

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА» (НГТУ)

Институт ядерной энергетики и технической физики

Кафедра «Биоинженерия и ядерная медицина»

**Фонд оценочных средств  
по дисциплине «Биофизические основы живых систем»**

Направление подготовки  
**12.03.04 Биотехнические системы и технологии**

Профиль подготовки  
**Инженерное дело в медико-биологической практике**

Квалификация (степень)  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Нижний Новгород  
2015



Разработчик / составитель фонда оценочных средств по дисциплине «Биофизические основы живых систем»

Профессор, д.б.н., проф. Монич В.А.

Кафедра «Биоинженерия и ядерная медицина»

Дата, подпись 

ФОС по дисциплине «Биофизические основы живых систем» рассмотрен на заседании кафедры «Биоинженерия и ядерная медицина»

Протокол № 3 от « 05 » мале 20 15 г.

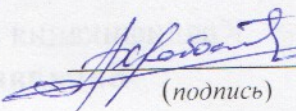
Заведующий кафедрой профессор, д.т.н. Снегирев С.Д.

Дата, подпись 

ФОС по дисциплине «Биофизические основы живых систем» утвержден методическим советом образовательно-научного института «Ядерной энергетики и технической физики»

Протокол № 6 от « 06 » мале 20 15 г.

Председатель методического совета

  
(подпись)

А.Е. Хробостов /  
(Ф. И. О.)

« 06 » мале 20 15 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение. Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
1. Паспорт оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации .....	5
2. Фонд оценочных средств для текущей аттестации.....	7
3. Фонд оценочных средств и шкала оценивания для промежуточной аттестации .....	9

### Введение. Цели и задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Биофизические основы живых систем» относится к вариативной части первого блока (Б1.В.ОД.5), готовит к решению профессиональной задачи по научно-исследовательскому виду деятельности.

Подготовка специалистов по направлению 12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии», профиль подготовки: «Инженерное дело в медико-биологической практике» реализуется в институте ядерной энергетики и технической физики на кафедре «Биоинженерия и ядерная медицина».

Целью учебной дисциплины «Биофизические основы живых систем» является получение студентами знаний и умений в области биофизики, дающих понимание физической природы процессов, происходящих в живых системах, в том числе, в организме человека. Задачами изучения дисциплины «Биофизические основы живых систем» являются изучение биофизических процессов в биосистемах и их структурных элементах различного уровня, ознакомление с соответствующей терминологией, литературой, биофизическими методами исследований проявлений жизнедеятельности и возможностями применения полученных знаний в медико-технической области, изучение организма как многоуровневой системы, ознакомление студентов с принципиальными закономерностями функционирования физиологических систем организма человека и их авторегуляции.

Изучение дисциплины обеспечивает реализацию требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», профиль подготовки: «Инженерное дело в медико-биологической практике».

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции (ПК) (таблица 1):

**Таблица 1 - Признаки проявления компетенций**

Коды и содержание компетенций	Признаки проявления компетенций
ОПК-2 «Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат»	<p><b>Знать:</b> биологические и физические принципы организации биосистем; оптимально-системный характер строения, функционирования и энергопотребления живых структур, биофизические основы функционирования клеток и клеточных структур, тканей, органов и систем организма; биофизические принципы биэлектрогенеза, механизмы преобразования и кодирования информации в биологических системах, термины и определения, используемые в биофизике</p> <p><b>Уметь:</b> обосновывать модельные представления о биологических объектах при изучении биофизических процессов; работать с неадаптированной медико-биологической литературой, понимая биологическую, анатомио-физиологическую и клиническую терминологию; применять полученные знания для рациональной эксплуатации и усовершенствования биомедицинских приборов и систем.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками использования соответствующего математического аппарата при описании биофизических явлений; сведениями о роли инструментальных исследований в клинике и эксперименте.</p>

Знания, полученные при изучении дисциплины «Биофизические основы живых систем», студенты должны использовать при изучении дисциплин «Управление в биотехнических системах», «Медицинские приборы, системы, аппараты и комплексы».

Преподавание дисциплины «Биофизические основы живых систем» предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, лабораторные занятия, самостоятельную работу студента, консультации (таблица 2)

**Таблица 2 - Общая трудоемкость, виды занятий, форма аттестации**

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры	
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) (всего), в том числе:			4	5
		93	54	39
1.1. Аудиторные занятия (всего)		87	51	36
в том числе:	Лекции (Л)	52	34	18
	Лабораторные работы (ЛР)	18		18
	Практические занятия (ПЗ)	17	17	
	Практикумы			
1.2. Внеаудиторные занятия (всего)		6	3	3
групповые консультации по дисциплине		4	3	1
групповые консультации по промежуточной аттестации (экзамен)		2		2
индивидуальная работа преподавателя с обучающимися: - по проектированию: проект (работа) - по выполнению работ РГР, реферат, КР			0	0
2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)		87	54	33
Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)			зачет	экзамен
Общая трудоемкость, ч./ зачетные единицы		216/6	108/3	108/3

### **1. Паспорт оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации**

Паспорт оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации представлен в таблицах 3, 4

