усиливаются окислительные процессы в коже, увеличивается число активных кожных желез.

Перераспределение ионов, накопление продуктов электролиза, образование биологически активных соединений и другие физико-химические сдвиги ведут к раздражению рецепторов, заложенных в коже.

При гальванизации отмечаются урежение сердечной деятельности, снижение повышенного давления, улучшение кровообращения и стимуляция трофических процессов в органах, стимуляция лимфообращения, усиление секреторной и моторной функций желудка и кишечника, улучшение метаболических функций печени. В общем, на состояние внутренних органов гальванизация оказывает нормализующее действие.

**Аппарат для гальванизации** представляет собой **выпрямитель переменного тока**, снабженный фильтром для сглаживания пульсаций переменного тока.

## Внешний вид прибора



- 1 – сигнальная лампочка
- 2 – переключатель напряжения
- 3 – ручка потенциометра
- 4 – выключатель цепи
- 5 – выходные клеммы
- 6 – переключатель шунта
- 7 – миллиамперметр

**Блок-схема аппарата для гальванизации (рис.1) включает:**

- понижающий трансформатор;
- выпрямитель со сглаживающим фильтром;
- терапевтический контур (потенциометр, миллиамперметр, клеммы для подсоединения пациента).

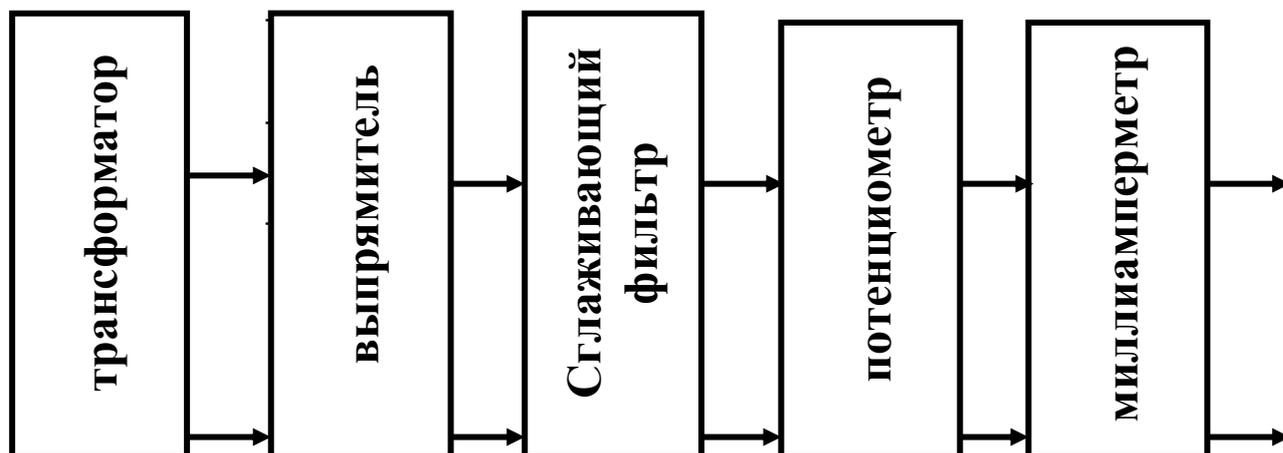
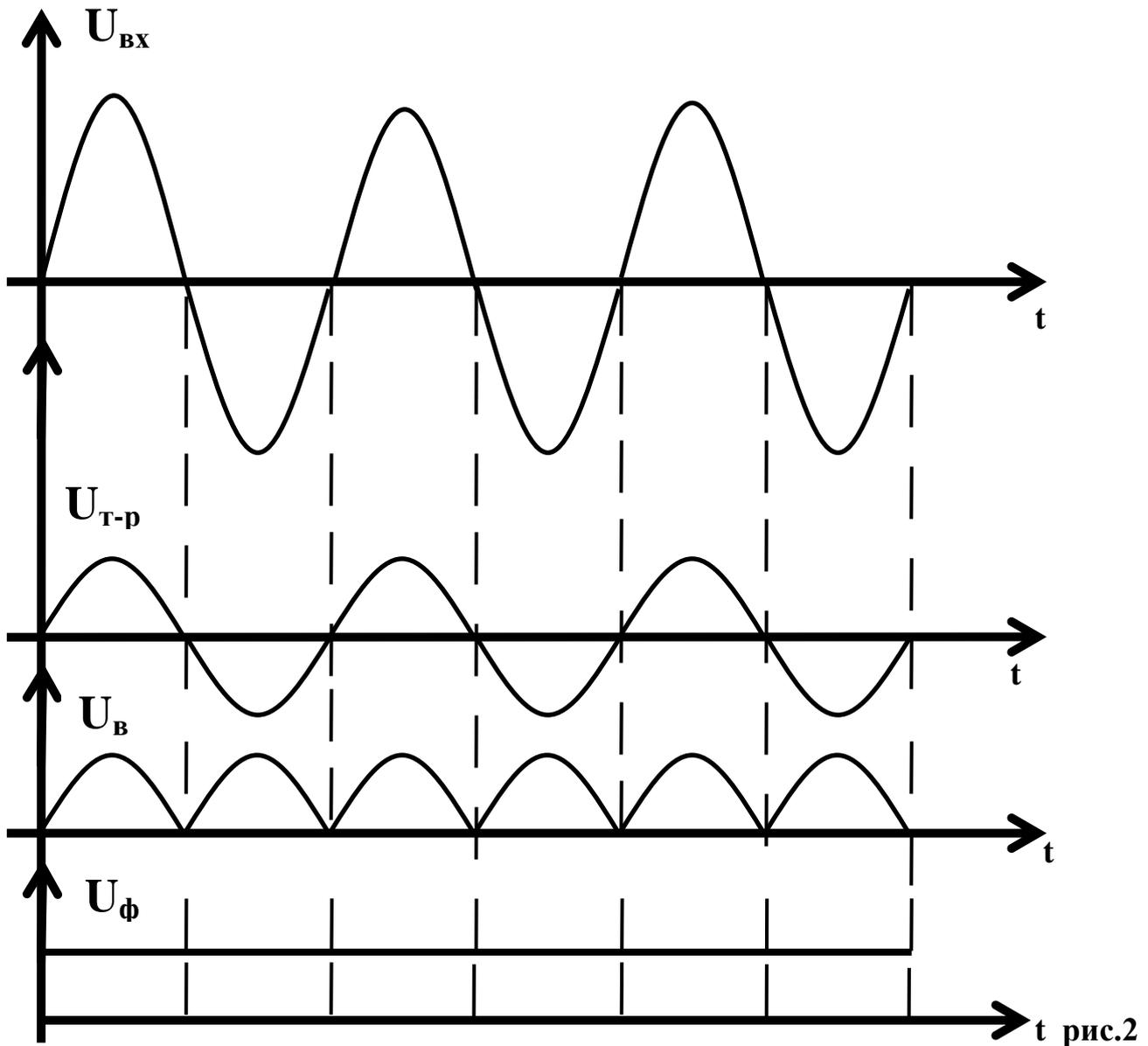


рис.1



1. Первым блоком является понижающий трансформатор, уменьшающий напряжение на входе ( $U_{BX}$ ) от 220 В до 40-60 В на выходе трансформатора ( $U_{Т-р}$ ).
2. Второй блок - выпрямитель собирается на полупроводниковых диодах. Вместо синусоидального переменного тока появляется пульсирующий ток одного направления (постоянный ток).
3. Сглаживающий фильтр состоит из дросселя и конденсаторов и нужен для уменьшения пульсаций тока.
4. Напряжение снимается на клеммы пациента с потенциометра и измеряется миллиамперметром. Потенциометр необходим для регуляции силы тока в цепи пациента.

**Форма напряжения показана на рис 2:**

$U_{BX}$  – сетевое напряжение,  
 $U_{Т-р}$  - напряжение на выходе трансформатора,  
 $U_{В}$  - напряжение на выходе выпрямителя,

$U_{\phi}$ - напряжение на выходе фильтра,  
 $U_{\text{вых}}$  – напряжение, подаваемое на пациента.

## Исследовательская часть работы

### Задание 1

#### Знакомство с устройством и принципом действия аппарата

1. Перед включением аппарата в сеть, выключатель поставить в положение «**выкл**», ручку потенциометра – в крайнее левое положение, переключатель шунта миллиамперметра – в положение **5 мА**.
2. Поставить выключатель сети в положение «**вкл**». Дать аппарату прогреться в течение 2-х минут.
3. Поворачивая ручку потенциометра вправо, нужно следить за движением стрелки миллиамперметра. При плавном перемещении ползунка потенциометра стрелка миллиамперметра должна двигаться по часовой стрелке плавно и без скачков.
4. Если это имеется, аппарат можно считать исправным и готовым к эксплуатации.
5. При возвращении ползунка потенциометра в крайнее левое положение можно приступить к процедурам.

### Задание 2

#### Определение порога болевого ощущения

1. Подключив к выходным клеммам свинцовые электроды, покрытые марлей, смоченной физиологическим раствором, укрепить электроды на противоположных сторонах кисти руки.
2. При медленном вращении ручки потенциометра определить наименьшую силу тока, при которой появляется легкое покалывание. Повторить опыт три раза, вычислить среднее значение тока.
3. Найти площадь электродов.
4. Определить порог болевого ощущения по формуле:

$$j = \frac{I_n}{S}, \quad \text{где } j - \text{порог болевого ощущения; } I_n - \text{сила тока (мА);}$$

$S$  - площадь электрода ( $\text{см}^2$ ).

5. Данные эксперимента занести в таблицу:

№	Длина электрода (см)	Ширина электрода (см)	Площадь электрода $S(\text{см}^2)$	Сила тока $I(\text{мА})$	Плотность тока $J(\text{А}/\text{см}^2)$	Среднее значение плотности тока $J(\text{А}/\text{см}^2)$
1.						
2.						
3.						

## **Вывод:**

### **Контрольные вопросы**

1. Дать определение метода гальванизации.
2. Объяснить эффекты, возникающие в тканях организма под влиянием постоянного тока (электролиз, поляризация, ионная асимметрия, электродиффузия, электроосмос).
3. Физиологическое и лечебное действие гальванизации.
4. Объяснить блок-схему аппарата для гальванизации.
5. Электрофорез, определение, смысл и преимущества перед другими способами введения лекарственного вещества.
6. Объясните действие лекарственного электрофореза.
7. Какие лекарственные ионы можно вводить методом электрофореза в организм больного?
8. Изложите показания для лечебного применения гальванизации и лекарственного электрофореза.
9. Алгоритм определения порога болевого ощущения.

### **Литература:**

1. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 19, стр. 336-337.
2. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 495-498.
3. В.М. Боголюбов, Г.Н. Пономаренко, Общая физиотерапия, 2007, стр. 46-55.
4. Конспект лекции по теме: Физиотерапия.

### **Тесты:**

#### **1. Гальванизация-это метод, в котором используется с лечебной целью воздействие на пациента:**

1. электромагнитного поля
2. электрической составляющей электромагнитного поля
3. постоянного тока в непрерывном режиме низкого напряжения (40-80В), малой силы (до 50мА)
4. постоянного тока в импульсном режиме

#### **2. Порог болевого ощущения-это:**

1. наименьшая сила тока, при которой появляется легкое покалывание
2. наибольшая сила тока, при которой появляется легкое покалывание
3. наименьшая сила тока, при которой появляется выраженное покалывание

#### **3. Основу аппаратов для гальванизации и электрофореза составляет:**

1. мультивибратор
  2. блокинг-генератор
  3. генератор незатухающих колебаний
  4. выпрямитель переменного ток
- 4. Расположите в порядке следования блоки аппарата для гальванизации:**
1. сглаживающий фильтр
  2. трансформатор понижающий
  3. миллиамперметр
  4. выпрямитель
  5. электроды
- 5. Эффекты, возникающие в тканях организма под действием аппарата для гальванизации:**
1. тепловой эффект
  2. резонансное поглощение энергии молекулами воды
  3. возбуждение тканей
  4. электролиз, поляризация, ионная асимметрия, электродиффузия, электроосмос
- 6. При гальванизации, прежде всего, происходит раздражение:**
1. мышц
  2. кожных рецепторов
  3. внутренних органов
  4. нервных клеток
- 7. Электроосмос- это перенос воды, заряженными ионами в гидратных оболочках под действием:**
1. ультрафиолетового излучения
  2. постоянного электрического тока
  3. рентгеновского излучения
  4. магнитного поля
- 8. При гальванизации ток проходит в организм человека:**
1. через неповрежденную кожу
  2. через клетки кожи
  3. в основном по выводным протокам потовых желез
  4. по протокам слюнных желез
- 9. Электродиффузия-это изменение проницаемости тканей и увеличение пассивного транспорта крупных белковых молекул и других веществ под действием:**
1. ультрафиолетового излучения
  2. рентгеновского излучения
  3. магнитного поля
  4. постоянного электрического тока
- 10. Выпрямитель-это устройство преобразующее:**
1. переменный ток в магнитное поле
  2. постоянный ток в переменный ток
  3. постоянный ток в импульсный ток

4. переменный ток в постоянный ток

## Лабораторная работа № 5

### Определение подвижности ионов методом электрофореза

#### 1. Цель работы:

1. Ознакомиться с физическими основами физиотерапевтического метода-электрофорезом.
2. Определить подвижность ионов перманганата калия ( $\text{KMnO}_4$ ).

#### 2. Приборы и принадлежности:

1. Аппарат для гальванизации
2. Фильтровальная бумага
3. Раствор перманганата калия ( $\text{KMnO}_4$ )

#### 3. Теоретическое введение

**Лекарственный электрофорез** - сочетанное воздействие на организм постоянного электрического тока и вводимого с его помощью лекарственного вещества.

#### **Физические основы лекарственного электрофореза**

В основе электрофореза лежит процесс электролитической диссоциации. **Электролитическая диссоциация** — процесс распада электролита на ионы при его растворении. Химическое вещество, являющееся лекарством, распадается на ионы в водном растворе. При пропускании электрического тока через раствор с медицинским препаратом ионы лекарства начинают перемещаться, проникают через кожу, слизистые оболочки, и попадают в организм человека. Ионы лекарственного вещества проникают в ткани по большей части через потовые железы, но небольшой объем способен проходить и через сальные железы. Лекарственное вещество после проникновения в ткани через кожу равномерно распределяется в клетках и межклеточной жидкости. Электрофорез позволяет доставить лекарственный препарат в неглубокие слои кожи – эпидермис и дерму, откуда он способен всасываться в кровь и лимфу через микрососуды. Попав в кровоток и лимфоток, медицинский препарат доставляется ко всем органам и тканям, но максимальная концентрация сохраняется в области введения лекарства. Количество лекарственного вещества, которое может всосаться в ткани из раствора при проведении процедуры электрофореза, зависит от множества факторов: степень диссоциации; размер, заряд и подвижность иона; свойства растворителя; концентрация вещества в растворе; плотность электрического тока; длительность процедуры; возраст человека; состояние кожных покровов; общее состояние организма.

Физическая активность ионов лекарственных веществ зависит как от их структуры, так и от степени электролитической диссоциации. Она неодинакова в различных растворителях и определяется диэлектрической проницаемостью ( $\epsilon$ ) последних. Наибольшей подвижностью в электрическом поле обладают лекарственные вещества, растворенные в воде ( $\epsilon=81$ ). Введение лекарственных веществ в ионизированной форме существенно увеличивает их подвижность и фармакологический эффект. С усложнением структуры лекарственного вещества его физическая подвижность

существенно уменьшается. С ростом температуры растёт подвижность ионов. Подвижности ионов представляют собой очень маленькие величины. В таблице даны значения подвижности некоторых ионов для неконцентрированных водных растворов.

Катион	Подвижность иона $\mu, 10^{-5} \left(\frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}\right)$	Анион	Подвижность иона $\mu, 10^{-5} \left(\frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}\right)$
$\text{H}^+$	349,8	$\text{OH}^-$	198,3
$\text{Fe}^{+++}$	68	$\text{I}^-$	78,8
$\text{K}^+$	73,5	$\text{Br}^-$	78,1
$\text{Mn}^{++}$	53,5	$\text{Cl}^-$	76,4
$\text{Na}^+$	50,1	$\text{F}^-$	55,4

### Лечебные эффекты лекарственного электрофореза

Местное действие электрофореза обусловлено высокой концентрацией лекарства в месте введения.

Электрофорез оказывает следующие терапевтические эффекты:

1. Под анодом: противовоспалительный; обезвоживающий (способствует выходу жидкости из тканей и сходу отеков); обезболивающий; успокаивающий;
2. Под катодом: сосудорасширяющий; расслабляющий (особенно в отношении мышц); нормализация обмена веществ, питания органов и тканей; секреторный (выработка и выброс в кровь биологически активных веществ).
3. Некоторые препараты усиливают кровоток в тканях, расположенных в межэлектродном пространстве и стимулируют репаративную регенерацию в тканях.

Доля лекарственного вещества, проникающего в организм при помощи электрофореза, составляет 5-10% от используемого при проведении процедуры.

**Введение лекарственного препарата при помощи электрофореза имеет следующие преимущества перед другими способами введения препарата:**

- пролонгированный эффект лекарства за счет создания в коже депо, и медленного высвобождения средства в кровоток, период выведения лекарственного вещества из кожного депо составляет от 3 часов до 15-20 суток;
- медленное выведение лекарства из организма;
- снижение эффективной терапевтической дозы;
- возможность доставить лекарство в нужную область организма;
- поступающие в организм препараты накапливаются локально, что позволяет создавать их значительные концентрации в зоне поражения или

патологического очага и, соответственно, низкий риск развития побочных эффектов;

- доставка лекарственного препарата сразу в активированной форме;
- безболезненная доставка лекарства в нужную область тела;
- сохранность нормальной структуры тканей при введении лекарства;
- отсутствуют также побочные эффекты перорального и парентерального введения лекарственных веществ и значительно реже возникают аллергические реакции;
- применяемые растворы не требуют стерилизации.

#### **Показания:**

Определяются с учетом фармакологических эффектов вводимого лекарственного вещества и показаний для гальванизации.

#### **Противопоказания:**

Помимо противопоказаний для гальванизации, к ним относятся противопоказания для применения вводимого лекарственного препарата (непереносимость, аллергические реакции на вводимые лекарства).