**Таблица 3 - Паспорт оценочных средств (текущая аттестация)**

№ раз-а	Наименование раздела дисциплины	Формируемые компетенции	Лекционные занятия		Практические/лабораторные занятия		Самостоятельная работа	
			Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств
1	Организм как живая биологическая система	ОПК-2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение практической работы	Практическая работа «Структура и особенности строения белков», «Нуклеиновые кислоты. Углеводы и липиды», «Особенности воздействия лазерного и широкополосного света на животные ткани»	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий
2	Функции клеток и клеточных структур, мембранный транспорт веществ	ОПК-2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение практической работы	Практическая работа 1. «Физические свойства биомембран. Пассивный и активный транспорт ионов» 2. «Формирование потенциалов покоя и действия. Модели потенциала покоя» 3. «Распространения потенциалов действия по нервным волокнам; телеграфное уравнение, его решения и следствия» 4. «Эквивалентный электрический генератор сердца»	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий
3	Биофизика кровообращения и дыхания	ОПК-2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение практической работы	Практическая работа 1. «Механические свойства крови. Законы гемодинамики» 2. «Механика тока воздуха в бронхах и лёгких. Растворимость газов в крови»	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий
4	Биофизика рецепции	ОПК-2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение лабораторной работы	Лабораторная работа 1. «Механизмы преобразования и кодирования информации в биологических системах» 2. «Снятие спектральной характеристики уха на пороге слышимости»	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий
5	Биофизика мышечного сокращения	ОПК-2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение лабораторной работы	Лабораторная работа 1. «Изотонический и изометрический опыты. Уравнение Хилла» 2. «Моделирование и измерение упругих и вязких свойств мышечных тканей»	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий
6	Основы термодинамики процессов жизнедеятельности	ОПК-2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение лабораторной работы	Лабораторная работа 1. «Термодинамические потенциалы. Теорема Пригожина» 2. «Тепловой баланс организма человека»	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий
7	Физиологические системы организма	ОПК-2	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий	Выполнение лабораторной работы	Лабораторная работа 1. «Дыхательная система» 2. «Центральная нервная система» 3. «Мозг и высшая нервная деятельность»	Участие в групповых обсуждениях	Комплект тематик для дискуссий

**Таблица 4 - Паспорт оценочных средств (промежуточная аттестация)**

Наименование дисциплины	Формируемые компетенции	Знаниевая компонента		Деятельностная компонента	
		Процедура оценивания	Наименование оценочных средств	Процедура оценивания	Наименование оценочных средств
Биофизические основы живых систем	ОПК-2	Устное собеседование по вопросам	Вопросы к зачету/экзамену	Решение практических заданий Выполнение лабораторных работ	Задания к зачету/экзамену

## 2. Фонд оценочных средств для текущей аттестации

### Составьте высказывание из нескольких предложенных фраз:

**1. А.** Эффект Доплера заключается в . . .

- 1) увеличении;                      2) уменьшении;                      3) изменении;

**Б.** частоты волн, . . . ., вследствие относительного движения источника волн и наблюдателя

- 1) излучаемых источником;                      2) воспринимаемых наблюдателем.

**В.** При . . . источника волн и наблюдателя

- 1) взаимном удалении;                      2) сближении;

**Г.** воспринимаемая частота волны . . . испускаемой.

- 1) больше;                      2) равна.

**2. А.** Эффект Доплера используется в медицине, в частности, для . . .

- 1) определения скорости движения клапанов и стенок сердца;  
2) измерения ударного объема крови;  
3) подсчета количества эритроцитов;

**Б.** за счет измерения . . .

- 1) скорости распространения ультразвука в сосудах;  
2) доплеровского сдвига частоты;  
3) измерения времени распространения ультразвука.

**В.** При этом оценивается функциональное состояние . . .

- 1) системы кровообращения; 2) кровеносных сосудов; 3) мышц; 4) сердца.

**Г.** Этот диагностический метод называется . .

- 1) ультразвуковая расходометрия; 2) доплеровская эхокардиография;  
3) фонокардиография;                      4) ультразвуковая кардиография.

### Укажите правильные высказывания:

**1.** 1) Согласно теории Эйнтховена, сердце человека – это электрический диполь в проводящей среде.

2) Согласно теории Эйнтховена, сердце человека – это электрический мультиполь, закрепленный неподвижно в центре окружности с радиусом, равным длине руки.

3) Если мультиполь значительно удален от некоторой точки пространства, то потенциал поля мультиполя линейно убывает с расстоянием.

4) Согласно теории Эйнтховена, сердце человека – это токовый диполь в центре равностороннего треугольника, образованного правой и левой руками и левой ногой.

**2.** 1) Электрокардиограмма – это временная зависимость силы тока в разных отведениях.

2) Электрокардиограмма – это временная зависимость разности потенциалов в разных отведениях.

3) В неоднородном электрическом поле диполь начинает вращаться со скоростью, зависящей от величины напряженности поля в данном месте.



- 4) Электрокардиограмма – это временная зависимость сопротивления в разных отведениях.
3. 1) Стандартным отведением называют разность потенциалов между двумя участками тела.  
 2) Первое отведение – это разность потенциалов между правой и левой ногами.  
 3) Второе отведение – это разность потенциалов между правой и левой руками.  
 4) Стандартным отведением называют электрическое сопротивление участка сердечной мышцы.  
 5) Третье отведение – это разность потенциалов между правой рукой и правой ногой.
4. При инъекции возникает необходимость быстрого введения лекарственного вещества. В каком случае процедура пройдет быстрее: а) при увеличении давления в 2 раза; б) при увеличении диаметра иглы в 2 раза (длины игл одинаковы)?  
 1) в случае а;                      2) в случае б;                      3) изменений не будет.

### Решите задачу

#### **ПРИМЕРЫ СИТУАЦИОННЫХ ЗАДАЧ**

**Задача 1.** При проведении взрывных работ в шахте рабочий оказался в области действия звукового удара. Уровень интенсивности звука при этом составил  $L_{\max} = 150$  дБ. В результате полученной им травмы произошёл разрыв барабанной перепонки. Определите интенсивность, амплитудное значение звукового давления и амплитуду смещения частиц в волне для звука частотой  $\nu = 1$  кГц.

1. Вопрос: Укажите формулу для уровня интенсивности звука.

Ответ:  $L = 10 \cdot \lg \frac{I}{I_0}$

2. Вопрос: Определите интенсивность данного звука.

Ответ: Как следует из представленной формулы:  $I_{\max} = I_0 \cdot 10^{\frac{L_{\max}}{10}} = 10^{-12} \cdot 10^{150/10} = 10^3 = 1000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$ .

3. Вопрос: Укажите формулу для интенсивности механической волны.

Ответ:  $I = \frac{p^2}{2\rho c} = \frac{\rho \cdot A^2 \cdot \omega^2 \cdot c}{2}$ .

4. Вопрос: Вычислите амплитуду данной звуковой волны, распространяющейся в мягких тканях.

Ответ: Значения исходных данных задачи:  $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$ ;  $\omega = 2 \cdot \pi \cdot \nu = 6,28 \cdot 10^3 \text{ 1/с}$ ;  $c = 330 \text{ м/с}$ .

$p = \sqrt{2 \cdot \rho \cdot c \cdot I} = \sqrt{2 \cdot 1,29 \cdot 330 \cdot 1000} = 923 \text{ Па}$ .

$$A = \frac{1}{\omega} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot I}{\rho \cdot c}} = \frac{1}{6280} \cdot \sqrt{\frac{2000}{1,29 \cdot 330}} = 0,00034 \text{ м}.$$

**Задача 2.** При работе в рентгеновском кабинете персонал подвергается избыточному облучению рентгеновскими лучами. Известно, что мощность экспозиционной дозы на расстоянии 1 м от источника рентгеновского излучения составляет 0,1 Р/мин. Человек находится в течение 6 часов в день на расстоянии 10 метров от источника. Какую эквивалентную дозу облучения он получает при этом в течение рабочего дня?

1. Вопрос: Найти экспозиционную дозу, получаемую персоналом за 6 часов работы в рентгеновском кабинете, находясь на расстоянии 1 м от источника излучения.

Ответ:  $\frac{X}{t} = 0,1 \frac{\text{Р}}{\text{мин}}$                        $X = 0,1 \frac{\text{Р}}{\text{мин}} \cdot 360 \text{ мин} = 36 \text{ Р}$

2. Вопрос: Как зависит мощность экспозиционной дозы в данной точке от расстояния до источника излучения?

Ответ:  $\frac{X}{t} \sim \frac{1}{R^2}$

3. Вопрос: Чему равна экспозиционная доза, полученная персоналом на расстоянии 10 м от источника?



Ответ:  $X = \frac{36}{100} = 0.36 \text{ Р}$

3. Вопрос: Как связаны экспозиционная, поглощенная и эквивалентная дозы?

Ответ:  $H = k \cdot D$   $D = f \cdot X$

Коэффициенты  $k$  и  $f$  принимаем равными единице.

4. Вопрос: Какую эквивалентную дозу получает персонал в течение 6 часов работы с аппаратом?

Ответ: 0,36 бэр

**Задача 3.** При лечении опухолей используют радиоактивные препараты для пролонгированного облучения опухолевых клеток. Активность радиоактивного препарата изменяется со временем, поэтому врач должен оценить продолжительность возможного облучения опухоли данным препаратом. В ампуле находится радиоактивный йод  $^{131}_{53}\text{I}$  активностью 100 мкКи. Чему будет равна активность препарата через сутки?

1. Вопрос: Как изменяется активность радиоактивного препарата со временем?

Ответ:  $A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$

2. Вопрос: Как связаны постоянная распада радиоактивного препарата и его период полураспада?

Ответ:  $\lambda = \frac{\ln 2}{T_{0,5}}$

3. Вопрос: Вывести расчетную формулу для определения активности препарата через сутки), учитывая, что время полураспада радиоактивного йода составляет 8 суток.

Ответ:  $\frac{A_1}{A_2} = \frac{\lambda N_0 e^{-\lambda t}}{\lambda N_0 e^{-\lambda(t+1)}} = e^{\lambda}$   $A_2 = \frac{A_1}{e^{\lambda}} = \frac{A_1}{e^{\frac{1}{8} \ln 2}}$

4. Вопрос: Найти численное значение активности радиоактивного препарата через сутки.

Ответ:  $A_2 = 57,8 \text{ мкКи}$

### 3. Фонд оценочных средств и шкала оценивания для промежуточной аттестации

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Биофизические основы живых систем» является зачет и экзамен.

#### **Вопросы для оценивания знаниевой компоненты (зачет)**

1. Ламинарное течение жидкости в цилиндрических трубах. Формула Пуазейля. Турбулентное течение. Число Рейнольдса. Гидравлическое сопротивление.
2. Вращение плоскости поляризации оптически активными веществами. Дисперсия оптической активности. Применение поляризованного света для решения медико-биологических задач: поляриметрия, поляризационная микроскопия.
3. Интервальная оценка генеральной средней по выборке (большой и малой). Доверительный интервал. Доверительная вероятность.
4. Поляризация света. Свет естественный и поляризованный. Закон Малюса. Способы получения поляризованного света: отражение на границе двух диэлектриков (закон Брюстера) и двойное лучепреломление.
5. Оптические спектры. Спектры излучения и поглощения. Спектрофотометрия. Применение в медицине.
6. Электрические биопотенциалы человека. Их особенности на примерах. Характерные амплитуды, частоты, спектры, вид кривых ЭКГ и ЭЭГ. Основные источники магнитных биопотенциалов человека и их величины, сравнение с магнитным полем Земли.
7. Эквивалентный электрический вектор сердца (эквивалентный токовый генератор сердца). Основные положения теории Эйнтховена. Треугольник Эйнтховена, три стандартных отведения. Формирование векторэлектрокардиограммы (ВЭКГ) и электрокардиограммы

(ЭКГ) трех стандартных отведений (нарисовать графики, объяснить). Величина и назначение калибровочного напряжения электрокардиографа.

**8.** Биофизические принципы формирования ЭЭГ. Понятие о градуальной и импульсной электрической активности. Схема расположения токовых диполей и квадрупольей на нейроне. Числовые оценки амплитудных параметров ЭЭГ. Модельные оценки.