#### **Параметры:**

Для проведения процедур применяют токи, параметры которых определяются величинами, используемыми для гальванизации. Дозировки лекарственных веществ обычно не превышают их разовых доз для парентерального и перорального введения.

Лекарственные вещества вводят в организм с одноименного полюса, заряд которого соответствует знаку активной части лекарственного вещества. Если необходимо ввести обе части лекарственного вещества, его вводят с обоих полюсов. Ионы металлов и большинство алкалоидов вводят с положительного полюса, тогда как ионы кислотных радикалов и металлоиды - с отрицательного (рис. 1).

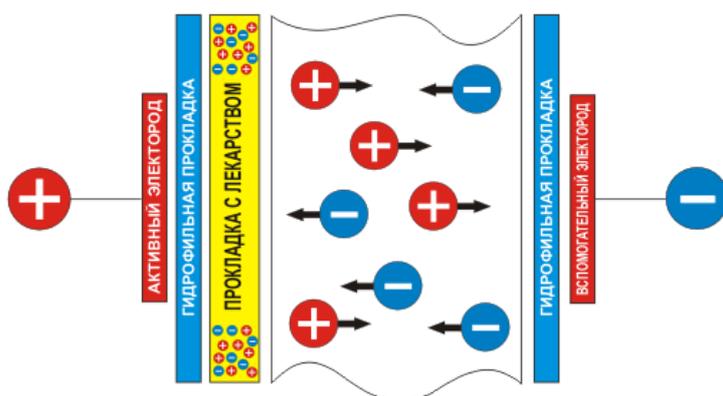


рис. 1

Подводимый к больному ток дозируют по плотности. Предельно допустимая плотность тока при проведении лекарственного электрофореза не превышает 0,05-0,1 мА/см<sup>2</sup>. Кроме объективных показателей, для дозиметрии используют и субъективные ощущения больного.

Во время процедуры он должен чувствовать легкое покалывание (пощипывание) под электродами. Появление чувства жжения служит сигналом к снижению плотности подводимого тока. Продолжительность процедур и длительность курса не превышают аналогичных величин для гальванизации. Их определяют с учетом фармакодинамики вводимого вещества.

Рассмотрим один из параметров, от которого зависит количество лекарственного вещества, которое может всосаться в ткани из раствора при проведении процедуры электрофореза: **подвижность иона**.

### **Теоретическое обоснование определения подвижности ионов методом электрофореза**

Характеристикой стационарного движения частицы является подвижность иона. Установившееся движения частицы в электрическом поле определяется равенством силы, действующей со стороны электрического поля и силы сопротивления среды:  $F_3 = F_c$

Направленно ион в электрическом поле движется под действием силы:  $F_3 = qE = zeE$ . Движение можно считать равномерным, если сила действующая со стороны электрического поля уравнивается силой трения, которая прямо пропорциональна скорости движения:  $F_c = k \cdot v$  или  $zeE = k \cdot v$ , где  $E$ - напряжённость электрического поля,  $z$ -валентность иона,  $e$ - заряд иона,  $v$ - скорость иона,  $k$ -коэффициент трения.

Из этого уравнения определим скорость движения иона:  $v = \frac{zeE}{k} = bE$

Коэффициент пропорциональности  $b$  называют подвижностью ионов-  $\frac{ze}{k} = b$

Тогда получаем:  $v = b \cdot E$  или  $b = \frac{v}{E}$ . Для определения скорости иона

измеряют путь пройденный ионом и время за которое этот путь пройден:

$v = \frac{S}{t}$ . Напряжённость электрического поля выражают через напряжение и

расстояние между электродами:  $E = \frac{U}{d}$ . В результате получаем

окончательную формулу для определения подвижности ионов:  $b = \frac{S \cdot d}{t \cdot U}$

Подвижности ионов представляют собой очень малые величины.

### **Практическая часть работы:**

1. Включить аппарат для гальванизации.
2. Смочить фильтровальную бумагу физиологическим раствором.
3. Установить электроды на расстоянии приблизительно **10см** на фильтровальной бумаге.
4. Установить силу тока приблизительно **20 мА**.
5. Напряжение между электродами равно **35В**.

6. Капнуть раствор перманганата калия ( $\text{KMnO}_4$ ) в середине бумаги и засечь время движения ионов.
7. Наблюдать за движением ионов в течении **1 мин.**
8. Измерить путь, пройденный ионами за это время.
9. Рассчитать значение подвижности ионов.
10. Данные занести в таблицу.
11. Эксперимент повторить три раза.
12. Рассчитать среднее значение подвижности ионов.

	Путь, пройденный ионом <b>S</b> (см)	Время движения <b>t</b> (мин)	Расстояние между электродами <b>d</b> (см)	Напряжение между электродами <b>U</b> (В)	Подвижность иона <b>b</b> $\frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$	Среднее значение подвижности иона- <b>b</b> $\frac{\text{см}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$
1.						
2.						
3.						

### Контрольные вопросы:

1. Дать определение лекарственного электрофореза.
2. Дать определение электролитической диссоциации.
3. Физические основы лекарственного электрофореза.
4. Перечислить факторы, влияющие на количество лекарственного вещества, которое может всосаться в ткани из раствора при проведении процедуры электрофореза.
5. От чего зависит форетическая активность ионов лекарственных веществ?
6. Пути проникновения лекарственного вещества в организм человека.
7. Лечебные эффекты лекарственного электрофореза.
8. Перечислить преимущества введения лекарственного препарата при помощи электрофореза перед другими способами введения.
9. Теоретическое обоснование определения подвижности ионов методом электрофореза (вывод формулы подвижности ионов).
10. Объяснить практическую часть работы (определение подвижности ионов марганца).

### Литература:

1. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 19, стр. 336-337.
2. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 495-498.
3. В.М. Боголюбов, Г.Н. Пономаренко, Общая физиотерапия, 2007, стр. 55-61.
4. Конспект лекции по теме: Физиотерапия.

### Тесты:

1. Подвижность ионов определяется формулой:

$$1. b = \frac{S \cdot d}{t \cdot U}$$

$$2. v = \frac{zeE}{k}$$

$$3. zeE = k \cdot v$$

$$4. j = \frac{I_n}{S}$$

**2. Электрофорез-это метод сочетающий воздействие на организм с лечебной целью:**

1. электромагнитного поля и электромагнитных волн
2. постоянного непрерывного тока и вводимых с его помощью лекарственных веществ
3. постоянного тока в импульсном режиме и вводимых с его помощью лекарственных веществ

**3. При установившемся движении иона в электрическом поле:**

1. сила, действующая со стороны электрического поля равна силе сопротивления среды
2. сила, действующая со стороны электрического поля больше силы сопротивления среды
3. сила, действующая со стороны электрического поля меньше силы сопротивления среды

**4. Вводимое вещество при электрофорезе с анода:**

1. ионы металлов
2. кислотные радикалы

**5. Анионы-это...., которые движутся по направлению к аноду (положительному электроду):**

1. положительно заряженные ионы (H<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+</sup> и т.д.)
2. отрицательно заряженные ионы (OH<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>-</sup> и т.д.)

**6. Метод, сочетающий воздействие на организм постоянного непрерывного тока низкого напряжения, малой силы, и вводимых с его помощью лекарственных веществ называется:**

1. электростимуляцией
2. местной дарсонвализацией
3. гальванизацией
4. электрофорезом

**7. Вводимое вещество при электрофорезе с катода:**

1. ионы металлов
2. кислотные радикалы

**8. При гальванизации в организме ток распространяется:**

1. по пути наименьшего омического сопротивления
2. по кратчайшему пути между электродами

**9. При гальванизации отрицательно заряженные ионы ( $\text{OH}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$  и т.д.) движутся по направлению к аноду и взаимодействуя с водой образуются продукты электролиза:**

1. кислота ( $\text{HCl}$ )
2. щелочь ( $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ )

**10. Электролитическая диссоциация-это:**

1. процесс распада электролита на ионы при его растворении
2. движение ионов в электрическом поле
3. изменение положения диполей в электрическом поле

## **Лабораторная работа № 6**

### **Изучение аппарата для электростимуляции**

**1.Цель работы:** 1. Изучить физические основы работы аппарата для электростимуляции.  
2. Вызвать движение пальцев кисти стимуляцией мышц предплечья.

**2.Приборы:** Электронный массажёр для стимуляции нервных окончаний OMRON.

### **3.Теоретическое введение**

**Электродиагностика-** это применение электрического тока с целью определения состояния и функциональных возможностей определенных органов и систем в зависимости от их реакции при различных параметрах воздействия.

Прежде чем проводить электростимуляцию, вначале проводят электродиагностику. При электродиагностике подбирают параметры импульсов (частоту, длительность, амплитуду) при которых восстанавливается двигательная функция поражённого органа).

**Электростимуляция** – лечебное воздействие импульсного постоянного тока низкой частоты (0,5–160 Гц), малой силы тока (до 15мА) и длительностью импульсов 1 – 1000 мс.

**Электростимуляция** - лечебное применение импульсных токов для восстановления деятельности органов и тканей, утративших нормальную функцию. В физиотерапии электростимуляцию применяют для воздействия на поврежденные нервы и мышцы, а также внутренние органы, содержащие в своей стенке гладкомышечные элементы (бронхи, желудочно–кишечный тракт, мочевой пузырь).

При проведении электростимуляции выбирают форму импульсного тока, частоту следования импульсов и регулируют их амплитуду. Длительность используемых для электростимуляции импульсов составляет 1-1000 мс. Для мышц лица и кисти сила тока составляет 3-5 мА, а для мышц плеча, голени и

бедра - 10-15 мА. Частота для скелетных мышц-150-180 Гц, нервных волокон 400-600 Гц.

Электрический **непрерывный постоянный ток** обладает гальванизующим (поляризующим) действием на возбудимые ткани: нервную, мышечную, железистую.

У переменного тока - раздражающий эффект. Гальванизующего эффекта практически нет.

Чтобы сохранить раздражающее действие тока и устранить гальванизующий эффект его на ткани используют **прерывистый постоянный ток**, который называется **импульсным током**. Наибольшее раздражающее действие наблюдается в момент замыкания и размыкания цепи под отрицательным электродом (катодом), меньшее - под положительным электродом (анодом).

### **Закон Дюбуа-Реймона**

Раздражение вызывается при изменении силы тока и зависит от скорости

изменения тока:  $\frac{dI}{dt} = \frac{d^2q}{dt^2} = a$

Раздражающее действие тока обусловлено ускорением при перемещении ионов тканевых электролитов.

Рассмотрим одиночный импульс постоянного тока.

**Раздражающее действие одиночного импульса тока зависит от:**

- формы
- длительности
- амплитуды
- частоты следования импульсов

**Для проведения классической электростимуляции применяют токи следующей формы:**

1. Постоянный ток с ручным прерыванием длительности:



2. Импульсный ток прямоугольной формы (токи Ледюка) продолжительностью 0,1-100мс, частотой 0,5-160 имп·с<sup>-1</sup>:



3. Импульсный ток треугольной формы (тетанизирующий ток) с продолжительностью импульса 1-1,5мс, частотой 100имп·с<sup>-1</sup>:



4. Импульсный ток экспоненциальной формы (токи Лапика), продолжительностью 1,6-60 мс и частотой 0,5-120 имп·с<sup>-1</sup>:

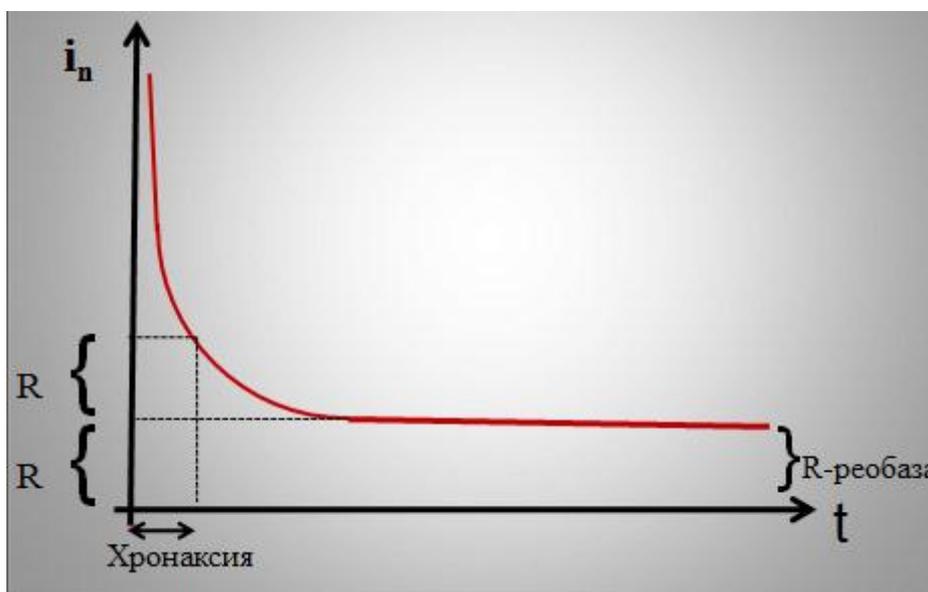


**Раздражающее действие прямоугольных импульсов в значительной мере зависит от их длительности**, обуславливающей наибольшее смещение иона за время действия импульса. Эта зависимость описывается уравнением **Вейса-Лапика**:

$$i_n = \frac{a}{t} + b$$

где  $i_n$ - пороговая сила тока.

**График зависимость пороговой силы тока от длительности импульса:**



**Вывод:**

1. Кратковременные импульсы не оказывают раздражающего действия ( $i_n \rightarrow \infty$ )
2. Длительные импульсы оказывают раздражающее действие, не зависящее от длительности импульса.  
 $t_n$ - пороговая сила тока называется **реобазой**.
3. **Реобаз**- это пороговая сила тока, при которой раздражающее действие не зависит от длительности импульса.
4. **Хронаксия** –это длительность импульса, имеющего двойную реобазу.

**Механизм воздействия постоянного тока в импульсном режиме**

**Постоянный ток в импульсном режиме вызывает:**

- перераспределение ионов тканевых электролитов у клеточных оболочек,
- изменение обычного биохимизма тканей,
- изменение интенсивности обменных процессов,
- повышение возбудимости у катода и понижение её у анода,
- усиление притока крови к возбуждаемым мышцам,
- синтезу нуклеиновых кислот (РНК),
- стимуляцию мышечной деятельности.

Раздражение электрическим импульсным током у большей части тканей вызывает такую же реакцию, что и естественное возбуждение. Это явление используется в медицине для диагностики и лечения различных органов и систем организма, преимущественно нервной и мышечной ткани.

В лабораторной работе изучается электронный массажёр для стимуляции нервных окончаний OMRON. Данный электронный стимулятор

нервных окончаний предназначен для использования в качестве массажёра для ослабления мышечной боли, онемения и чувства усталости. Эффект массажа достигается за счёт электронного стимулирования нервных волокон посредством электродных пластин, приложенных к коже.

### Возможности прибора

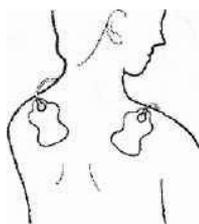
1. **Три режима массажа:** для плечевого сектора, поясницы и ступней.
2. **Возможность выбора интенсивности-**пять уровней интенсивности.
3. **Электродные пластины большого размера.** Размер электродных пластин увеличен, чтобы была задействована большая область, и тем самым повысилась эффективность массажа.

### Эксплуатация прибора

1. Подсоедините шнур к электродным пластинам.
2. Вставьте штекер шнура в гнездо электронного блока.
3. Приложите пластины на указанные области в соответствии с данными иллюстрациями.



### Плечи



Массаж

### Рекомендации по массажу

**Продолжительность:** 10-15 минут на одну зону.

**Частота:** 1-2 раза в день.

**Интенсивность:** на уровне комфортных ощущений

### Контрольные вопросы:

1. Дать определение электростимуляции.
1. Дать определение электродиагностики. Назначение электродиагностики.
2. Чем отличается воздействие постоянного тока от переменного на организм.
3. От чего зависит раздражающее действие одиночного импульса тока?
4. Закон Дюбуа-Реймона, его смысл.

5. Перечислить основные виды импульсных токов, используемых для проведения классической электростимуляции.
6. График зависимость пороговой силы тока от длительности импульса, его смысл.
7. Уравнение Вейса-Лапика, его смысл.
8. Дать определение реобазы и хронаксии, их назначение.
9. Механизм действия импульсного тока на организм при электростимуляции.
10. Эксплуатация прибора.

#### **Литература:**

1. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 19, стр. 337-342.
2. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 481-486.
3. В.М. Боголюбов, Г.Н. Пономаренко «Общая физиотерапия». 1999, стр. 70-82.
4. Конспект лекции по теме: Физиотерапия.

#### **Тесты:**

##### **1. Электростимуляция – лечебное воздействие:**

1. постоянным током большой силы (больше 15mA) в импульсном режиме, длительностью импульсов (1–10 мс) и частотой следования импульсов (5–16 Гц)
2. переменным током малой силы (до15mA)
3. постоянным током малой силы (до15mA) в импульсном режиме, длительностью импульсов (1–1000 мс) и частотой следования импульсов (0,5–160 Гц)
4. переменным током большой силы (больше 15mA)

##### **2. Сила тока при электростимуляции составляет для мышц лица:**

1. 3-50 мА
2. 10-15 мА
3. 100-150 мА
4. 3-5 мА

##### **3. Какой физической величиной является реобаза?**

1. сила тока
2. время
3. напряжение
4. частота

##### **4. Минимальная сила тока или его напряжение, необходимое для получения двигательного возбуждения называется:**

1. сверхпороговой
2. надпороговой
3. пороговой

##### **5. Пороговая сила тока-это:**

1. наибольшая сила тока, при которой происходит возбуждение тканей
2. наименьшее напряжение, при котором происходит возбуждение тканей

3. наименьшая сила тока, при которой происходит возбуждение тканей  
наименьшая частота тока, при которой происходит возбуждение тканей

**6. Хронаксия—это длительность импульса:**

1. имеющего тройную реобазу
2. имеющего большую длительность
3. имеющего малую длительность
4. имеющего двойную реобазу

**7. Закон Вейса-Лапика даёт зависимость пороговой силы тока от:**

1. формы импульса
2. длительности импульса
3. амплитуды импульса
4. частоты импульса

**8. Раздражающее действие одиночного импульса зависит от:**

1. формы, длительности, амплитуды
2. знака заряда
3. напряжения
4. величины электрического поля

**9. Электродиагностика- это определение состояния и функциональных возможностей определенных органов и систем в зависимости от их реакции при различных параметрах воздействия:**

1. постоянным непрерывным током
2. переменным током
3. постоянным током в импульсном режиме
4. электромагнитным полем

**10. Наибольшее раздражающее действие импульсного тока при электростимуляции наблюдается:**

1. в момент замыкания и размыкания цепи
2. после замыкания цепи

## **Лабораторная работа № 7**

### **Изучение аппаратов для местной дарсонвализации «ДЕ-212 КАРАТ»**

**Цель работы:** Ознакомиться с работой аппаратов для местной дарсонвализации «ДЕ- 212 КАРАТ».

**Приборы и принадлежности:**

1. Аппарат «ДЕ-212 КАРАТ»
2. Комплект газонаполненных электродов.