**9.** Скорость звуковой волны в среде, акустический импеданс. Коэффициент проникновения звуковой волны. Биоакустика.

**10.** Токовый диполь. Плечо диполя, дипольный момент. Вывести формулу потенциала электрического поля токового диполя в бесконечной однородной проводящей среде в точке, удаленной от диполя на расстояние, много большее плеча диполя. Влияние ограниченных размеров среды на электрический потенциал токового диполя.

**11.** Стационарное (ламинарное) течение. Внутреннее трение (вязкость) жидкости. Уравнение Ньютона. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.

**12.** Предел разрешения и полезное увеличение микроскопа. Специальные приемы микроскопии: ультрафиолетовый микроскоп, иммерсионные среды, ультрамикроскопия, микропроекция и микрофотография.

**13.** Чем отличаются токовые мультиполи от электрических? Токовый монополь (униполь). Формула потенциала в бесконечной проводящей среде.

**14.** Вращение плоскости поляризации оптически активными веществами. Дисперсия оптической активности. Применение поляризованного света для решения медико-биологических задач: поляриметрия, поляризационная микроскопия.

**15.** Взаимодействие света с веществом. Поглощение света. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Показатель поглощения, коэффициент пропускания, оптическая плотность раствора. Спектры поглощения вещества. Концентрационная колориметрия.

**16.** Равновесный потенциал покоя по Нернсту и стационарный потенциал по Гольдману-Ходжкину (привести формулы, объяснить смысл входящих в них величин). Особенности и принципиальные положения соответствующих моделей формирования потенциала покоя мембраны. Отличие равновесного потенциала покоя от стационарного.

**17.** Структура ионных каналов мембраны. Селективность ионных каналов (численные примеры). Этапы работы каналов при стимуляции мембраны.

**18.** . Закон Ома для переменного тока. Метод фазовых диаграмм. Зависимость импеданса живых тканей от частоты протекающего тока. Электрические эквивалентные схемы для живых тканей.

**19.** Диагностическое значение процедуры измерения импеданса живой ткани. Реография. Примеры медицинского применения.

**20.** Равновесный потенциал покоя по Доннани. Условия электро-нейтральности растворов. Соотношение Доннана. Величина потенциала. Когда потенциал покоя по Доннани описывает реально существующий мембранный потенциал?

### ***Задачи (задания) для оценивания деятельной компоненты (зачет)***

Примеры тестовых заданий:

#### **Выберите правильный ответ:**

**1.** Какое трансмембранное перераспределение ионов  $K^+$   $Na^+$  характерно для начального момента развития потенциала действия?

a – активное проникновение ионов  $K^+$  внутрь клетки

b – активное проникновение ионов  $Na^+$  внутрь клетки

c – активный выброс ионов  $K^+$  из клетки

- d – активный выброс ионов  $\text{Na}^+$  из клетки
- 2.** Какой знак имеет разность потенциалов между внутренней и наружной поверхностями клеточных мембран в состоянии покоя?
- a - положительный
  - b - отрицательный
  - c – разность потенциалов равна нулю
- 3.** Какие ионы вносят вклад в создание потенциала покоя клеточных мембран?
- a - ионы  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  c - ионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{K}^+$
  - b - ионы  $\text{Cl}^-$  и  $\text{K}^+$  d - ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{K}^+$
- 4.** Вязкость липидного слоя мембран равна
- a – 30 – 100 мкПа\*с d - 30 – 100 кПа\*с
  - b - 30 – 100 мПа\*с e - 30 – 100 МПа\*с
  - c - 30 – 100 Па\*с
- 5.** Поверхностное натяжение мембран равно
- a – 0.03 - 1 мкН/м d – 0.03 - 1 кН/м
  - b – 0.03 - 1 мН/м e – 0.03 - 1 МН/м
  - c – 0.03 - 1 Н/м
- 6.** Вещества, способные обеспечить перенос ионов через мембраны, называются
- a - ионизаторы
  - b – иониты
  - c - ионофоры
- 7.** Влияние электрического поля на диффузию заряженных частиц отражено в уравнении:
- a - Фика
  - b - Нернста
  - c – Нернста - Планка
  - d – Гольдмана – Ходжкина - Катца
- 8.** В плазматических мембранах нейронов доминирует проницаемость
- a – кальциевая
  - b – хлорная
  - c – калиевая
  - d – натриевая
- 9.** В основе вывода уравнения для потенциала Доннана лежит условие
- a - электрогенности c – поляризации мембраны
  - b - ионного равновесия d - электронейтральности
- 10.** В миелинизированных нервных волокнах потенциал действия возникает
- a – в ядре Шванновской клетки b – в перехватах Ранвье
  - c – на участке, покрытом миелином
- 11.** В основе формирования потенциала действия лежат
- a – соотношение концентраций проникающих через покаяющуюся поверхностную мембрану катионов и анионов
  - b - соотношение проницаемостей мембраны для катионов и анионов , проникающих через покаяющуюся мембрану
  - c – изменения ионной проницаемости мембраны
  - d – торможение активности АТФ-азы
- 12.** В состоянии покоя при физиологических условиях соотношение коэффициентов проницаемости ионов равно
- a –  $P_K:P_{Na}:P_{Cl} = 1 : 0,004 : 0,45$  b -  $P_K:P_{Na}:P_{Cl} = 1 : 0,04 : 0,045$
  - c -  $P_K:P_{Na}:P_{Cl} = 1 : 0,04 : 0,045$  d -  $P_K:P_{Na}:P_{Cl} = 1 : 0,04 : 0,45$
  - e -  $P_K:P_{Na}:P_{Cl} = 1 : 0,4 : 0,45$
- 13.** При возбуждении мембраны, ее электрическое сопротивление
- a - увеличивается
  - b - уменьшается

- с – остается неизменным
- 14.**  $\text{Na}^+ - \text{K}^+$  - помпа является
- а - электронейтральной с – стационарной  
 б - электрогенной d - эквипотенциальной
- 15.** Натрий – калиевый насос на внутренней поверхности клеточной мембраны активируют ионы
- а - натрия б - калия с – хлора  
 d - кальция е - магния
- 16.** Спайк потенциала действия нервных клеток имеет длительность
- а – 1,5-3 наносекунды  
 б – 1,5-3 микросекунды  
 с– 1,5-3 миллисекунды  
 d – 1,5-3 секунды
- 17.** Каковы физические основы магнитокардиографии?
- а - регистрация электрокардиограммы при помещении пациента в магнитное поле  
 б - регистрация электрокардиограммы при компенсации магнитного поля Земли  
 с – регистрация магнитного поля биотоков сердца  
 d – воздействие магнитным током на сердце
- 18.** Информацию об электрической активности сердца получают, анализируя изменения в отведениях от времени. Отведения – это:
- а – потенциалы, генерируемые сердцем при систоле  
 б – потенциалы, пропорциональные проекциям дипольного момента на стороне треугольника Эйнтховена  
 с – потенциалы, снимаемые со сторон треугольника Эйнтховена при диастоле
- 19.** Согласно теории Эйнтховена, сердце есть:
- а – электрический квадруполь  
 б – токовый квадруполь  
 с – магнитный квадруполь  
 d – электрический диполь  
 е – токовый диполь  
 f – электромагнитный диполь  
 g - электромагнитный квадруполь
- 20.** Токовый квадруполь - это
- а – токовая 1-но контактная система  
 б - токовая 2-х контактная система  
 с - токовая 3-х контактная система  
 d - токовая 4-х контактная система  
 d - 250 – 300 с (секунд)
- 21.** Ньютоновскими называются жидкости, у которых . . .
- а) течение ламинарное;                      б) вязкость не зависит от давления;  
 в) течение турбулентное;                    г) вязкость не зависит от градиента скорости;  
 д) вязкость не зависит от температуры.
- 22.** Укажите полный интервал частот звуковых волн, воспринимаемых человеческим ухом:
- а) 10-2200 Гц; б) 18-500 Гц; в) 400-20000 Гц; г) 16-20000 Гц;
- 23.** В норме интенсивность звука на пороге слышимости при частоте 1кГц равна...
- а)  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>; б)  $2 \cdot 10^{-5}$  Па; в) 10 Вт/м<sup>2</sup>; г) 60 Па; д)  $10^{12}$  Вт/м<sup>2</sup>.
- 24.** Интенсивность звука на пороге болевого ощущения при частоте 1кГц равна. .
- а)  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>; б)  $2 \cdot 10^{-5}$  Па; в) 10 Вт/м<sup>2</sup>; г)  $10^{12}$  Вт/м<sup>2</sup>.
- 25.** Укажите формулу для определения угла поворота плоскости поляризации света раствором оптически активного вещества:
- а)  $\alpha = \alpha_0 l$ ; б)  $\alpha = [\alpha_0] \cdot C \cdot l$ ; в)  $\text{tg } i = n$ ; г)  $\cos^2 \varphi = I/I_0$ .



**26.** Токи высокой частоты используются в хирургических целях, при этом наиболее значимым параметром является

- a - частота тока
- b – сила тока
- c – плотность тока
- d - время действия тока

**27.** Аппарат УВЧ-терапии является

- a – усилителем гармонических сигналов
- b – генераторным датчиком
- c – генератором высокочастотных электромагнитных колебаний

**28.** Определите частотный диапазон УВЧ-колебаний

- a – 3 – 30 МГц c – 300МГц- 30 ГГц
- b – 30-300 МГц d – 30 Гц – 3000ГГц

**29.** Пульсовая волна – это волна:

- a – повышенного давления
- b - пониженного давления
- c – нормального давления

**30.** Максимальная скорость кровотока наблюдается в:

- a - артерии
- b - аорте
- c - вене
- d – капилляре

**31.** У человека с возрастом модуль упругости сосудов:

- a - убывает
- b - возрастает
- c – остается неизменным

**32.** Эмпирическое уравнение Кессона переходит в уравнение Ньютона:

- a – при низких величинах напряжения сдвига
- b – при высоких величинах напряжения сдвига
- c - когда напряжение сдвига равно пределу текучести
- d – когда напряжение сдвига меньше предела текучести

**33.** Известно, что кровь является неньютоновской жидкостью, т.е. ее вязкость изменяется в зависимости от градиента скорости в потоке. Это объясняется тем, что:

- a – плазма крови обладает высокой вязкостью
- b – форменные элементы крови образуют крупные агрегаты – «монетные столбики»
- c – форменные элементы крови разнообразны по форме и размерам

**34.** Проиллюстрируйте «теорию режущего цилиндра» с помощью рисунков.

**35.** Запишите стандартную формулу для расчета «сердцевины» которая образует однородная суспензия клеток радиуса  $r_0$  в цилиндрическом сосуде радиусом  $r$ , согласно «теории режущего цилиндра».

**36.** Рассчитать радиус «сердцевины», если радиус сосуда 30 мкм, а радиус клетки 8 мкм

### Шкала оценивания для зачета

Оценка	Критерии (критерии пишутся в соответствии с таблицей 7.2, пороговый уровень)	
	Знаниевая компонента	Деятельностная компонента
Неудовлетворительно	Не знает биологические и физические принципы организации биосистем. Не знает биофизические основы функционирования клеток и клеточных структур, тканей, органов и систем организма. Не знает механизмы преобразования и кодирования информации в биологических системах. Не понимает и не знает термины и определения, используемые в биофизике	Не способен обосновывать модельные представления о биологических объектах при изучении биофизических процессов и не владеет навыками использования соответствующего математического аппарата при описании биофизических явлений, а также не владеет сведениями о роли инструментальных исследований в клинике и эксперименте
Зачет	Твердо знает биологические, физические	Способен обосновывать модельные