#### **Теоретическое введение**

В воздухе и в других газах в естественных условиях всегда имеется небольшое количество свободных электронов и ионов, образовавшихся

вследствие ионизирующего действия природных факторов: ультрафиолетовой части солнечного излучения, космического излучения, излучения радиоактивных веществ, находящихся в земной коре, и т.д.

Ионизация – это отрыв электрона с внешней орбиты.

Ионизация газа, происходящая под влиянием внешних воздействий, называется **первичной ионизацией**.

Если в газе, в котором поддерживается первичная ионизация, расположить два электрода и приложить к ним постоянное напряжение, то между электродами возникнет движение электронов и ионов – электрический ток.

При движении электроны и ионы испытывают соударения с атомами и молекулами газа (упругие и неупругие). Электрон при упругом соударении с атомом или молекулой может вызвать ионизацию атома или молекулы газа. Это явление называется **вторичной ионизацией** и ведет к быстрому нарастанию числа носителей заряда в газе, соответственно увеличивается и сила тока.

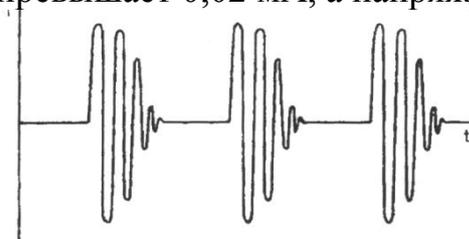
Прохождение электрического тока в газе сопровождается свечением газа, звуковыми явлениями (шипением, треском), образованием в воздухе озона и окислов азота и т.п. Совокупность этих явлений называется **электрическим разрядом в газе**.

В зависимости от интенсивности ионного потока электрический разряд в газах при атмосферном давлении разделяется на **тихий** и **искровой**. При тихом разряде ионный поток имеет невысокую интенсивность. При этом возникает колебательное движение частиц воздуха, появляется характерный звук – шипение.

При достаточно высоком напряжении между электродами возникает **искровой разряд**. Он представляет значительно более интенсивный поток ионов. Искровой разряд сопровождается ярким свечением и сильным треском.

**Дарсонвализация** — это метод физиотерапии, основанный на использовании переменного тока средней частоты (110—400 кГц), высокого напряжения (30кВ) и малой силы (0,02мА).

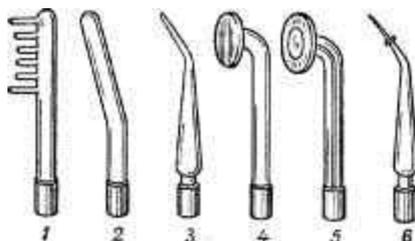
Для местной дарсонвализации используют колоколообразные импульсы переменного тока. Частота следования импульсов составляет  $50 \text{ имп} \cdot \text{с}^{-1}$  (рис.1). Длительность импульсов составляет 100 мкс. Сила тока в разряде не превышает 0,02 мА, а напряжение 50 В.



Токи, используемые для местной дарсонвализации.  
(по оси абсцисс – время- t, по оси ординат - сила тока).

Воздух внутри стеклянных электродов различной формы (рис. 2) разрежен до 6,7-13,5 Па.

**Рис. 2 Конденсаторные вакуум-электроды для местной дарсонвализации:**



- 1 — гребешковый;
- 2 — прямокишечный;
- 3 — ушной;
- 4 — грибовидный;
- 5 — сердечный;
- 6 — коагуляционный

### **Биофизика воздействия переменного тока средней частоты на организм человека**

Электрический ток малой силы не вызывает значительного образования тепла в ткани. Переменный характер тока не успевает вызвать значительных ионных сдвигов в тканевых мембранах и, соответственно, при воздействии дарсонвализации не возникает мышечная сократимость.

Местная дарсонвализация основана на подведении высокого напряжения к коже через вакуумный электрод.

#### **Лечебное действие при местной дарсонвализации**

Лечебное действие при местной дарсонвализации оказывает электрический разряд, возникающий между кожей больного и вакуум-электродом.

Ответная реакция организма на воздействие среднечастотного тока при местной дарсонвализации носит локальный характер. Кратковременный спазм сосудов сменяется расширением их просвета, улучшается циркуляция крови и лимфы, снижаются явления венозного застоя, рассасываются воспалительные очаги, улучшается тканевый кровоток с повышением содержания кислорода в коже. В общем, изменение циркуляции крови сопровождается улучшением трофики тканей, одновременно стимулируется тканевой обмен в организме.

Снижается функция потовых и сальных желез. Через час после проведенной процедуры выявляется гиперемия, которая исчезает через сутки.

Искровой разряд приводит к возникновению в коже очагов микронекрозов, что сопровождается стимуляцией фагоцитоза и выделением биологически активных веществ. Поступающие в кровь продукты белкового распада стимулируют обменные процессы. Кроме того, искровой разряд и образующиеся в около электродном пространстве озон и окислы азота способны оказывать бактерицидный эффект.

Широкое применение получила местная дарсонвализация в косметической практике, в частности для улучшения функционального состояния кожи, повышения ее эластичности, предупреждения развития морщин, облысения за счет снижения потовых и сальных желез, усиления роста волос и выпадения волос.

Дарсонвализация повышает работоспособность мышц, стимулирует образование костной мозоли, улучшает функциональное состояние различных органов и тканей.

Общепринятыми являются две методики местной дарсонвализации: **контактная и дистанционная.**

**При контактной методике** вакуумный электрод плавно водится по высушенной коже лица, что приводит к тихому разряду.

При дистанционной методике электрод водится по коже, а затем отрывается от поверхности над обрабатываемым очагом с образованием воздушной прослойки 0,5-2 см или же водится непрерывно над кожей по массажным линиям с созданием очень узкой воздушной прослойки, что создает у пациента ощущения покалывания.

Электрический ток идет через ионизированный газ или вакуум электрода и его стеклянную стенку и переходит на воздушную прослойку, где возникает тихий или искровой разряд, который через кожу больного уходит в землю. Разряд сопровождается розовым свечением. Для его усиления надо увеличить воздушную прослойку между кожей и электродом – тогда искра становится более интенсивной.

Терапевтическое воздействие дарсонвализации проявляется в болеутоляющем, противозудном, вазомоторном действии, а также в стимуляции процессов заживления тканевых повреждений, увеличении тканевого обмена с улучшением трофики тканей.

### **Показания**

Применяют при кардиальном неврозе, невралгии периферических нервов, варикозном расширении вен, последствиях обморожений, длительно не заживающих ранах, неврите слухового нерва, зуд при диабете или экземе, и т.д. Наиболее часто применяют при косметических процедурах – чистке лица при угревой сыпи, массаже лица при увядающей коже.

### **Аппарат для местной дарсонвализации « ДЕ-212 КАРАТ»**



**В комплекте – 4 насадки, которые позволяют наиболее эффективно обрабатывать любые участки тела:**

- **Насадка-гребешок** – волосы и кожу головы;
- **Насадка-гриб** – кожу, шею, грудь и любые другие открытые участки тела;
- **Насадка-палочка** – точечные прыщи, а также полости;
- **Насадка-рогатка** (она же – Т-образная) – позвоночник, шею и большие участки тела (например, при лечении целлюлита).

### **Основные части аппарата:**

Аппарат представляет собой генератор электрических колебаний средней частоты, высокого напряжения и малой интенсивности, обеспечивающий возникновение тихого и искрового разрядов в газонаполненном электроде. Аппарат обеспечивает возможность регулирования величины напряжения, подаваемого на электрод.

Основные части аппарата для дарсонвализации:

- трансформатор;
- генератор высокого напряжения;
- комплект газонаполненных электродов.

### **Порядок работы с аппаратом «ДЕ-212 КАРАТ»**

1. Установить электрод в держатель, не прикладывая значительного усилия к баллону электрода. Небольшим усилием повернуть по часовой стрелке винт цангового зажима цоколя электрода. Убедиться в том, что электрод достаточно прочно закреплен и установить регулятор амплитуды выходного напряжения в крайнее левое положение.
2. Подключить аппарат к сети переменного тока.
3. Регулятором амплитуды установить необходимую интенсивность искрового разряда по индивидуальному ощущению, т.е. должно чувствоваться легкое покалывание, не вызывающее неприятных ощущений. Электрод непрерывно и плавно перемещать по болезненному участку, не отрывая от поверхности тела.
3. По окончании процедуры регулятор амплитуды выходного напряжения установить в крайнее левое положение и только после этого снять электрод с тела и извлечь аппарат из сети.
4. Извлечь электрод из держателя, отвернув винт цангового зажима.

### **Контрольные вопросы**

1. Дать определение ионизации.
2. Перечислить виды природных факторов, под действием которых возможно образование ионов в воздухе и в других газах в естественных условиях.
3. Дать понятие первичной и вторичной ионизации.
4. Что из себя представляет электрический ток в газе?
5. Что называется электрическим разрядом в газе?
6. Виды разрядов в газе.

7. Дать характеристику искрового разряда.
8. Дать определение местной дарсонвализации.
9. Физиологическое и лечебное действие дарсонвализации.
10. Методики местной дарсонвализации.
11. Показания и противопоказания местной дарсонвализации.
12. Устройство и принцип работы аппарата «ДЕ-212 КАРАТ».

#### **Литература:**

1. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 19, стр. 337-342.
2. В.М. Боголюбов, Г.Н. Пономаренко «Общая физиотерапия». 1999, стр. 111-115.
3. Конспект лекции по теме: Физиотерапия.

#### **Тесты:**

- 1. Метод воздействия с лечебной целью импульсным переменным синусоидальным током высокой частоты ( 110 или 440кГц), высокого напряжения (20кВ) и малой силы (0,02мА) называется:**
  1. электростимуляцией
  2. дарсонвализацией
  3. электрофорезом
  4. гальванизацией
- 2. Указать виды природных факторов, под действием которых возможно образование ионов в воздухе и в других газах в естественных условиях:**
  1. ультрафиолетовая часть солнечного излучения, космическое излучение, радиоактивное излучение
  2. ультразвуковое излучение
  3. лазерное излучение
  4. инфразвуковое излучение
- 3. Электрическим разрядом в газе называется совокупность явлений, включающих:**
  1. свечение газа, звуковые явления (шипение, треск), образование в воздухе озона и окислов азота, движение ионов
  2. движение электронов
  3. ультразвуковые явления
  4. отрыв электрона с внешней орбиты атома
- 4. Искровой разряд сопровождается:**
  1. ярким свечением и сильным треском
  2. ультразвуковым излучением
  3. лазерным излучением
  4. инфразвуковым излучением
- 5. Воздух внутри стеклянных электродов при местной дарсонвализации:**
  1. имеет атмосферное давление
  2. имеет давление выше атмосферного

3. разрежен до 6,7-13,5 Па
4. имеет давление ниже атмосферного

**6. Ионизация – это:**

1. отрыв ядра от атома
2. присоединение электрона к атому
3. отрыв электрона с внешней орбиты атома
4. отрыв протона от ядра атома

**7. Местная дарсонвализация основана на подведении высокого напряжения к коже через:**

1. свинцовые электроды
2. точечные электроды
3. круглые электроды
4. вакуумный стеклянный электрод

**8. Искровой разряд при дарсонвализации оказывает:**

1. тепловое действие
2. ионные сдвиги
3. бактерицидное действие
4. мышечную сократимость

**9. Искровой разряд возникает между электродами при:**

1. низком напряжении
2. переменном напряжении
3. среднем напряжении
4. достаточно высоком напряжении

**10. Неупругое соударение электронов и ионов с атомами газа в электрическом поле, в результате которого происходит ионизация атома или молекулы газа называется:**

1. первичной ионизацией
2. вторичной ионизацией
3. газовым разрядом
4. электрическим током

## **Лабораторная работа № 8**

### **Изучение аппарата УВЧ-терапии**

**1. Цель работы:**

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия аппарата УВЧ-терапии.
2. Исследовать тепловое воздействие переменного электрического поля УВЧ на диэлектрики и электролиты.

**2. Приборы и принадлежности:**

1. Аппарат УВЧ-66.

2. 2 сосуда с растворами.
3. Индикаторная лампочка (неоновая).
4. Термометры.

**УВЧ-терапия**-это метод физиотерапии, в котором используется воздействие на организм человека с лечебной целью электрической составляющей электромагнитного поля, ультравысокой частоты (**40,68 МГц**).

Электромагнитное поле (**ЭМП**) представляет собой совокупность двух переменных, взаимно индуктирующих друг друга электрических и магнитных полей. В ЭМП выделяют две составляющие – электрическую и магнитную. Электрическое поле (**ЭП**) формируется покоящимися заряженными телами. Важнейшей силовой характеристикой **ЭП** является - напряженность **E**, единицей измерения которой является В·м<sup>-1</sup>.

Магнитное поле (**МП**) формируется движущимися зарядами, намагниченными телами и переменным электрическим полем. Важнейшей характеристикой **МП** является - магнитная индукция **B**, которая измеряется в теслах (Тл).

Ткани тела человека по своим электрическим свойствам можно разделить на **проводники электрического тока и диэлектрики**.

**Проводники** (электролиты) - это тела хорошо проводящие электрический ток. К проводникам электрического тока относятся жидкие среды организма (кровь, лимфа, желчь, спинномозговая жидкость, моча), а также мышечная ткань.

**Диэлектрики**-это тела, не проводящие электрического тока.

Плохо проводят ток ткани: костная, жировая, нервная, грубоволокнистая соединительная ткань и зубная эмаль.

При воздействии поля УВЧ в тканях человека наблюдаются два эффекта:

1. тепловой,
2. не тепловой (осцилляторный или физико-химический эффект).

#### **Механизм действия электрического поля УВЧ на растворы электролитов и диэлектриков в тепловой дозировке**

1. **Нагревание электролитов** в поле УВЧ происходит за счет движения ионов, т.е. тока проводимости. При этом энергия тока переходит во внутреннюю. Количество теплоты **q**, выделившееся в единицу времени в единице объема электролита, зависит от напряженности электрического поля:

$$q_1 = E^2/\rho, \text{ где}$$

**E**– значение напряженности электрического поля;

**ρ** – удельное сопротивление электролита.

2. **В диэлектрике** под действием высокочастотного электрического поля происходит непрерывная переориентация дипольных моментов. Полярные молекулы совершают вращательные движения около среднего положения. Усиление движения молекул сопровождается увеличением запасов их

кинетической энергии, что соответствует росту температуры, т.е. энергия электрического поля трансформируется в тепловую энергию.

Колебания диполей отстают по фазе от колебаний напряженности электрического поля. Количество теплоты, выделяемое в единице объема диэлектрика в единицу времени, выражается формулой:

$$q_2 = \omega E^2 \varepsilon \varepsilon_0 \operatorname{tg} \delta, \text{ где}$$

$\omega$  – круговая частота колебаний;

$\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость диэлектрика;

$\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная вакуума;

$E$  – напряженность поля;

$\delta$  – угол диэлектрических потерь.

В состав организма входят ткани, обладающие свойствами как электролитов, так и диэлектриков, следовательно, под воздействием поля УВЧ в тканях выделяется теплота

$$q = q_1 + q_2$$

При частоте колебаний электрического поля, равной 40,68 МГц, нагревание диэлектриков происходит интенсивнее, чем электролитов, т.е. жировые ткани и водосодержащие структуры нагреваются неодинаково. Например, при воздействии на коленный сустав подкожный жир будет нагреваться более интенсивно, чем внутрисуставная жидкость.

Теплообразование во многом зависит от мощности поля и поглощения энергии тканями.

#### **Механизм действия электрического поля УВЧ в не тепловой дозировке**

Применение электрического поля УВЧ в нетепловой дозировке оказывает выраженное осцилляторное действие. Колебательные движения заряженных частиц приводят к физико-химическим изменениям в клеточной и молекулярной структуре тканей.

Изолировать тепловое и осцилляторное действие практически невозможно, поэтому ответные реакции организма связаны с суммарным эффектом действия электрического поля УВЧ.

При некоторых методиках можно создавать преимущество теплового или осцилляторного действия.

#### **Медицинские показания**

Наиболее полно изучено действие электрического поля УВЧ на воспалительные процессы (суставы, невралгия, бронхиальная астма, энцефалит и других заболевания в не острой фазе).

Влияние электрического поля УВЧ вызывает расширение капилляров, артериол, ускорение кровотока, снижение артериального давления.

В очаге воспаления увеличивается количество ионов кальция. Электрическое поле УВЧ снижает жизнедеятельность бактерий, в то же время замедляет всасывание токсических продуктов из очага воспаления.

Электрическое поле УВЧ оказывает антиспастическое действие на гладкую мускулатуру желудка, кишечника, желчного пузыря, бронхи.

### Физические основы работы аппарата УВЧ-терапии

Аппарат УВЧ-терапии состоит из двух основных блоков:

1. генератора незатухающих колебаний,
2. терапевтического контура.

Генератор незатухающих колебаний состоит из:

1. колебательного контура,
2. источника питания,
3. клапана,
4. катушки обратной связи.

Генератор незатухающих колебаний, который составляет основу аппарата, представляет собой автоколебательную систему, в которой вырабатываются незатухающие электромагнитные колебания за счет энергии источника постоянного напряжения.