	принципы организации биосистем и знает биофизические основы функционирования клеток, клеточных структур, тканей, органов и систем организма. Знает механизмы преобразования и кодирования информации в биологических системах и хорошо ориентируется и твердо знает термины и определения, используемые в биофизике	представления о биологических объектах при изучении биофизических процессов и способен работать с неадаптированной медико-биологической литературой, полностью понимая биологическую, анатомио-физиологическую и клиническую терминологию
--	---	---

### **Вопросы для оценивания знаниевой компоненты (экзамен)**

1. Живые организмы как открытые системы. Уровни организации живых систем. Предмет изучения биофизики.
2. Что называют токовым а) диполем, б) квадруполем? Дипольный момент токового диполя. Вывести формулу для потенциала эл. поля диполя для неограниченной проводящей среды.
3. Структура цитоплазматических мембран. Конформационные переходы. Фазовые переходы в биологических мембранах. Температура фазового перехода. Особенности свойств фосфолипидов.
4. Потенциал действия кардиомиоцита. Вид, механизмы формирования. Механизмы автоматии сердца. Центры автоматии, проводящие пути.
5. Механические свойства биологических мембран. Их особенности. Электрические свойства биологических мембран. Их особенности. Модели биомембран.
6. Функция мышц. Структура поперечно-полосатых мышц. Сокращение мышц в модели скользящих нитей.
7. Пассивный транспорт. Виды транспорта. Вывод уравнения Фика. Коэффициент диффузии.
8. Оптическая схема глаза. Структура сетчатки, структура клеток сетчатки. Абсолютный порог чувствительности глаза.
9. Пассивный транспорт. Виды транспорта. Вывод уравнения Тиорелла (электродиффузии).
10. Родопсин. Структура. Конформация при поглощении света. РПР, ППР, цветовое восприятие.
11. Уравнение Нернста-Планка. Условие равновесия и вывод формулы для мембранного потенциала. Электрохимический потенциал. Физические единицы (размерность) компонент.
12. График ЭКГ нескольких циклов. Как распространяется волна деполяризации в ходе кардиоцикла (от каких участков миокарда и по каким путям распространяется?). Почему при этом обеспечивается последовательность сокращения различных участков сердечной мышцы. Как, пользуясь ЭКГ стандартных отведений, определить частоту сердечных сокращений (ЧСС) и положение электрической и анатомической осей сердца? (Привести формулы и пояснить).
13. Вывод формулы для плотности потока массы частиц через однородную мембрану. Проницаемость мембран.
14. Основные положения модели Эйнтховена. Стандартные отведения. Определите, что такое вектор-электрокардиограмма (ВЭКГ) нарисуйте её с соответствующими обозначениями. Нарисуйте треугольник Эйнтховена с вписанной в него вектор-электрокардиограммой, а также ЭКГ одного из стандартных отведений, как проекцию, ВЭКГ.
15. Потенциал Доннана. (Основные положения модели, условия электронейтральности, вывод соотношения Доннана из условия равновесия для катионов и для ионов хлора).
16. Уравнение неразрывности, уравнение Бернулли (вывод). Полное давление, гидростатическое давление, динамическое давление, статическое давление. Метод измерения артериального давления крови по звукам (тонам) Короткова.

17. Потенциал Доннана. (Основные положения модели, условия электронейтральности, вывод формулы для потенциала соотношения Доннана). Типичная величина потенциала Доннана. Медико-биологические методы, основанные на измерении потенциала Доннана.
18. Вывести формулу для разности потенциалов электрического поля, создаваемого токовым диполем в бесконечной проводящей среде.
19. Понятие о стационарном мембранном потенциале. Уравнение Гольдмана-Ходжкина. (Вывод, соответствие данным опыта).
20. Что называют токовым а) диполем, б) квадруполем? Дипольный момент токового диполя. Вывести формулу для потенциала эл. поля диполя для неограниченной проводящей среды.
21. Равновесный мембранный потенциал по Нернсту. Проницаемость мембраны для основных ионов. Экспериментальные данные и результаты расчета (на графике  $\phi(\text{СК}+)$ ).
22. Что называют токовым монополем? Вывести формулу для потенциала эл. поля монополя для неограниченной проводящей среды.
23. Активный транспорт. Виды активного транспорта. Роль активного транспорта в формировании потенциала покоя. Эквивалентная электрическая схема биологической мембраны в состоянии покоя.
24. Механизмы распространения потенциала действия по нервному волокну, телеграфное уравнение. Структура миелинизированного волокна и его характеристики, график, иллюстрирующий выигрыш в скорости для миелинизированного волокна.
25. Структура каналов нервных волокон. Работа створок. Механизм селективности селективного центра. Селективность, примеры для основных ионов.
26. Механические свойства биологических мембран. Их особенности. Электрические свойства биологических мембран. Их особенности. Модели биомембран.
27. Потенциал действия нервного волокна. Характеристики, график, этапы и механизм формирования.
28. Пассивный транспорт. Виды транспорта. Вывод уравнения Фика. Коэффициент диффузии.
29. Синапсы. Понятие о медиаторах и кванторах. ПСП. Возбуждающие и тормозные синапсы, ВПСП, ТПСП, характеристики, графики.
30. Основные положения модели Эйнтховена. Стандартные отведения. Определите, что такое вектор-электрокардиограмма (ВЭКГ) нарисуйте её с соответствующими обозначениями. Нарисуйте треугольник Эйнтховена с вписанной в него вектор-электрокардиограммой, а также ЭКГ одного из стандартных отведений, как проекцию, ВЭКГ
31. Механизмы распространения потенциала действия по нервному волокну, телеграфное уравнение. Параметры, определяющие скорость распространения.
32. Строение уха. Биофизика слуховой рецепции.
33. Биомеханика мышц. Трехкомпонентная модель Хилла. График зависимости деформации от времени. Физиологический смысл элементов модели.
34. Ламинарное и турбулентное течения. Законы течения вязких жидкостей (Ньютона и Пуазейля), гидравлическое сопротивление сосудов, вывод формул для сопротивления последовательно соединённых и параллельных сосудов.
35. Активное сокращение мышц. Уравнение Хилла. Мощность одиночного сокращения, эффективность работы мышц.
36. Уравнение неразрывности, уравнение Бернулли (вывод). Полное давление, гидростатическое давление, динамическое давление, статическое давление. Метод измерения артериального давления крови по звукам (тонам) Короткова.
37. Агрегации эритроцитов, «монетные столбики», условия для формирования агрегаций в сердечно-сосудистой системе. График, характеризующий неньютоновские свойства крови и его интерпретация. Особенности кровотока в мелких сосудах («режущий цилиндр») и в капиллярах. Влияние механических свойств мембран эритроцитов на кровоток, график зависимости вязкости крови от величины гематокрита.