#### Блок-схема аппарата УВЧ-66

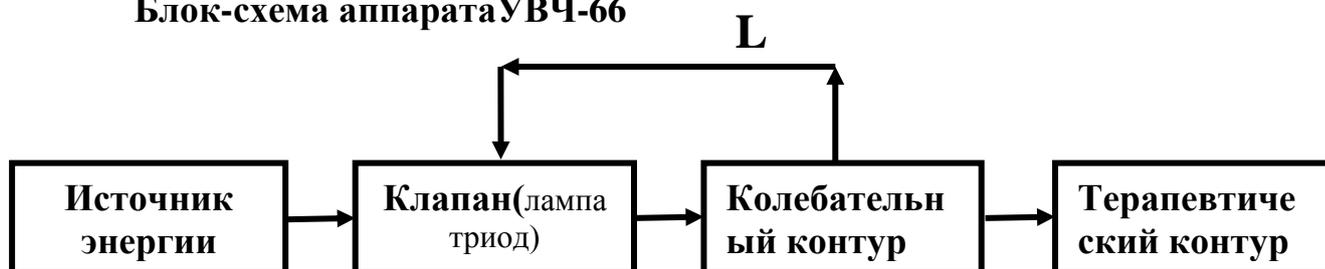


Рис 1

1. **Колебательный контур**(рис. 2)- состоит из катушки индуктивности  $L$  и конденсатора емкости  $C$ .

В колебательном контуре дважды за период происходит превращение энергии электрического поля конденсатора в энергию магнитного поля катушки и наоборот, т. е. **колебательный контур-источник электромагнитных колебаний**.

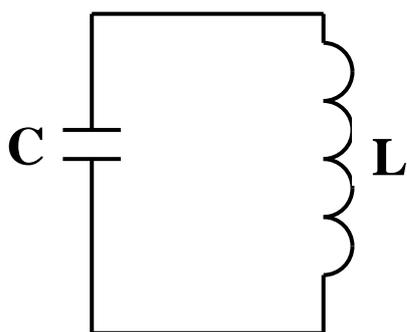


рис.2

2. **Источник питания**(батарея)- необходим, чтобы колебания не затухали. Энергия от источника должна поступать в колебательный контур не непрерывно, а в такт с собственными колебаниями.
3. **Клапан**- необходим для регуляции поступления энергии от батареи в контур.
4. **Обратная связь** необходима для управления работой клапана.

В генераторе кроме высокочастотных колебаний действует также относительно высокое напряжение, питающее лампу. Чтобы больной не мог подвергнуться действию этого высокого напряжения, электроды, с которыми больной соприкасается, включаются в отдельный колебательный контур - **терапевтический (ТК)** (рис3).

Колебательный контур индуктивно связан с контуром генератора. В связи с тем, что в терапевтический контур включаются объекты (например, различные части тела больного), имеющие различные электрические параметры, этот контур должен подстраиваться в резонанс при каждой процедуре. Для этого конденсатор в нем имеет **переменную емкость  $C_T$** .

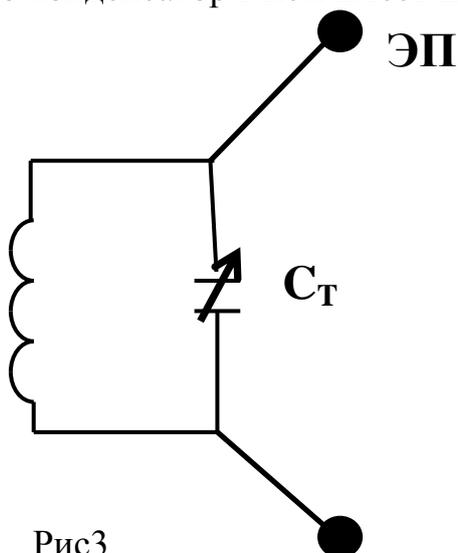


Рис3.

Элементы управления находятся на передней панели и имеют соответствующие надписи.

Переключатель «**Напряжение**» служит для регулировки напряжения в сети. Контроль напряжения в сети осуществляется при нажатии кнопки «**Контроль**». Для изменения мощности, отдаваемой генератором, служит переключатель «**Мощность**», имеющий четыре положения: **0, 20, 40, 70** Вт. Емкость переменного конденсатора терапевтического контура изменяется ручкой «**Настройка**».

### Внешний вид прибора



### Работа с аппаратом УВЧ-66

1. Подключите шнур питания к сетевой розетке.
2. Поставить ручки управления аппарата в исходное положение: переключатель «**Мощность**» в положение **0**, переключатель «**Напряжение**» в положение «**Выкл.**».
3. Нажмите кнопку «**Контроль**» и, увеличивая напряжение с помощью переключателя «**Напряжение**», установите стрелку прибора в пределах красного сектора.
4. Дайте аппарату прогреться 1.5 - 2 мин. и только после этого установите ручку переключателя «**Мощность**» в положение **70**.
5. Поднесите индикатор настройки между электродами и, вращая ручку «**Настройка**», добейтесь максимального свечения неоновой лампочки.
6. Выключите аппарат переводом ручки переключателя «**Мощность**» в положение **0**, а ручку переключателя «**Напряжение**» - в положение «**Выкл.**». Отсоедините вилку шнура от розетки.

### Правила по технике безопасности

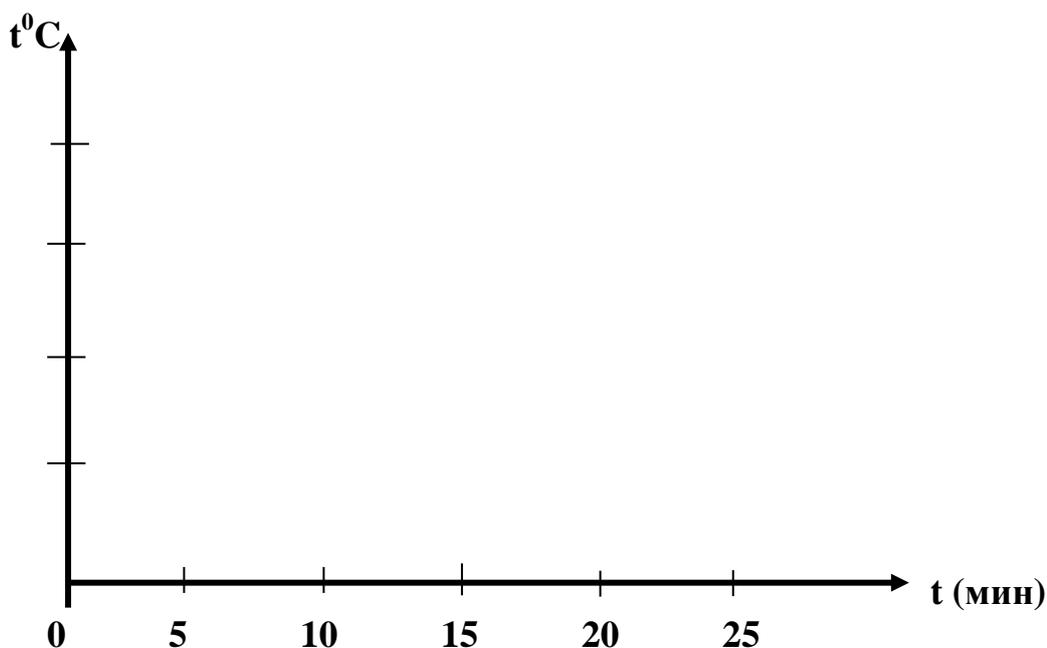
В целях безопасности пациента и обслуживающего персонала при включенном в сеть аппарате **запрещается**: во избежание ожогов токами высокой частоты касаться электродов и проводов металлическими предметами.

### Исследовательская часть работы

1. Поместите между электродами аппарата УВЧ два сосуда: один с раствором поваренной соли (электролит), другой – с вазелиновым маслом (диэлектрик).
2. Опустите в сосуды термометры, измерьте начальную температуру растворов.
3. Измеряйте температуру через каждые 5 минут (в течение 25 минут), данные занесите в таблицу.

№	время (мин)	Температура °С	
		Вазелиновое масло	раствор NaCl
<b>1</b>	<b>0</b>		
<b>2</b>	<b>5</b>		
<b>3</b>	<b>10</b>		
<b>4</b>	<b>15</b>		
<b>5</b>	<b>20</b>		
<b>6</b>	<b>25</b>		

4. По полученным данным постройте графики зависимости температуры от времени для электролитов и диэлектриков.



**Вывод:**

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение УВЧ-терапии.
2. Дайте определение электромагнитного поля.
3. Что является характеристикой ЭП, единица измерения.
4. Что является характеристикой МП, единица измерения.
5. Дайте определение проводников электрического тока и диэлектриков.
6. Какие ткани тела человека можно отнести к проводникам электрического тока?
7. Какие ткани тела человека можно отнести к диэлектрикам?
8. Объясните механизм действия электрического поля УВЧ на растворы электролитов в тепловой дозировке, формула, её смысл.
9. Объясните механизм действия электрического поля УВЧ на диэлектрики в тепловой дозировке, формула, её смысл.
10. Объясните механизм действия электрического поля УВЧ на растворы электролитов и диэлектриков в не тепловой дозировке.
11. Из каких блоков состоит аппарат УВЧ? Объясните назначение блоков.
12. Объясните блок-схему генератора незатухающих колебаний. Объясните назначение блоков.
13. Каковы основные правила по технике безопасности?
14. Объясните практическую часть работы.

### **Литература:**

1. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 19, стр. 343-345.
2. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 508-511.
3. В.М. Боголюбов, Г.Н. Пономаренко, Общая физиотерапия, 2007, стр. 118-124.
4. Конспект лекции по теме: Физиотерапия.

### **Тесты:**

- 1. УВЧ-терапия- это метод физиотерапии, в котором используется воздействие на организм человека с лечебной целью:**
  1. магнитной составляющей электромагнитного поля, ультравысокой частоты
  2. постоянным электрическим полем
  3. электрической составляющей электромагнитного поля, ультравысокой частоты (**40,68 МГц**)
  4. постоянным магнитным полем
- 2. Проводники (электролиты) - это тела:**
  1. не проводящие электрического тока
  2. плохо проводящие электрический ток
  3. хорошо проводящие электрический ток
- 3. Диэлектрики-это тела:**
  1. не проводящие электрического тока
  2. плохо проводящие электрический ток
  3. хорошо проводящие электрический ток
- 4. Нагревание электролитов в поле УВЧ происходит за счет:**
  1. равномерного движения ионов
  2. осцилляторного движения ионов (тока проводимости)
  3. переориентации дипольных молекул
  4. равномерного движения дипольных молекул
- 5. Количество теплоты  $q$ , выделившееся в единицу времени в единице объема электролита определяется формулой:**
  1.  $q = E^2/\rho$
  2.  $q_2 = \omega E^2 \varepsilon \varepsilon_0 \operatorname{tg} \delta$
  3.  $q = q_1 + q_2$
- 6. Колебательный контур состоит из:**
  1. источника питания
  2. клапана
  3. катушки индуктивности и конденсатора
  4. терапевтического контура
- 7. Конденсатор переменной емкости терапевтического контура необходим для:**
  1. настройки в резонанс с основным колебательным контуром
  2. изменения мощности
  3. регулировки напряжения

**8. Период колебаний колебательного контура определяется формулой:**

1.  $T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{LC}$

2.  $q = E^2/\rho$

3.  $q_2 = \omega E^2 \epsilon \epsilon_0 \operatorname{tg} \delta$

4. 
$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

**9. Электромагнитное поле представляет собой совокупность двух:**

1. постоянных, взаимно индуктирующих друг друга электрических и магнитных полей

2. переменных, взаимно индуктирующих друг друга электрических и магнитных полей

3. постоянных электрических и магнитных полей

**10. К проводникам электрического тока относятся:**

1. костная, жировая, нервная

2. грубоволокнистая соединительная ткань и зубная эмаль

3. кровь, лимфа, желчь, спинномозговая жидкость, моча, мышечная ткань

## Лабораторная работа № 9

### Снятие электрокардиограммы и построение вектора ЭДС сердца

**1. Цель работы:**

1. Приобрести навык работы с электрокардиографом.
2. Записать электрокардиограмму (ЭКГ).
3. Построить вектор ЭДС сердца.
4. Научиться рассчитывать временные интервалы на ЭКГ.
5. Научиться рассчитывать вольтаж зубцов ЭКГ.

**2. Приборы и принадлежности:**

1. Электрокардиограф.
2. Набор электродов.
3. Физиологический раствор.

**3. Теоретическое введение.**

**Электрокардиографией** называется физический метод регистрации электрической деятельности сердца с помощью усилителя биопотенциалов - электрокардиографа.

Теоретическое обоснование метода сводится к идее голландского учёного Эйнтховена о сердце, как электрическом диполе, помещённом в

слабопроводящую среду.

Многочисленными исследованиями установлено, что электрический генератор сердца локализуется в синусном узле (рис.1). Этот узел обладает свойством автоматизма, т.к. генерирует электрические потенциалы периодически.

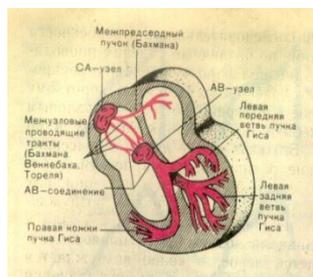


Рис. 1

В свою очередь, синусный узел входит в состав так называемой проводящей системы сердца, включающей в себя: атриовентрикулярный узел, пучок Гиса, ножки пучка Гиса и волокна Пуркинье.

Сердце, как электрический диполь создаёт электрическое поле некоторой напряжённости  $E$  и, следовательно, его электрические силовые линии будут выходить на поверхность тела. Если это действительно так, то на поверхности тела можно выделить линии равного потенциала (рис.2). Так как возбуждённый участок сердца заряжается отрицательно то отношению к невозбуждённому, то верхняя правая часть тела (выше изоэлектрической линии с нулевым потенциалом  $\phi_0$ ) будет заряжаться отрицательно, а нижняя левая часть положительно.

Таким образом, если некоторый чувствительный вольтметр подсоединить к тем двум участкам поверхности тела, которые различаются

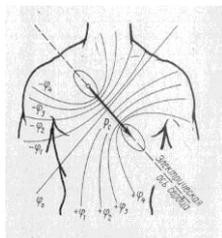


рис.2

значениями своего потенциала, то он зарегистрирует разность потенциалов.

Изменяющаяся во времени разность потенциалов между двумя точками на поверхности тела, называется **электрокардиограммой** (рис.3).

### Электрокардиограмма здорового сердца

#### Происхождение отдельных элементов электрокардиограммы

1. **Зубец P**- Электрическая активность (деполяризация) предсердий. В норме положительный, регистрирует алгебраическую сумму возбуждений правого (восходящая часть) и левого (нисходящая часть) предсердий.
2. **Сегмент PQ**-( $\Delta\phi$ -const). Возбуждение распространяется по проводящей системе сердца.
3. **Зубец Q**- отражает деполяризацию межжелудочковой перегородки, направлен вниз.

4. **Зубец R**- соответствует почти полному охвату возбуждением обоих желудочков, это самый высокий зубец ЭКГ- направлен вверх.
5. **Зубец S**- конечный элемент желудочкового комплекса, когда оба желудочка охвачены возбуждением.  
Комплекс QRS начальная часть желудочкового комплекса, адекватна фазе полной деполяризации желудочков.
6. **Сегмент ST**- ( $\Delta\phi$ -const). Желудочки находятся в возбуждённом состоянии и это возбуждение сохраняется определённый промежуток времени.
7. **Зубец T**- зубцом T заканчивается желудочковый комплекс, когда прекращается деполяризация, то есть наступает реполяризация обоих желудочков.
8. **Сегмент TP**-( $\Delta\phi$ -const)-диастола.

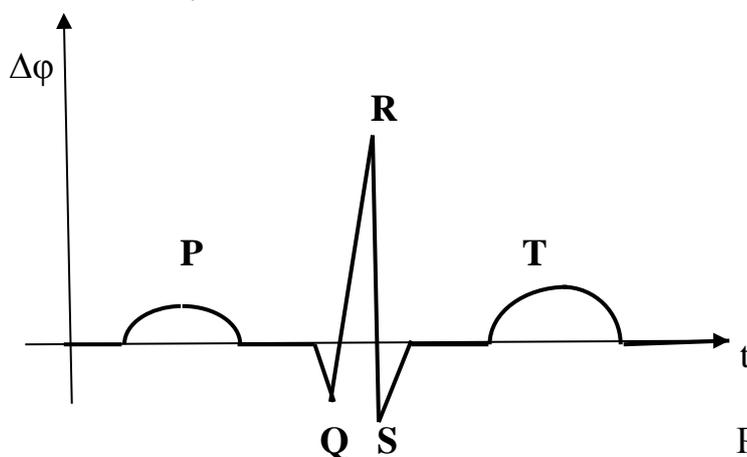


Рис 3

Чтобы сделать измерения и запись ЭКГ стандартными, Эйнтховен предложил считать, что сердце - диполь и помещено в центр равностороннего треугольника, а ткани организма имеют одинаковую электропроводность во всех направлениях. Для унификации таких измерений он предложил измерять разность потенциалов между вершинами треугольника (конечностями).

Соответствующие пары точек были названы отведениями (рис.4):

- 1-ое отведение: левая рука (ЛР) - правая рука (ПР),
- 2-ое отведение: правая рука (ПР) - левая нога (ЛН),
- 3-ье отведение: левая нога (ЛН) - левая рука (ЛР).

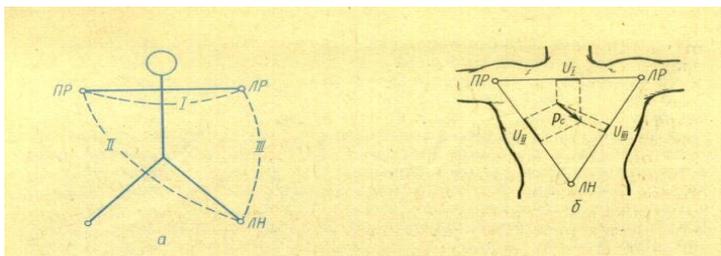


Рис 4

Электрической осью сердца называется ось электрического диполя. Вектор ЭДС сердца можно построить с помощью треугольника Эйнтховена как показано на рис 5.

**1-отв**

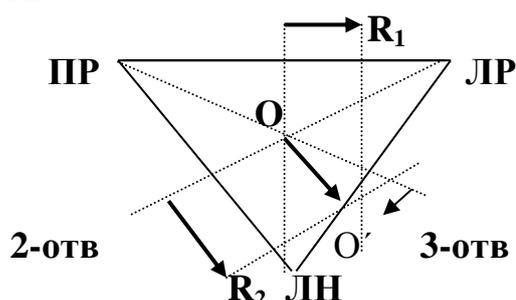


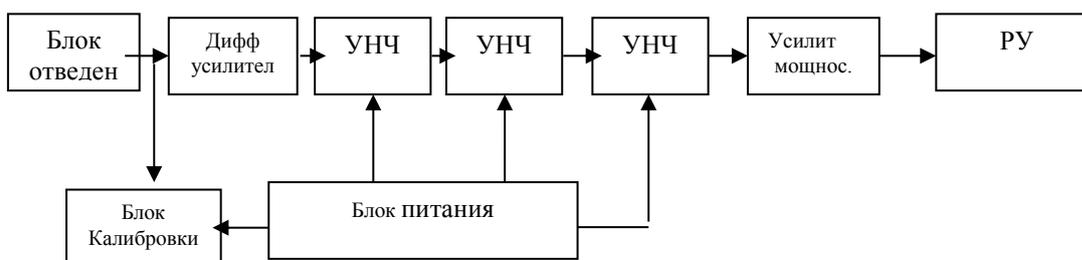
Рис 5

Для построения вектора ЭДС сердца по ЭКГ нужно построить равносторонний треугольник и из середин его сторон восстановить перпендикуляры до взаимного пересечения в точке  $O$ .

Затем в трёх отведениях измерить амплитуды соответствующих зубцов, например, зубцов  $R$ . Отложить полученные значения на сторонах треугольника, как показано на рис 5.

Восстановить перпендикуляры из концов векторов отведений до взаимного пересечения в точке  $O$ . Отрезок  $OO'$  можно рассматривать теперь как вектор ЭДС сердца, и прямую на которой он лежит - как электрическую ось сердца.

### Блок - схема электрокардиографа. (рис 6)



С помощью специальных электродов разность потенциалов со стандартных отведений через блок отведений попадает в дифференциальный усилитель, где происходит очистка полезного сигнала от помех. Очищенный от помех полезный сигнал с выхода дифференциального усилителя подаётся на 3-х каскадный усилитель напряжения низкой частоты (УНЧ). При прохождении через УНЧ амплитуда полезного сигнала значительно увеличивается по сравнению с амплитудой входного сигнала.

После усиления напряжения полезный сигнал поступает на усилитель мощности (усилитель тока). В нём формируется мощность сигнала по закону  $P=U \cdot I$ . Усиленный таким образом полезный сигнал, регистрируется на самописце или на экране монитора.

В изучаемом электрокардиографе в качестве регистрирующего устройства используется перьевая запись на теплочувствительной (покрытой воском) ленте. Нагретое перо соприкасается с бумажной лентой, покрытой воском. Бумажная лента протягивается под пером лентопротяжного механизма с постоянной скоростью. В нашем приборе -25мм/сек или 50 мм/сек. Поэтому при возникновении изменяющихся потенциалов сердца на выходе УНЧ на бумажной ленте возникает их развёртка во времени.

Любой ЭКГ содержит блок калибровки. Он представляет собой источник стабильного напряжения величиной **1 мВ**, коммутируемый кнопкой "Калибровка **1 мВ**".

При нажатии кнопки калибровки, напряжение **1 мВ** поступает на вход УНЧ вместо биопотенциала, усиливается и записывается в виде прямоугольного импульса на бумажную ленту. Такой импульс используется для калибровки ЭКГ.

#### **Подготовка пациента к снятию электрокардиограммы**

1. Посадить пациента на стул в непосредственной близости от аппарата.
2. Освободить от одежды, украшений и часов участки конечностей, к которым будут подсоединены электроды (дистальные участки предплечья и голеней).
3. Смочить и слегка отжать салфетки из свежих бинтов в физиологическом растворе и наложить эти салфетки на подготовленные участки конечностей
4. Укрепить электроды на конечностях эластичными бинтами не пережимая при этом подкожных кровеносных сосудов.
5. Плотнo с помощью наконечников подсоединить электроды к проводам кабеля отведений в соответствии с цветовой маркировкой проводов, как показано на мнемосхеме аппарата: правая рука **ПР**-красный цвет, левая рука **ЛР**-жёлтый цвет, левая нога **ЛН**-зелёный цвет, правая нога **ПН**-чёрный цвет. Грудной электрод **Г** (белый не накладывать).

#### **Запись электрокардиограммы**

1. Включить лентопротяжный механизм. Записать калибровочный импульс ("1 мВ").
2. Установить переключатель отведений в положение "I", получить кардиограмму в первом отведении.
3. Установить переключатель отведений в положение II, а затем в положение III и получить кардиограммы во втором и третьем отведениях.

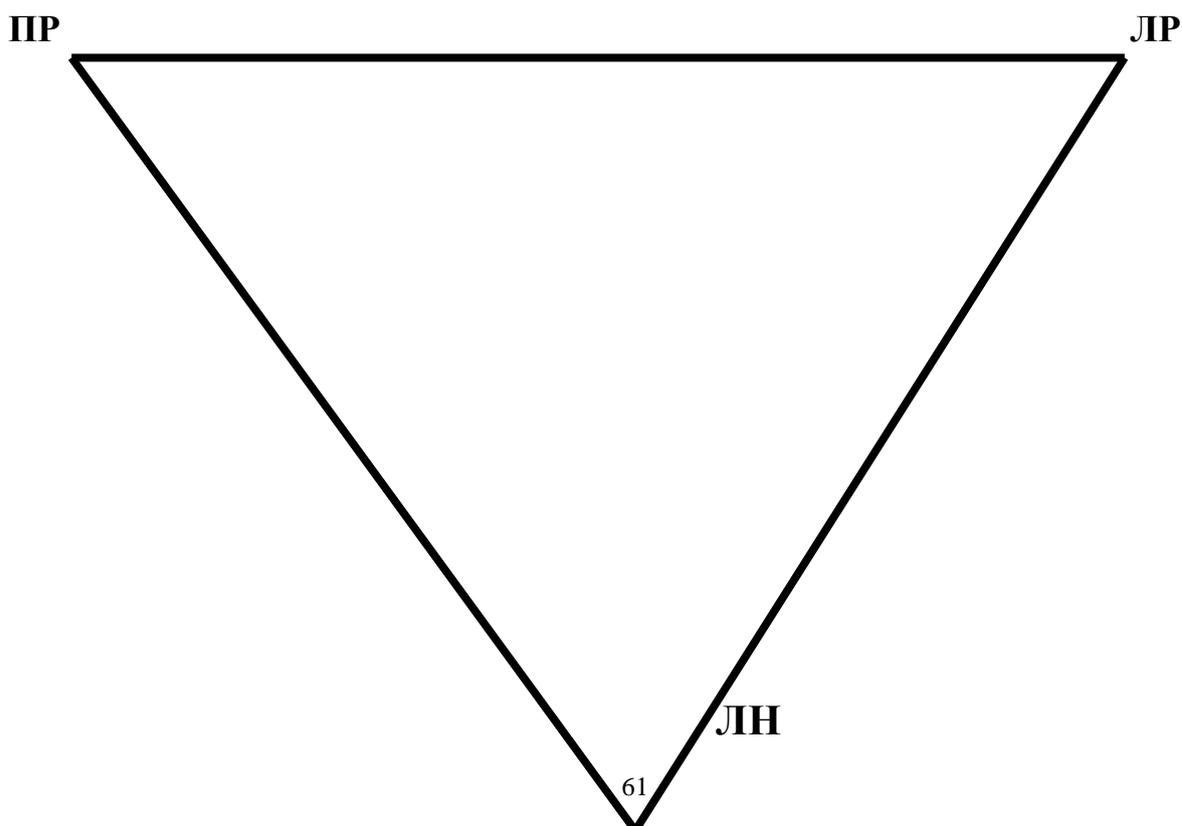
**Вы получили электрокардиограмму сердца пациента в I, II и III стандартных отведениях.**

4. Переключатель отведений переведите в положение "I". отключите тумблер "сеть".
5. Отключите шнур питания от розетки.
6. Снимите эластичные бинты, марлевые прокладки, электроды.

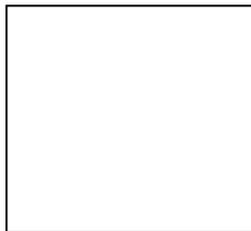
#### **Исследовательская часть работы**

##### **I. Построение вектора ЭДС сердца**

1. Для построения вектора ЭДС сердца на равностороннем треугольнике (сторона около 7 см.) Эйнтховена проведите высоты.
2. На середине верхней горизонтальной стороны треугольника поставьте точку **А**. Вправо от точки будут положительные отсчёты, а влево отрицательные.
3. Для двух других (боковых) сторон треугольника сделайте то же самое. Теперь отсчёты вниз будут положительными, а вверх отрицательными.
4. Точку пересечения высот обозначьте буквой **О** (эта точка начало вектора сердца).
5. Стороны и вершины треугольника обозначьте в соответствии с теорией Эйнтховена номерами соответствующих отведений и буквенными обозначениями конечностей.
6. Измерьте амплитуду зубца **R** в каждом из отведений и отложите на сторонах треугольника как показано на рис.5 т.е. на стороне **ПР-ЛР** от середины стороны вправо отложите амплитуду зубца **R** в I отведении, на стороне **ПР-ЛН** - вниз амплитуду зубца **R** во втором отведении и, наконец, на стороне **ЛР-ЛН** вниз - амплитуду зубца **R** в III отведении.
7. Восстановите перпендикуляры из концов отложенных на сторонах треугольника отрезков. При правильном построении концы перпендикуляров пересекаются в одной точке **О'**.
8. Соединяя точки **О** и **О'** получите вектор ЭДС сердца.
9. Проведите горизонтальную линию через точку **О**.
10. Определите угол наклона электрической оси сердца с помощью транспортира (угол между горизонтальной линией и вектором ЭДС сердца).



## II. Расчёт вольтажа зубцов.



1. Приклейте калибровочный импульс и запишите его стандартные параметры: амплитуду и напряжение.
2. Для расчёта напряжения в зубце  $R_1$  измерьте его амплитуду в мм.
3. Используя параметры калибровочного сигнала (амплитуду-10мм и напряжение- 1 мВ), составьте пропорцию:  $A_k - 1 \text{ мВ}$

$$A_{R1} - x \text{ мВ},$$

Где:  $A_k$  - амплитуда калибровочного сигнала  
 $A_{R1}$  - амплитуда исследуемого сигнала.

Тогда напряжение (мВ) исследуемого сигнала будет равна :  $X(\text{мВ}) = \frac{A_{R1} \cdot 1\text{мВ}}{A_k}$

4. Рассчитайте напряжение зубцов  $R$  во всех трёх отведениях.
5. Учитывая, что максимально возможное напряжение зубца  $R$  равно **5 мВ**, сделайте вывод.
6. Данные занесите в таблицу:

Отведение	Амплитуда калибровочного сигнала в мм	Амплитуда калибровочного сигнала в мВ	Амплитуда зубца $R$ в мм	Амплитуда зубца $R$ в мВ	Угол наклона электрической оси сердца
1					
2					
3					

**Вывод:**

## III. Расчёт временных интервалов (это перевод длительности зубца из мм в секунды).

Для выполнения данного задания приклейте кардиограмму с двумя зубцами R.



1. Для расчёта временных характеристик уточните скорость записи ЭКГ.
2. Измерьте в мм расстояние между интересующими вас точками на оси t.
3. Полученные данные подставьте в формулу:  $t = \frac{S}{V}$ .
4. Рассчитайте длительность интервала **R-R**.
5. Рассчитайте число ударов в мин по формуле:  $n = \frac{60}{t_{cy}}$ .
6. Рассчитайте длительность интервала **Q-T** и зубца **T**.
7. Данные занесите в таблицу:

№	Вид зубца, интервала	Скорость записи ЭКГ	Длительность зубца (интервала) в мм	Длительность зубца (интервала) в секундах	Число ударов в мин
1	<b>R-R</b>				
2	<b>Q-T</b>				
3	<b>T</b>				

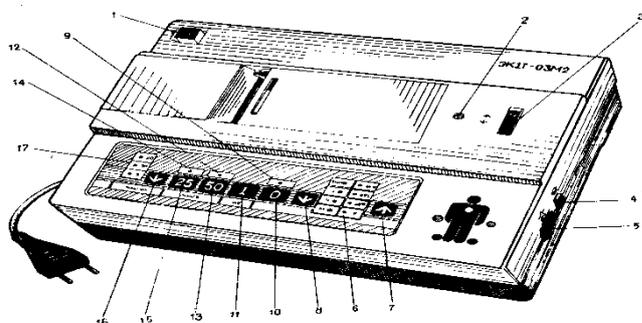
Вывод:

## Электрокардиограф ЭК1Т - 03М2

### 1. Назначение:

1. Электрокардиограф ЭК1Т-03М2 - это одноканальный прибор с перьевой записью на теплочувствительной диаграммной ленте.
2. Электрокардиограф ЭК1Т-03М2 предназначен для измерения и графической регистрации биоэлектрических потенциалов сердца в медицинских учреждениях и в условиях "Скорой помощи".

Рис 7



### 2. Органы управления и индикаторы режимов работы:

- 1 - кнопка включения питания;
- 2 - индикатор разряда аккумуляторной батареи;

- 3 - регулятор смещения пера;
4. переключатель вида работ. Нижнее положение соответствует работе прибора при записи электрокардиограмм в отведениях. Верхнее положение соответствует работе прибора при регистрации электрокардиограмм, переданных по телефонному каналу при помощи комплекса САЛЮТ;
- 5 - вилка подключения кабеля отведения;
- 6 - индикаторы переключателя отведений;
- 7 - кнопка переключения отведений в обратной последовательности "↑";
- 8 - кнопка переключения отведений в прямой последовательности "↓";
- 9 - индикатор включения успокоения (светится при включении успокоения);
- 10 - кнопка включения успокоения "0";
- 11 - кнопка включения калибровочного напряжения "1 mV";
- 12 - индикатор включения скорости движения носителя записи 50 мм/с (светится при включении);
- 13 - кнопка включения скорости 50 мм/с "50";
- 14 - индикатор включения скорости движения носителя записи 25 мм/с (светится при включении);
- 15 - кнопка включения скорости 25 мм/с "25";
- 16 - кнопка переключения чувствительности ЭКГ;
- 17 - индикаторы чувствительности (светится 1 из индикаторов, соответствующий включенной чувствительности ЭКГ).

### **3. Работа электрокардиографа**

1. Включите электрокардиограф, нажав кнопку включения питания, которая должна зафиксироваться в нижнем положении. При этом должны светиться: индикатор включения успокоения, один из индикаторов чувствительности электрокардиографа и индикатор переключателя отведений, указывающий включение калибровочного отведения "1mV".
2. Установите чувствительность электрокардиографа 10 мм/мВ, нажимая кнопку переключателя чувствительности.
3. Установите тепловое перо на середину поля записи регулятором смещения пера.
4. Выключите успокоение, кратковременно нажав на кнопку включения успокоения.
5. Включите протяжку диаграммной ленты со скоростью 25 мм/с, кратковременно нажав на кнопку включения скорости «25».
6. Запишите 2 - 3 калибровочных сигнала, кратковременно нажимая на кнопку калибровки «1mV», указывающих на чувствительность электрокардиографа.
7. Выключите протяжку ленты, кратковременно нажав на кнопку включения скорости "25".
8. Установите переключатель отведений в положении "1", кратковременно нажав на кнопку переключателя отведений "↑".
9. Включите протяжку диаграммной ленты с необходимой скоростью и запишите требуемое число циклов электрокардиограмм.

10. Запишите электрокардиограмму в остальных отведениях, устанавливая переключатель отведений в последующие отведения кратковременным нажатием на кнопку «↑».

### **Контрольные вопросы**

1. Дайте определение электрокардиографии.
2. Объясните схему возникновения и распространения биопотенциалов сердца.
3. Охарактеризовать основные узлы проводящей системы сердца (изобразить схематически).
4. Изложите основные положения теории Эйнтховена.
5. Назовите отведения по Эйнтховену.
6. Изобразить схематически электрокардиограмму здорового сердца, объяснить происхождение зубцов, интервалов, сегментов.
7. Объясните блок-схему электрокардиографа. Назначение блоков.
8. Объясните порядок действий для снятия ЭКГ.
9. Объясните построение вектора ЭДС сердца.
10. Объясните методику определения вольтажа зубцов и расчёта временных интервалов ЭКГ.
11. Объясните роль электрокардиографии в клинической и экспериментальной медицине.

### **Для выполнения данной работы необходимо иметь:**

1. Линейку, карандаш, клей бумажный, ножницы, транспортёр.

### **Литература:**

1. Антонов В.Ф., Черныш А.М., Козлова Е.К., Коржуев А.В. Физика и биофизика: учебник/Под ред. В.Ф.Антонова.-М.:ГОЭТАР-Медиа, 2009.-480с.:ил., глава 18, стр. 272-282.
2. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 14, стр. 262-265.
3. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр.459-471.
4. Мурашко В.В., Струтынский А.В. – Электрокардиография, 2007, глава1, 2, 3.
5. Конспект лекции по теме: Физические основы ЭКГ.