38.Объективные (энергия, поток, интенсивность, уровень интенсивности (в бэлах и децибэлах)) и субъективные (громкость, высота, тембр) характеристики слышимого звука. Закон Вебера-Фехнера. Кривые одинаковой слышимости.

39.Ультразвук, особенности ультразвука. Закон ослабления ультразвука в однородных средах. Распространение ультразвука в акустически неоднородных средах. Акустический импеданс. Эффект Доплера. Физические основы применения ультразвука в диагностических и лечебных процедурах.

40.Каковы особенности электропроводимости живых тканей? Что называется дисперсией электропроводимости и чем она обусловлена в живых тканях? Полное сопротивление тканей организма. Эквивалентные схемы. Графики  $Z(f)$ . Каким образом и почему измерение импеданса тканей может использоваться в медицине?

### ***Задачи (задания) для оценивания деятельной компоненты (зачет)***

**1.** Определить предел разрешения микроскопа при освещении исследуемого предмета светом с длиной волны 555 нм, если в качестве иммерсионной среды используется глицерин с показателем преломления  $n = 1,45$ . Апертурный угол считать максимальным.

**2.** Считая полный угол раскрытия равным  $130^\circ$ , найти разрешающую способность микроскопа при освещении предмета светом с длиной волны 600 нм. В качестве иммерсионной среды используется кедровое масло ( $n=1,5$ ).

**3.** Определить предел разрешения электронного микроскопа и длину волны электрона, если апертурный угол равен  $70^\circ$ , а ускоряющее напряжение - 60 кВ.

**4.** Чему равна интенсивность света, прошедшего через слой вещества с молярной концентрацией 0,4 М и толщиной 1 см, если молярный показатель  $\chi$  равен 500, а интенсивность падающего излучения  $I_0 = 100 \text{ Вт/м}^2$ ?

**5.** Определить коэффициент пропускания и оптическую плотность вещества, которое освещается светом с интенсивностью  $I_0 = 85 \text{ Вт/м}^2$ . Вещество, толщиной 2 см, имеет концентрацию 0,1 М, а молярный показатель  $\chi$  равен 450.

**6.** Чему равна оптическая плотность вещества, имеющего молярную концентрацию 0,2 М и толщину 1,5 см, если интенсивность света, прошедшего через это вещество  $I = 20 \text{ Вт/м}^2$ , молярный показатель  $\chi = 325$ ? Рассчитать коэффициент пропускания.

**7.** При освещении ультрамалой частицы, объемом  $30 \text{ нм}^3$ , светом неизвестной длины волны, интенсивность рассеянного света была в 2 раза выше, чем при освещении оранжевым светом с длиной волны  $\lambda = 620 \text{ нм}$ , частицы объемом  $40 \text{ нм}^3$ . Определить длину волны света и определить ее место в цветовом спектре.

**8.** Определить объем ультрамалой частицы, освещенной голубым светом с длиной волны  $\lambda = 500 \text{ нм}$ , если при облучении частицы с объемом  $2 \times 10^3 \text{ мкм}^3$  красным светом с длиной волны  $\lambda = 700 \text{ нм}$ , интенсивность рассеянного света оказалась в два раза меньше.

**9.** Определить угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора, если интенсивность света, падающего на поляризатор, равна  $168 \text{ Вт/м}^2$ , а интенсивность света, вышедшего из анализатора, равна  $21 \text{ Вт/м}^2$ .

**10.** Чему равно удельное вращение раствора оптически активного вещества, если, при концентрации  $5 \text{ кг/м}^3$ , угол вращения в кювете длиной 10 см, составил  $2^\circ$ ?

**11.** Определить массовую концентрацию сахара в растворе, если длина кюветы 20 см, а угол поворота плоскости поляризации оказался равным  $20^\circ$ . Удельное вращение сахара взять равным  $[\alpha_0] = 0,5 \text{ град} \times \text{м}^2/\text{кг}$ .

**12.** В лабораторной работе «Определение концентрации сахара в жидкости» получены следующие значения: массовая концентрация сахара  $c = 20 \text{ кг/м}^3$ , длина трубки  $l = 10 \text{ см}$ . Удельное вращение сахара взять равным  $0,14 \text{ град} \times \text{м}^2/\text{кг}$ . Определить угол поворота плоскости поляризации.

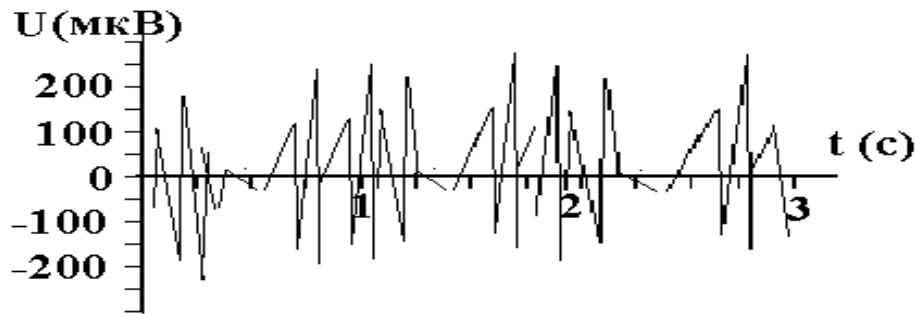
**13.** Найти интенсивность света вышедшего из анализатора, если интенсивность света, падающего на поляризатор  $I_0 = 70 \text{ Вт/м}^2$ , а угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора  $\phi = 45^\circ$ .