### **Тесты:**

#### **1. Электрокардиография-это регистрация:**

1. электрической активности мозга
2. **разности потенциалов, меняющейся с течением времени, обусловленной электрической деятельностью сердца**
3. разности потенциалов, возникающей при функционировании какого либо органа

4. разности потенциалов, меняющейся с течением времени, обусловленной электрической деятельностью мозга.
- 2. Зубец Р на электрокардиограмме означает:**
  1. возбуждение предсердий
  2. возбуждение межжелудочковой перегородки
  3. полное возбуждение обоих желудочков
  4. почти полное возбуждение обоих желудочков
  5. процессы реполяризации
- 3. Установите последовательность образования зубцов на ЭКГ при распространении возбуждения по различным областям нервно-мышечной системы сердца:**
  1. S
  2. Q
  3. R
  4. T
  5. P
- 4. Максимальная амплитуда зубца R в ЭКГ составляет:**
  1. 5 мВ
  2. 5В
  3. 5 кВ
  4. 1В
- 5. Установите последовательность расположения блоков в блок-схеме ЭКГ:**
  1. регистрирующее устройство
  2. усилитель низких частот
  3. блок отведений
  4. дифференциальный усилитель
  5. усилитель мощности
- 6. Электрокардиограф по принципу действия является:**
  1. генератором электрических колебаний
  2. выпрямителем переменного тока
  3. усилителем электрических колебаний
  4. генератором прямоугольных стандартных импульсов
- 7. Блок калибровки представляет собой генератор:**
  1. низкочастотных гармонических колебаний
  2. высокочастотных гармонических колебаний
  3. прямоугольных импульсов стандартного напряжения 1мВ
  4. прямоугольных импульсов стандартного напряжения 1В
- 8. Установите последовательность распространения возбуждения по различным областям нервно-мышечной системы сердца:**
  1. пучок Гиса
  2. синусовый узел
  3. волокна Пуркинье
  4. атрио-вентрикулярный узел
  5. ножки пучка Гиса

**9. Помехи в первом и втором отведениях при регистрации ЭКГ обусловлены плохим контактом электрода с кожей пациента на:**

1. левой руке
2. правой ноге
- 3. правой руке**
4. левой ноге

**10. Автоматизм-это:**

1. возникновение потенциала действия
- 2. способность сердца безо всяких внешних воздействий выполнять ритмические, следующие одно за другим сокращения**
3. способность к проведению возбуждения, возникшего в каком либо участке сердца, к другим отделам сердечной мышцы.

**Модуль № 3**

**Лабораторная работа № 10**

**Определение концентрации веществ в растворах с помощью колориметра фотоэлектрического концентрационного КФК-2**

**1. Цель работы:**

1. Изучение метода фотоэлектроколориметрического определения концентрации окрашенных растворов.

**2. Приборы и принадлежности:**

1. Колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2.
2. Кюветы.
3. Растворы исследуемого вещества различной концентрации.
4. Раствор неизвестной концентрации.

**3. Теоретическое введение:**

КФК-2 колориметр фотоэлектрический концентрационный предназначен для измерения коэффициентов пропускания и оптической плотности жидких растворов и твердых тел, а также определения концентрации веществ в растворах методом построения градуировочных графиков, в отдельных участках диапазона длин волн (315-980 нм), выделяемых светофильтрами.

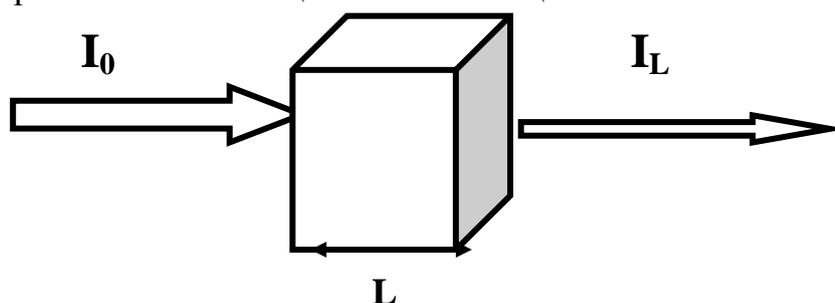
Колориметр позволяет также производить измерения коэффициентов пропускания рассеивающих взвесей, эмульсий и коллоидных растворов в проходящем свете.

Фотоэлектроколориметрический метод определения концентрации веществ в растворе очень широко применяется в клинической лабораторной

диагностике. Например, количественное определение белка в моче, определение концентрации гемоглобина в крови, определение общего белка в сыворотке крови и т.д.

В основе работы фотоэлектроколориметра лежит закон поглощения света веществом.

При пропускании света интенсивностью  $I_0$  через слой вещества  $L$  его интенсивность уменьшается и становится равной  $I_L$ . Уменьшение интенсивности является следствием взаимодействия световой волны с электронами вещества, в результате которого часть энергии световой волны передается электронам. Это явление получило название поглощение света. Рассмотрим закон поглощения света веществом.



$$I_L = I_0 \cdot e^{-\chi_\lambda \cdot L}$$

Где:  $I_L$  - интенсивность света, прошедшего слой вещества толщиной  $L$ ,  
 $I_0$  - интенсивность света входящего в среду,  
 $\chi_\lambda$  - мономатический натуральный показатель поглощения, зависящий от свойств среды;  
 Знак “-“ означает, что интенсивность света уменьшается.

Натуральный мономатический показатель поглощения  $\chi_\lambda$  является величиной, обратной расстоянию, на котором интенсивность света ослабляется в результате поглощения в среде в  $e$  раз. Свет различных длин волн поглощается веществом различно, поэтому показатель поглощения  $\chi_\lambda$  зависит от длины волны.

Мономатический натуральный показатель поглощения раствора поглощающего вещества в непоглощающем растворителе пропорционален концентрации  $C$  раствора (**закон Бера**):  $\chi_\lambda = \chi_c \cdot C$

где  $\chi_c$  - мономатический показатель поглощения.

Закон Бера выполняется только для разбавленных растворов.

Объединяя законы Бугера и Бера получаем **закон Бугера-Ламберта-Бера**.

$$I_L = I_0 \cdot e^{-\chi_c \cdot C \cdot L}$$

$\tau = \frac{I_L}{I_0}$  - называется коэффициентом светопропускания.

**Оптическая плотность вещества равна:**

$$D = \ln \frac{1}{\tau} = \ln \frac{I_0}{I_L} = \chi \cdot c \cdot L$$

Закон Бугера-Ламберта-Бера лежит в основе концентрационной колориметрии.

#### 4. Устройство КФК-2

В оптический блок входят:

1. Осветитель
2. Оправа с оптикой (конденсор)
3. Светофильтры-цветные. Светофильтры вмонтированы в диск. Светофильтр в световой пучок вводится ручкой "светофильтры". Рабочее положение каждого светофильтра фиксируется.

В данном приборе используются следующие светофильтры (см. табл. № 1).

Таблица № 1.

№ светофильтра	$\lambda$ светофильтра (нм)	№ светофильтра	$\lambda$ светофильтра(нм)
1	315	6	540
2	364	7	590
3	400	8	670
4	440	9	750
5	490	10	870

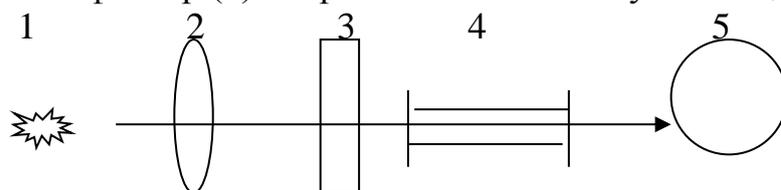
4. Кюветодержатель.

5. Фотоэлемент.

6. Регистрирующий прибор. В качестве регистрирующего устройства применен микроамперметр, со шкалой оцифрованной в коэффициентах пропускания  $\tau$  и оптической плотности **D**

#### 5. Принцип работы КФК-2

Световой пучок от источника света (1), конденсором (2) через светофильтр (3) направляется на кювету с исследуемым раствором (4).



Световой поток, прошедший через кювету с раствором, преобразуется в электрический сигнал с помощью фотоприемников (5).

Полученный электрический сигнал подается на усилитель постоянного тока и затем на измерительный прибор, показания которого

пропорциональны световому потоку, проходящему через исследуемый раствор.

## **6. Порядок выполнения работы**

### **I. Подготовка к работе**

1. Колориметр включить в сеть за 15 мин до начала измерений. Во время прогрева кюветное отделение должно быть открыто.

2. Ввести необходимый по роду измерений цветной светофильтр.

3. Установить минимальную чувствительность колориметра.

Для этого: а) ручку «чувствительность» установить в положение «1»

б) ручку «установка 100 грубо» - в крайнее левое положение.

4. Перед измерениями и при переключении фотоприемников проверить установку стрелки колориметра на «0» по шкале коэффициентов пропускания  $\tau$  при открытом кюветном отделении. При смещении стрелки от нулевого положения ее подводят к нулю с помощью потенциометра «нуль», выведенного под шлиц.

### **II. Работа с прибором**

1. В световой пучок поместить кювету с контрольным раствором.

2. Закрывать крышку кюветного отделения.

3. Ручками «чувствительность» и «установка 100 грубо и точно» установить отсчет 100 по шкале колориметра (ручка «чувствительность» может находиться в одном из трех положений: «1», «2», «3»).

4. Затем, поворотом ручки кюветодержателя кювету с растворителем или контрольным раствором заменить на кювету с исследуемым раствором.

5. Снять отсчет по шкале пропускания  $\tau$  исследуемого раствора в процентах и оптическую плотность раствора.

### **III. Определение концентрации вещества в растворе**

Для определения концентрации вещества в растворе следует соблюдать следующую последовательность в работе.

#### **1. Построение градуировочной кривой для данного вещества**

а) Измерить оптические плотности и коэффициент светопропускания всех растворов, концентрации которых вам известны, на выбранной длине волны.

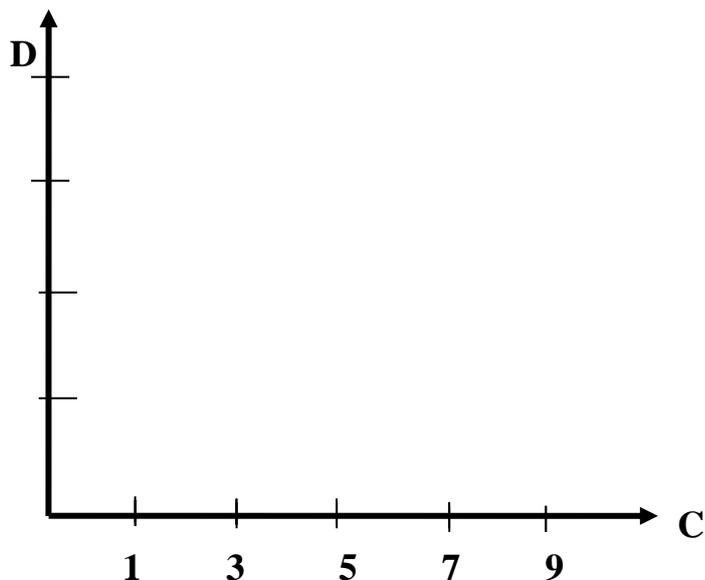
б) Измерить оптическую плотность и коэффициент светопропускания раствора с неизвестной концентрацией.

**Данные занести в таблицу:**

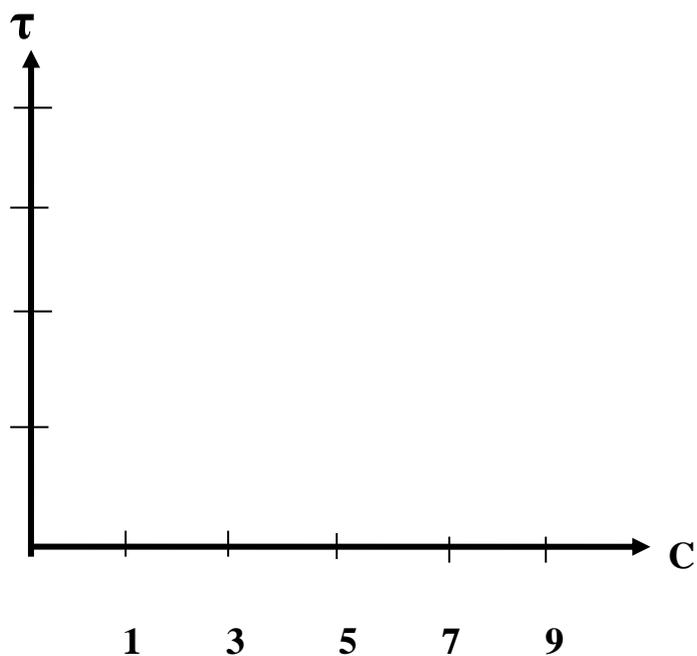
<b>Длина волны</b>	<b>Концентрация раствора</b>	<b>Оптическая плотность раствора</b>	<b>Коэффициент светопропускания</b>
	1 %		
	3 %		
	5 %		

	7 %		
	9 %		
	$C_x$ %		

в) Построить градуировочную кривую, откладывая по горизонтальной оси известные концентрации, а по вертикальной – соответствующие им значения оптической плотности.



г) Построить градуировочную кривую, откладывая по горизонтальной оси известные концентрации, а по вертикальной – соответствующие им значения коэффициента светопропускания.



#### 4) Определение концентрации вещества в растворе

- а) Налить раствор неизвестной концентрации в кювету, определить оптическую плотность раствора.
- б) По градировочной кривой найти концентрацию, соответствующую измеренному значению оптической плотности.

Вывод:

### **7. Контрольные вопросы**

1. Для чего используется колориметр фотоэлектрический концентрационный?
2. Назовите области применения фотоэлектроколориметрического метода.
3. Сущность явления поглощения света веществом. Закон Бугера, его смысл.
5. Закон Бера, его смысл.
6. Закон Бугера-Ламберта-Бера, его смысл.
7. Дать определение коэффициента пропускания и оптической плотности вещества.
8. Опишите устройство и принцип действия КФК-2.
9. Как построить градировочную кривую для данного вещества.
10. Как определить концентрацию вещества в растворе?

### **Литература:**

1. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 29, стр. 530-532.
2. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 238-242.
3. Конспект лекции по теме: Оптика.

### **Тесты:**

#### **1. Концентрационная колориметрия- это метод определения концентрации:**

1. окрашенных растворов путем измерения оптической плотности и коэффициента светопропускания растворов
2. растворов путем регистрации теплового изучения
3. окрашенных растворов по углу вращения плоскости поляризации
4. раствора путем измерения коэффициента отражения

#### **2. Отношение интенсивности прошедшего через раствор света к интенсивности падающего на раствор света называется коэффициентом:**

1. поглощения
2. отражения
3. рассеяния
4. светопропускания

### **3. Коэффициент светопропускания- это:**

1. отношение интенсивности отраженного света к интенсивности падающего на тело света
2. величина обратная расстоянию, на котором интенсивность света в результате поглощения в среде ослабляется в  $e$  раз
3. отношение абсолютного показателя преломления второй среды к показателю первой среды
4. отношение интенсивности света, прошедшего сквозь данное тело, к интенсивности излучения, падающего на это тело

### **4. Формула поглощения света веществом (закон Бугера):**

1.  $I_L = I_0 \cdot e^{-\chi_\lambda \cdot L}$
2.  $\chi_\lambda = \chi_c \cdot c$
3.  $\tau = \frac{I_L}{I_0}$
4.  $I_L = I_0 \cdot e^{-\chi_c \cdot c \cdot L}$

### **5. Расположите блоки оптической схемы ФЭК в порядке следования:**

1. фотоэлемент
2. регистрирующий прибор
3. осветитель
4. кювета с раствором
5. оправы с оптикой (конденсор)
6. светофильтры

### **6. Светофильтр-это устройство, которое пропускает свет:**

1. всех длин волн
2. определённой длины волны
3. определённой интенсивности
4. определённой мощности

### **7. Фотоэлемент -это устройство, которое:**

1. усиливает световой поток
2. преобразует световой поток в электрический ток
3. измеряет световой поток
4. преобразует световой поток в магнитное поле

### **8. Коэффициент светопропускания измеряется в:**

1. процентах
2. люксах
3. амперах
4. канделах

### **9. Конденсор необходим для:**

1. усиления светового потока
2. преобразования светового потока в электрический ток
3. измерения светового потока
4. преобразования расходящегося светового потока в параллельный пучок света

**10. В качестве регистрирующего устройства в приборе ФЭК применен:**

1. микроамперметр со шкалой оцифрованной в мкА
2. микроамперметр со шкалой оцифрованной в коэффициентах пропускания  $\tau$  и оптической плотности  $D$
3. люксметр
4. фотоэлемент

**Лабораторная работа № 11**

**Гигиеническая оценка естественного и искусственного освещения помещений**

**Цель работы:**

- 1) ознакомить студентов с гигиеническими требованиями к естественному и искусственному освещению помещений лечебно-профилактических учреждений.
- 2) изучить фотометрические единицы.
- 3) научиться определять освещенность помещений с помощью люксметра.
- 4) научиться рассчитывать необходимое количество светильников для создания заданного уровня искусственной освещенности в помещении.

**Приборы:**

1. Прибор для измерения освещённости (АТТ-1508).

**Теоретическое введение:**

Видимая часть солнечного спектра имеет большое биологическое значение. Дневной свет оказывает благоприятное влияние на психическое состояние человека, особенно больного. Под его воздействием усиливается обмен веществ в организме, осуществляется синтез некоторых витаминов, улучшаются процессы кроветворения, работа эндокринных желез и т.д. Режим освещенности играет существенную роль в регуляции биологических ритмов. В условиях интенсивности освещенности улучшается рост и развитие организма. Интенсивность освещенности рабочего места имеет большое значение для профилактики нарушения зрения, особенно при работах, требующих зрительного напряжения. Нерациональное освещение способствует развитию близорукости. При плохом или неправильном освещении снижается умственная работоспособность, быстрее наступает утомление, ухудшается координация движений. Вследствие большого физиологического значения видимой части солнечного спектра все помещения лечебно-профилактических учреждений, предназначенных для длительного пребывания больных, должны иметь естественную освещенность. В случае недостаточности естественной освещенности (в темное время суток, при плохой погоде), а также для создания дополнительной освещенности на рабочем месте должны быть использованы источники искусственного освещения.

**Основные фотометрические характеристики**

$$W = E/t$$

**Мощностью световой энергии** называется количество энергии, переносимой электромагнитной волной через эту поверхность за одну секунду.

$$W=E/t$$

Зрительное ощущение глаза зависит не только от мощности излучения, но и от спектральной чувствительности глаза (коэффициента видности). Поэтому оказывается более удобным характеризовать световое излучение произведением **мощности излучения - W** на **коэффициент видности- V**. **Коэффициент видности** - это психофизическая, или фотометрическая характеристика излучения, учитывающая спектральную чувствительность глаза.

**Световым потоком Φ** называется произведение мощности излучения на коэффициент видности.

$$\Phi=W*V$$

**Люмен** - световой поток, излучаемый точечным источником в телесном угле 1 ср при силе света 1 кд.

$$\Phi=I \cdot \Omega$$

Для количественной оценки освещения поверхности вводится понятие **освещённости**.

$$E=\Phi/S$$

**Освещённостью E** поверхности **S** называется отношение светового потока **Φ**, падающего на данную поверхность, к величине этой поверхности, т. е.

$$E=\Phi/S$$

**Люкс** - это освещённость поверхности площадью 1м<sup>2</sup> световым потоком в 1 лм, падающим перпендикулярно к поверхности.

За единицу освещённости принимается **люкс (лк)**.

Освещённость, создаваемая прямыми солнечными лучами, имеет порядок 10 лк, освещённость, необходимая для чтения составляет около 40 лк, освещённость создаваемая полной луной, равна 0,2 лк.

В гигиене освещённость используется для оценки освещения. Освещённость измеряют с помощью прибора-люксметра.

### **Описание прибора для измерения освещённости (АТТ-1508)**

Прибор для измерения освещённости представляет собой устройство портативного типа с дисплеем на ЖКИ. Прибор представляет собой фотодиод специального типа с фильтром коррекции цвета. Прибор обеспечивает высокую точность измерений и позволяет пользователю измерять освещённость в оптимальном режиме.

**Лицевая панель**



1. Дисплей;
2. Кнопка удержания показания;
3. Выключатель прибора, выбор диапазона измерения;
4. Отсек батареи питания с крышкой;
5. Датчик освещенности;
6. Настройка нуля.

### **Правила работы с прибором для измерения освещённости (АТТ-1508)**

1. Включите прибор при помощи выключателя 3.
2. Направьте датчик освещенности 5 против измеряемого потока. При этом на дисплее можно считать значение освещенности.
3. Если выбран диапазон измерений 1999 лк, а измеряемое значение освещённости меньше 200 лк, необходимо при помощи переключателя выбора диапазона переключить прибор на более низкий диапазон с тем, чтобы достичь высокой разрешающей способности и точности измерений.
4. То же самое и в отношении измерений в диапазоне 19990 лк. Прибор необходимо переключить на более низкий диапазон в том случае, если измеряемое значение освещенности менее 2000 люкс.

### **Практическая часть**

1. Установите прибор в горизонтальном положении.
2. Подключите фотоэлементы к измерителю.
3. При измерениях не следует допускать длительного воздействия освещённости, превышающей установленный на люксметре предел освещённости.
4. Для устранения перегрузок измерителя поиск предела измерения всегда следует начинать с предела 19990 лк, последовательно переходя на более чувствительные пределы измерения, пока указатель не окажется в рабочей части шкалы.

### **Задание №1: Определение освещённости**

1. Определить освещённость рабочих мест в лаборатории, создаваемую смешанным освещением (естественным и искусственным).

2. Определить естественную освещённость рабочих мест (при выключенных светильниках).
3. Определить освещённость рабочих мест, создаваемую искусственным освещением (разность между смешанным и естественным освещением).
4. Результаты работы свести в таблицу:

<b>Смешанная освещённость (естественная и искусственная)</b>	<b>Естественная освещённость</b>	<b>Искусственная освещённость</b>	<b>Норма освещённости</b>
<b>Вывод:</b>			

**Задание № 2: Рассчитать необходимое количество светильников для создания заданного уровня искусственной освещённости в помещении**

Определение необходимого количества светильников для создания заданного уровня искусственной освещённости в помещении можно провести расчётным путём, пользуясь таблицами удельной мощности (удельная мощность-отношение общей мощности ламп к площади пола Вт/м<sup>2</sup>)

**Удельную мощность** находят по таблицам на пересечении горизонтальной линии, соответствующей площади помещения и высот подвеса светильника и вертикальной линии, соответствующей заданному уровню освещённости.

1. Для определения необходимого количества светильников найденную величину удельной мощности нужно умножить на площадь помещения и разделить на мощность одной лампы. (**40 Вт**).

2. Результаты работы свести в таблицу:

<b>Н(м)</b>	<b>S(м<sup>2</sup>)</b>	<b>Освещённость</b>	<b>Удельная мощность</b>	<b>Мощность одной лампы</b>	<b>Количество ламп</b>
<b>Вывод:</b>					

Таблица 1

**Удельная мощность общего равномерного освещения (Вт/м<sup>2</sup>)**  
(люминесцентные лампы).

H(м)	S(м <sup>2</sup> )	Освещенность (лк)						
		75	100	150	200	300	400	500
3-4	10-15	12,5	16,8	25	33	50	67	84
3-4	15-20	10,3	13,8	20,7	27,6	41	65	69
3-4	20-30	8,6	11,3	17,2	23	35	46	58
3-4	30-50	7,3	9,7	14,2	19,4	29	39	49
3-4	50-120	5,9	7,8	11,7	15,6	23	31	39

Таблица 2

**Освещенность в (лк) для ламп различной мощности**

(W) Мощность ламп (вт)	Прямой свет (освещённость)
75	36
100	42
150	50
220	55
300	61
500	55

Таблица 3

**Нормы искусственного освещения**

Жилые общественные здания и вспомогательные помещения	Освещённость в люксах	
	Люминесцентные лампы	Лампы накаливания
1. Жилые комнаты в квартирах	100	50
2. Спальни в общежитиях	100	50
3. Аудитории классы учебные комнаты и лаборатории	300	150
4. Спортивные залы	200	75
5. Игровые комнаты в детских садах и яслях	200	100
6. Операционные в больницах	400	200
7. Кабинеты врачей	300-500	150-200
8. Палаты больниц и санаториев	100-150	50-75
9. Диагностические лаборатории	300	150
10. Главные коридоры и проходы в больницах и школах	75	30

**Контрольные вопросы**

1. Дать определение потока световой энергии.
2. Дать определение светового потока.

3. Единица светового потока-люмен.
4. Дать определение освещенности.
5. Формула освещенности, создаваемой точечным источником света.
6. Единица освещенности-люкс.
7. Устройство люксметра.
8. Правила пользования люксметром.
9. Расчет необходимого количества светильников.

### **Литература:**

1. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 27, стр. 502-504.
2. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 337-342.
3. Конспект лекции по теме: Оптика.

### **Тесты:**

#### **1. Свет - электромагнитные волны с длиной волны:**

1. 400-10 нм
2. 1000-0,78 мкм
3. порядка нескольких дециметров
4. 780-400 нм

#### **2. Какая характеристика световой волны определяет цветное ощущение?**

1. длина волны
2. скорость распространения
3. интенсивность
4. поток энергии

#### **3. Люкс - это освещённость поверхности:**

1. площадью  $1\text{ м}^2$  световым потоком в 1 лм, падающим перпендикулярно к поверхности;
2. площадью  $1\text{ м}^2$  световым потоком в 1 лм
3. площадью  $1\text{ см}^2$  световым потоком в 10 лм

#### **4. Источник света считается точечным, если:**

1. его размер мал по сравнению с расстоянием до места наблюдения и если он испускает свет равномерно по всем направлениям
2. его размер мал по сравнению с расстоянием до места наблюдения

#### **5. Освещённостью $E$ поверхности $S$ называется:**

1. отношение светового потока, падающего на данную поверхность, к величине этой поверхности
2. произведение светового потока, падающего на данную поверхность, на величину этой поверхности
3. величина светового потока, падающего на данную поверхность

#### **6. Основными частями люксметра являются:**

1. измерительное устройство (чувствительный гальванометр) и фотоэлемент с насадками
  2. селеновый фотоэлемент с насадками
  3. измерительное устройство (чувствительный гальванометр)
- 7. Фотоэлемент-это устройство:**
1. пропускающее свет определённой длины волны
  2. преобразующее световой поток в электрический ток
  3. пропускающее свет определённого цвета
- 8. Найти соответствие между физической величиной и соответствующим математическим выражением этой величины:**
- |                   |                            |
|-------------------|----------------------------|
| 1. сила света     | а) $E = \Phi/S$            |
| 2. освещённость   | б) $\Phi = I \cdot \Omega$ |
| 3. световой поток | в) $I = \Phi/\Omega$       |
- 9. Наибольшей чувствительностью глаз обладает к длине волны:**
1. 455нм
  2. 400нм
  3. 760нм
  4. 555нм
- 10. Мощностью световой энергии называется:**
1. количество энергии, переносимой электромагнитной волной через поверхность за одну секунду;
  2. количество энергии, переносимой электромагнитной волной через поверхность;
  3. световой поток, создаваемый точечным источником света в единичном телесном угле.

## Лабораторная работа № 12

### Определение радиоактивного фона с помощью индикатора радиоактивности РАДЭКС РД 1503

#### Цель работы:

1. Изучить основные виды ионизирующего излучения по степени их воздействия на биологические и небиологические объекты.
2. Определить предельно допустимое время безопасного пребывания человека в поле бета и гамма – излучения.
3. Определить воздушный слой половинного и полного поглощения  $\beta$  излучения источника.
4. Определить процентное соотношение  $\beta$  и  $\gamma$  излучений в данном источнике.

#### Приборы:

1. Индикатор радиоактивности РАДЭКС РД 1503
2. Контрольный источник типа Б-8.

## Теоретическое введение:

### I. Виды ионизирующих излучений

**Ионизирующим** называется излучение, которое в данном веществе способно вызвать ионизацию, т.е. способно вырвать электрон из атома.

Ионизирующие излучения делятся на два вида:

1) ионизирующее излучение в виде частиц, летящих с большой скоростью, а следовательно имеющих большую энергию (альфа излучение, электроны или позитроны ( $\beta$ -частицы), пучки протонов и ядра отдачи, возникающие при ядерных реакциях).

2) ионизирующее излучение в виде коротковолнового электромагнитного излучения (рентгеновское и  $\gamma$ -излучение).

### 2. Дозиметрия ионизирующего излучения.

Ионизирующее излучение способно вызывать биологический эффект и поэтому используется в медицине для диагностики и лечения.

Для оценки степени действия ионизирующего излучения на объекты живой и неживой природы необходимо измерять степень воздействия излучения на изучаемый объект, т.е. решать задачи дозиметрии.

Для измерения величины ионизирующего излучения вводятся дозы:

1. поглощенная доза
2. экспозиционная доза
3. эквивалентная доза
4. эффективная эквивалентная доза
5. коллективная эффективная эквивалентная доза
6. полная коллективная эффективная эквивалентная доза

1. **Поглощенная доза** основана на том, что при облучении какого-либо тела ионизирующим излучением, ему передается энергия ионизирующего излучения и энергия этого тела увеличивается (или иначе тело нагревается).

**Поглощенной дозой  $D_n$**  называется величина численно равная энергии ионизирующего излучения поглощенной единицей массы тела:

$$D_n = \frac{E}{m}$$

Единицей поглощенной дозы в системе единиц СИ является **Грей (Гр)**

**1 Грей** - это такая поглощенная доза, при которой в **одном килограмме** облучаемого тела остается энергия ионизирующего излучения, равная **одному Джоулю**.

$$1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж} / 1 \text{ кг}$$

Недостатком является то, что измерить поглощенную дозу технически оказывается весьма сложно, поскольку нагрев воды ионизирующим излучением будет ничтожно мал. Например, излучение поглощенной дозой в **600 Гр (60000 рад)**, которая является абсолютно смертельной для человека, приводит к изменению температуры 1 кг воды менее чем на 0,02 С. Поэтому поглощенную дозу измеряют чаще всего не прямым методом, описанным выше, а при помощи косвенных методов (химических, люминесцентных и т.д.)

Внесистемной единицей поглощенной дозы является - **рад**.

$$1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад}$$

Удобство измерения поглощённой дозы в радах состоит в том, что для воды и водосодержащих тканей существует очень простое соотношение между поглощённой дозой, выраженной в радах и экспозиционной дозой выраженной в рентгенах.

**2. Экспозиционная доза**- количественная характеристика ионизирующего излучения, основанная на величине ионизации сухого воздуха при атмосферном давлении.

**Экспозиционной дозой** называется величина, численно равная величине заряда каждого знака, появляющегося в единице массы сухого воздуха при полной его ионизации:

$$D_0 = Q/m$$

За единицу экспозиционной дозы в системе единиц СИ принимается **1 Кл/кг**. **1 Кл/кг**-это такая доза, под воздействием которой при полной ионизации **1 кг** сухого воздуха при нормальных условиях образуется суммарный заряд равный **1 Кл**.

Часто используется внесистемная единица экспозиционной дозы-**рентген**. **1 рентген (Р)**- это такая экспозиционная доза, при которой в **1 см<sup>3</sup>** происходит полная ионизация воздуха при нормальных условиях и образуется **2,1** миллиардов пар ионов.

**Доза в 1 рентген** создаётся радиоактивным **Ra<sub>88</sub><sup>226</sup>** массой **1 г (A=1Ки)** в течение **1 часа** на расстоянии **1 метр**.

Между экспозиционной и поглощённой дозой существует соотношение:

$$D_n = f \cdot D_0$$

где **f**- коэффициент пропорциональности, зависящий от среды в которой происходит сравнение **D<sub>n</sub>** и **D<sub>0</sub>**.

Если поглощённую дозу измерять в радах, а экспозиционную дозу измерять в рентгенах, то для воздуха **f = 0,88**; для воды **f = 1**.

Для воды и мягких тканей тела человека **f=1**, следовательно поглощённая доза излучения в радах численно равна экспозиционной дозе в рентгенах.

### 3. Эквивалентная (или биологическая) доза(D<sub>3</sub>).

Значение последствий действия ионизирующего излучения, а так же механизма действия ионизирующего излучения на биологические объекты является одной из основных задач медицинской радиологии.

Было установлено, что различные виды ионизирующего излучения при одинаковой поглощенной дозе оказывают различный биологический эффект.

Иными словами энергия ионизирующего излучения поглощенная биологическим объектом не может дать однозначной оценки биологического действия данного излучения. Например, если две биологические ткани облучились соответственно рентгеновским излучением и пучком протонов одинаковой дозы, то ткань облученная пучком протонов будет поражена в 10 раз больше, чем ткань, облученная рентгеновским облучением.

Наименьший биологический эффект оказывает рентгеновское и гамма излучение. Все остальные виды ионизирующего излучения оказывают больший биологический эффект.

Для сравнения биологического действия различных видов ионизирующего излучения используется коэффициент относительной биологической эффективности – **ОБЭ** или (**КК-коэффициент качества**).

**ОБЭ показывает**, во сколько раз данный вид излучений оказывает более сильное биологическое действие, чем рентгеновское или гамма-излучение, при одинаковой поглощённости энергии в **1 г** ткани.

Биологический эффект воздействия на ткань ионизирующего излучения оценивается в **зивертах и бэрах**.

**1 зиверт(Зв)** — это количество энергии, поглощённое килограммом биологической ткани, равное по воздействию поглощённой дозе гамма-излучения в **1 Гр**.

**1 Бэр**- количество энергии, поглощенное в **1 г** ткани, при котором наблюдается тот же биологический эффект, что и при поглощенной дозе излучения в **1 рад** рентгеновского или гамма-излучения. **Бэр**-биологический эквивалент рада.

Значение **КК (ОБЭ)** различных видов излучения приведены в таблице N 1.

Вид излучения	КК (ОБЭ)
1. Гамма, рентгеновские лучи	1
2. Бета – частицы	1
3. Протоны и частицы	10
4. Многозарядные ионы и ядра отдачи	20
5. Тепловые нейтроны	3
6. Быстрые нейтроны	10

Поглощенная и биологическая доза связаны соотношением:  $D_{э\text{кв}} = КК \cdot D_{п}$ . Тогда для рентгеновского или гамма-излучения оказывается, что 1 рад рентгеновского излучения создает биологический эффект в 1 бэр. 1 рад многозарядных ионов (например, альфа-частицы) создают биологический эффект в 20 бэр.

При однократном действии радиоактивного излучения на все тело человека результат действия определяется главным образом суммарной поглощенной дозой. Чем выше суммарная поглощенная доза, тем тяжелее будут последствия для организма.

Таблица №2

Суммарная поглощенная доза в рад	Действие на человека
1. 0 – 25	Видимых нарушений нет
2. 25 – 50	Возможны изменения в крови

3. <b>50 – 100</b>	Изменения в крови, нормальное состояние трудоспособности нарушается
4. <b>100 – 200</b>	Нарушение нормального состояния. Возможна потеря трудоспособности.
5. <b>200 – 400</b>	Потеря трудоспособности, возможен летальный исход.
6. <b>400 – 500</b>	Летальные случаи составляют 50% от общего числа пострадавших
7. <b>600 и более</b>	Летальные случаи в 100%

#### 4. Эффективная эквивалентная доза ( $D_{\text{эз}}$ )

$D_{\text{эз}}$ -характеризует суммарный эффект, которое оказывает ионизирующее излучение на организм человека в целом, учитывая, что различные органы имеют различную чувствительность (повреждаемость) ионизирующим излучением.

Сильнее всего поражаются красный костный мозг и половые железы, а, например, нервная ткань весьма устойчива.

$$D_{\text{эз}} = \sum KPP \cdot D_{\text{экв}}$$

**KPP**-коэффициент радиационного риска(см. таб.3).

ткани	ККР
Красный костный мозг	0,12
Лёгкие	0,12
Молочная железа	0,15
Яичники (семенники)	0,25
Щитовидная железа	0,03
Костная ткань	0,03
Другие ткани	0,3
Организм в целом	1,0

Таким образом, если известно, какие органы и какими дозами облучены (это особенно важно при поступлении радиоактивности с пищей, водой, вдыхаемым воздухом с последующим накоплением в определённых органах), и определены коэффициенты риска, можно вычислить эффективную эквивалентную дозу, полученную человеком.

4. **Коллективная эффективная эквивалентная доза ( $D_{\text{кээ}}$ )**-объективная оценка масштаба радиационного поражения.

$$D_{\text{кээ}} = D_{\text{эз}}^1 + D_{\text{эз}}^2 + \dots + D_{\text{эз}}^n$$

$D_{\text{кээ}}$  -характеризует повреждающий эффект на популяцию в целом. Единица измерения -человеко-зиверт.

5. **Полная коллективная эффективная эквивалентная доза( $D_{\text{пкээ}}$ )**-характеризует повреждающий эффект, который получит поколение

популяции людей, живущих в зоне излучения за все последующие годы жизни.

Если какое-то количество людей продолжает жить в условиях длительного хронического облучения и известны закономерности изменения радиационного воздействия, рассчитывают ожидаемую коллективную эффективную эквивалентную дозу на определённый предстоящий период времени.

### **Мощность дозы**

**Мощностью дозы облучения** называется физическая величина равная дозе облучения полученной единицей массы тела в единицу времени.

$$P = D/t$$

$$[ P ] = \text{Вт/кг}$$

$$[ P ] = \text{рад/с}$$

Мощность экспозиционной дозы измеряется в А/кг (Ампер на кг).

Внесистемные единицы Р/с, мР/с, мкР/с, Р/час.

По мере дальнейшего расширения области применения радиоактивных изотопов в науке, технике, промышленности, медицине и т.д. все большее число людей работает в помещениях с повышенным уровнем радиации, непосредственно подвергающихся действию опасного излучения. В связи с этим очень важно проводить систематический контроль за состоянием их здоровья и, в частности, измерять полученную организмом за рабочий день дозу радиоактивного излучения. Для этих целей предназначены различные дозиметрические приборы.

Для измерения мощности дозы применяются различные типы рентгеновских приборов (рентгенометров).

### **Индикатор радиоактивности РАДЭКС РД 1503**

Индикатор радиоактивности РАДЭКС РД 1503 -измеритель мощности дозы предназначен для измерения уровней гамма – бета радиации и радиоактивной зараженности различных предметов гамма – бета излучением (рис 1

### **Внешний вид индикатора радиоактивности РАДЭКС РД 1503**



1. ЖК - дисплей.

2. Кнопка «**МЕНЮ**» и ее пиктограмма на дисплее. Кнопка имеет три функции: «МЕНЮ», «ВЫБОР», «ИЗМЕН».
3. Кнопка «**КУРСОР**» и ее пиктограмма на дисплее. Кнопка используется в меню для перемещения курсора.
4. Кнопка «**ВЫКЛ**» и ее пиктограмма на дисплее. Кнопка имеет четыре функции: включение изделия, включение подсветки ЖК-дисплея, возврат в меню, выключение изделия.
5. Батарейный отсек.

Пиктограммы подсказывают пользователю функции кнопок, облегчая тем самым использование изделия.

### **Работа с прибором**

#### **1. Включите прибор**

Нажмите большую кнопку «**ВЫКЛ**», после чего на дисплее разворачивается «экран РД 1503». Начинается оценка радиационной обстановки.

#### **2. Результат**

Результат наблюдения (мощность дозы) появляется на дисплее через 10 секунд.

#### **3. Вход в меню**

Для входа в меню и изменения заводских настроек нажмите кнопку «**МЕНЮ**». Появляется содержание меню. По умолчанию установлены следующие настройки:

- Размерность - мкЗв/час
- Порог - 0,3мкЗв/час
- Звук - тихо
- Подсветка - выключена.

#### **4. Перемещение по меню**

Перемещение по пунктам меню осуществляется кнопкой «**КУРСОР**». Выбор пункта меню и его изменение осуществляется кнопкой «**МЕНЮ**».

#### **5. Выход из меню. Выключение**

Выход из меню осуществляется продолжительным (до исчезновения сообщения на дисплее) нажатием кнопки «**ВЫКЛ**».

### **Работа в меню**

Меню позволяет пользователю устанавливать удобные для конкретного случая настройки. При входе и работе в меню наблюдения прекращаются и начинаются после выхода из меню.

Для входа в главное меню нажмите кнопку «**МЕНЮ**». Появляется содержание меню и заводской номер изделия. Для перемещения курсора по пунктам меню используется кнопка «**КУРСОР**». Для выбора пункта меню используется кнопка «**ВЫБОР**». Для изменения значений используется кнопка «**ИЗМЕНЕН**». Для выхода из пунктов меню и выхода из меню используется кнопка «**ВОЗВ**».

### **Разделы меню**

## **1.Размерность**

В разделе «**РАЗМЕРНОСТЬ**» осуществляется изменение размерности единиц измерения:

- мкЗв/час
- мкР/час

## **2.Пороги**

В разделе «**ПОРОГ**» осуществляется изменение одного из трёх уровней порога. Если уровень мощности дозы превышает пороговое значение, то при регистрации каждого следующего кванта « ■ » издаётся звуковой сигнал. При отключенном пороге звуковой сигнал издаётся при регистрации каждого кванта, что полезно использовать при поиске источника излучения.

## **Использование индикатора радиоактивности РАДЭКС РД 1503**

### **Порядок обследования**

После включения изделия начинается оценка радиационной обстановки. В течение времени наблюдений каждый регистрируемый квант излучения сопровождается индикацией на дисплее пиктограммы « ■ » и коротким звуковым сигналом, если звук включен и отключен порог. Частота появления пиктограммы на дисплее пропорциональна мощности дозы.

Через 10 сек. после включения изделия на дисплее выводится первый результат короткого цикла

Короткий цикл наблюдения равен 10 сек. и предназначен для быстрого получения предварительных результатов. Наиболее достоверный результат выводится на дисплей после первого 40 сек. цикла наблюдения и отображается пиктограммой « | ».

Второй и третий короткие циклы наблюдения автоматически усредняются.

### **Как правильно проводить обследование**

При оценке радиационной обстановки необходимо помнить, что ионизирующее излучение имеет статистический, вероятностный характер, поэтому показания изделия в одинаковых условиях не могут оставаться строго постоянными. Для достоверного определения уровня мощности дозы следует проводить от 3 до 5 циклов наблюдения не выключая изделия.

При определении радиоактивной загрязненности продуктов питания, предметов быта и т.д. следует приблизить изделие к объекту обследования на расстояние 5-10 мм левой боковой стороной (с прорезями) и включить его.

При определении радиоактивной загрязненности жидкостей оценка мощности дозы проводится над открытой поверхностью жидкости. Не допускается попадание жидкостей на поверхность и внутрь изделия. Для защиты изделия в подобных случаях рекомендуется использовать полиэтиленовый пакет, но не более чем в один слой.

Для определения места расположения источника ионизирующего излучения следует перемещать включенное изделие над поверхностью обследуемого объекта, ориентируясь на частоту звуковых сигналов (в настройках меню: порог - откл., звонок - включен). Помните, что частота сигналов по мере приближения к источнику будет резко возрастать, а по мере удаления также резко убывать.

### Практическая часть работы

#### I. Определение предельно допустимого безопасного времени пребывания человека в поле бета и гамма – излучения.

Для измерений используется изотоп (источник  $\beta$  и  $\gamma$  -излучений) небольшой активности (опасность облучения практически равна нулю).

Нас интересует продолжительность безопасного времени, в течение которого человек может находиться около изотопа.

Для выполнения расчетов воспользуемся формулой:

$$P = D_{\text{пр}}/t$$

При этом следует учесть, что предельно допустимая доза за рабочий день для лиц, непосредственно работающих с радиоактивными источниками, составляет 0,017 Р.

Выразим эту дозу в мкР:

$$D_{\text{пр.}} = 0.017 \text{ Р} = 17 \cdot 10^{-3} \text{ Р} = 17 \cdot 10^{-3} \cdot 10^6 \text{ мкР} = 17 \cdot 10^3 \text{ мкР}$$

Чтобы измерить время нахождения вблизи от этого радиоактивного источника в часах необходимо измерить мощность дозы, создаваемой этим источником ( $P_{\text{и}}$ ), а затем рассчитать время безопасного нахождения непосредственно около источника облучения в часах по формуле:  $P = D_{\text{пр}}/t$

$$t = \frac{D_{\text{пр}}}{P}$$

Результаты измерения занесите в таблицу:

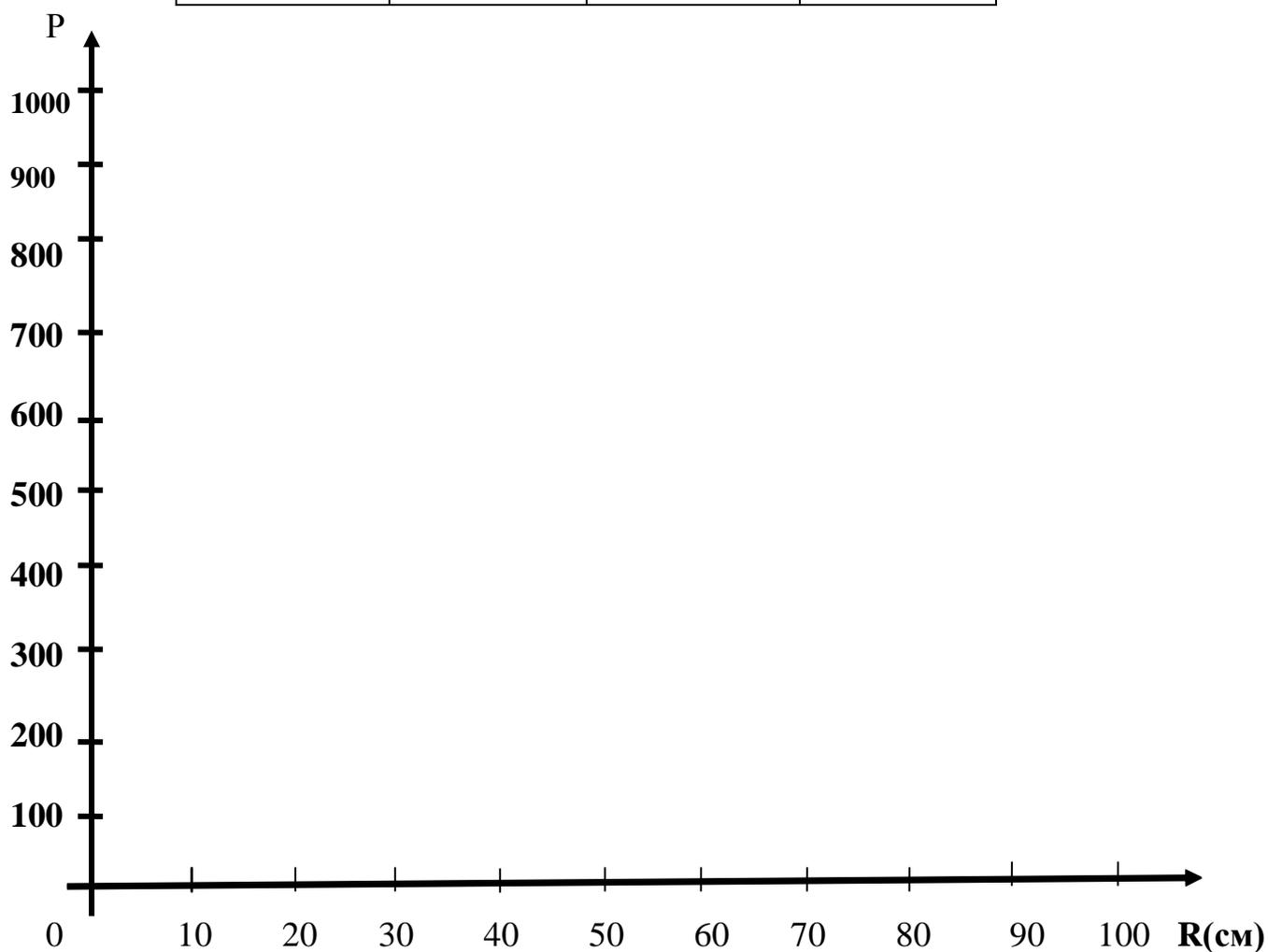
№	Расстояние между дозиметром и источником гамма – излучения см	Значение мощности дозы мкР/час	Предельно допустимое время облучения час
1.			
2.			

**Вывод:**

## II. Определение воздушного слоя половинного и полного поглощения $\beta$ излучения источника.

1. Измерить мощность дозы на расстоянии от 0 до 100 см через каждые 5 см от источника радиации.
2. Данные занести в таблицу и построить график зависимости мощности дозы от толщины слоя воздуха.

Толщина воздушного слоя (см)	Мощность дозы (мкР/час)	Толщина воздушного слоя (см)	Мощность дозы (мкР/час)
0		55	
5		60	
10		65	
15		70	
20		75	
25		80	
30		85	
35		90	
40		95	
45		100	
50			



1. По графику определить толщину слоя воздуха половинного и полного поглощения бета ( $\beta$ ) излучения.
2. Данные занести в таблицу:

Толщина слоя воздуха половинного поглощения бета ( $\beta$ ) излучения	Толщина слоя воздуха полного поглощения бета ( $\beta$ ) излучения
<b>Вывод:</b>	

### III. Определение процентного соотношения $\beta$ и $\gamma$ излучений в данном источнике

1. Найти значение мощности дозы источника (присутствует только  $\gamma$  - излучение), которое не зависит от расстояния (остаётся постоянным при увеличении расстояния).
2. Рассчитать какой процент это значение мощности дозы составляет от начального значения, когда присутствуют  $\beta$  и  $\gamma$  излучения (при  $R=0$ ). Значение мощности дозы при  $R=0$  принять за 100%.
3. Данные занести в таблицу:

Значение мощности дозы источника (присутствует только $\gamma$ - излучение), которое не зависит от расстояния <b><math>R_\gamma</math></b>	Значение мощности дозы излучения при $R=0$ принятое за 100%	Процент <b><math>P_\gamma</math></b> от значения мощности дозы излучения при $R=0$ принятое за 100%(присутствуют <b><math>\beta</math> и <math>\gamma</math></b> излучения)	Процент <b><math>\beta</math></b> излучений в данном источнике	Процент <b><math>\gamma</math></b> излучений в данном источнике
<b>Вывод:</b>				

### **Контрольные вопросы**

1. Виды ионизирующего облучения.
2. Определение альфа, бета и гамма излучений.
3. Дать определение доз ионизирующего излучения:
  - поглощенная доза,
  - экспозиционная доза
  - эквивалентная доза.
  - эффективная эквивалентная доза.
  - коллективная эффективная эквивалентная доза.
  - полная коллективная эффективная эквивалентная доза.
4. Дать определение единиц измерения доз ионизирующего излучения.
5. Мощность дозы, единицы измерения.
6. Биологическое действие ионизирующего излучения.
7. Подготовка к работе индикатор радиоактивности «РАДЭКС РД 1503» и работа с ним.

### **Литература:**

1. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика: Учеб. Для мед. спец. Вузов.-М.: Высш. школа, 1999.-616с.:ил., глава 33, стр. 598- 604.
2. Н.М. Ливенцев Курс физики, изд. «Лань», 2012.-672с., стр. 426-442.
3. Конспект лекции по теме: Дозиметрия ионизирующего излучения.

### **Тесты:**

- 1. Раздел, в котором дается количественная оценка действия ионизирующего излучения на вещество или живые клетки, называется:**
  - 1.рентгенологией
  - 2.дозиметрией
  - 3.онкологией
- 2. Излучение, взаимодействие которого с веществом приводит к ионизации атомов и молекул, называется:**
  - 1 ионизирующим
  - 2.космическим
  - 3.тепловым
- 3. Количество энергии, поглощенной единицей массы за время облучения, называется:**
  - 1.поглощенной дозой
  - 2.экспозиционной дозой
  - 3.эквивалентной дозой
- 4. Доза, в которой учитывается биологическое действие различных видов излучений при одинаковой поглощенной дозе, называется:**

1. экспозиционной дозой
  2. эквивалентной дозой
  3. поглощенной дозой
- 5. Внесистемная единица измерения экспозиционной дозы:**
1. рад
  2. бэр
  3. Рентген
  4. Зиверт
- 6. Доза рентгеновского или гамма-излучения, под воздействием которой в 1 см<sup>3</sup> сухого воздуха образуется 2 млрд. пар ионов (обоего знака) при нормальных условиях, есть:**
1. 1 Грей
  2. 1 Зиверт
  3. 1 Рентген
  4. 1 рад
- 7. Связь между эквивалентной и поглощенной дозой выражается формулой:**
1.  $D_{\text{экв}} = K_{\text{К}} \cdot D_{\text{п}}$
  2.  $D_{\text{п}} = f \cdot D_{\text{о}}$
  3.  $D_{\text{ээ}} = K_{\text{РР}} \cdot D_{\text{экв}}$
- 8. Эквивалентная доза в системе СИ измеряется в:**
1. Грей
  2. Кулон на кг
  3. Зиверт
  4. человеко-зиверт
- 9. Предельно допустимой эквивалентной дозой облучения населения за год считается:**
1. 5 бэр
  2. 0,5 бэр
  3. 50 мбэр
  4. 100 мбэр
  5. 600 бэр
- 10. Коэффициент качества альфа-излучения равен:**
1. 20
  2. 10
  3. 1
  4. 3

**Оглавление:**

<b>1</b>	Изучение аппарата для измерения артериального давления	<b>3</b>
<b>2</b>	Регистрация кривой порога слышимости	<b>10</b>
<b>3</b>	Определение уровня шума в помещениях разного типа с помощью прибора CENTER 320	<b>16</b>
<b>4</b>	Изучение медицинского аппарата для гальванизации	<b>23</b>
<b>5</b>	Определение подвижности ионов методом электрофореза	<b>31</b>
<b>6</b>	Изучение аппарата для электростимуляции	<b>37</b>
<b>7</b>	Изучение аппаратов для местной дарсонвализации -ДЕ-212 КАРАТ	<b>42</b>
<b>8</b>	Изучение аппарата УВЧ-терапии	<b>48</b>
<b>9</b>	Снятие электрокардиограммы и построение вектора ЭДС сердца	<b>56</b>
<b>10</b>	Определение концентрации веществ в растворах с помощью колориметра фотоэлектрического концентрационного КФК – 2	<b>67</b>
<b>11</b>	Гигиеническая оценка естественного и искусственного освещения помещений	<b>72</b>
<b>12</b>	Определение радиоактивного фона с помощью индикатора радиоактивности РАДЭКС РД 1503	<b>80</b>