**14.** Интенсивность света, прошедшего систему анализатор-поляризатор,  $I$  равна  $27 \text{ Вт/м}^2$ . Чему равна интенсивность света, падающего на поляризатор, если угол между главными плоскостями поляризатора и анализатора  $\phi = 30^\circ$ ?



**Решить задачи, проверить размерность:**

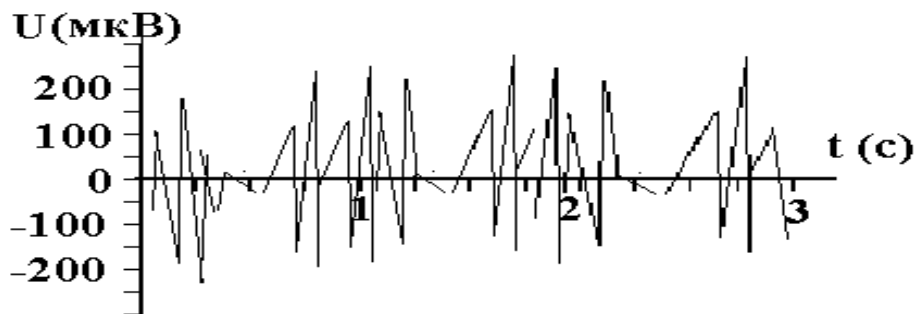
1. Найти среднее значение потенциала ЭЭГ и среднее квадратичное на интервале времени от 0 с до 1 с. (см. Рис)



2. Определить потенциал поля токового диполя в некоторой точке А, находящейся в безграничной проводящей среде, на расстоянии 10 см от диполя, если удельная электрическая проводимость этой среды равна  $0,5 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$ . Диполь считать точечным. Угол между направлением от диполя на точку А и направлением дипольного момента равен  $60^\circ$ , а дипольный момент  $5 \cdot 10^{-6} \text{ А} \cdot \text{м}$ .

3. Как нужно изменить температуру среды, чтобы скомпенсировать увеличение концентрации хлора наружи мембраны в 6 раз и обеспечить постоянство мембранного потенциала, если начальная температура среды  $27^\circ \text{ С}$ .

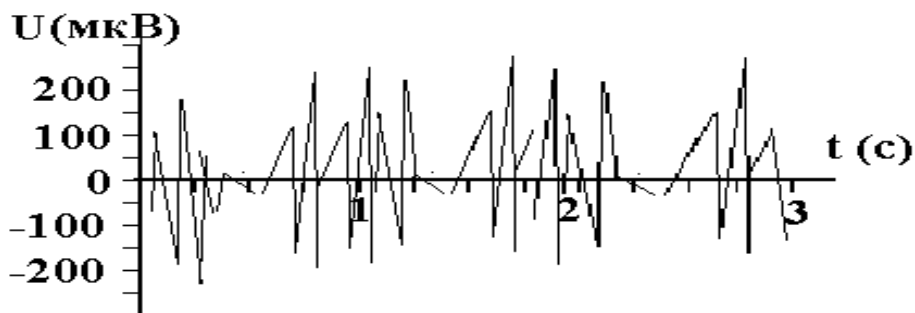
4. Найти среднее значение потенциала ЭЭГ и среднее квадратичное на интервале времени от 1,25 с до 2,25 с. (См. Рис).



5. Чему равен потенциал электрического поля сердца, если он измерялся на расстоянии 40 см от сердца. Считать, что сердце представлено моделью эквивалентного токового диполя с дипольным моментом  $D_0$ , а направление от диполя к точке измерения потенциала имеет угол  $60^\circ$  по отношению к направлению дипольного момента. Удельное электрическое сопротивление среды взять равным  $2 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , а модуль эквивалентного дипольного момента считать равным  $4,5 \text{ мА} \cdot \text{см}$ .

6. Как нужно изменить температуру среды, чтобы скомпенсировать уменьшение концентрации натрия наружи мембраны в 4 раза и обеспечить постоянство мембранного потенциала, если начальная температура среды  $37^\circ \text{ С}$ .

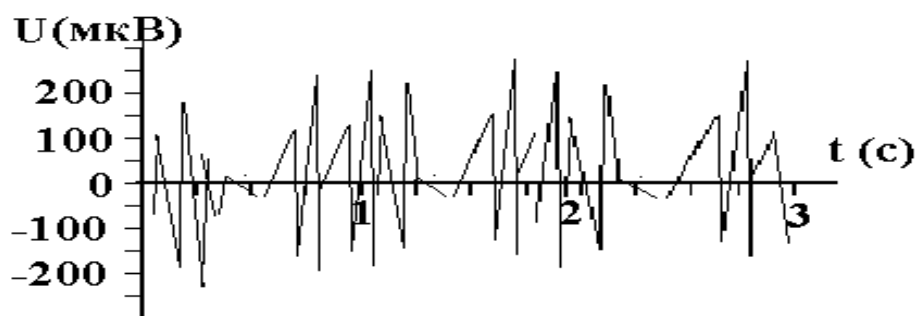
7. Найти среднее значение потенциала ЭЭГ и среднее квадратичное на интервале времени от 1,5 с до 2,5 с. (См. Рис).



8. Чему равен потенциал электрического поля сердца, если он измерялся на расстоянии 30 см от сердца. Считать, что сердце представлено моделью эквивалентного токового диполя с дипольным моментом  $D_0$ , а направление от диполя к точке измерения потенциала имеет угол  $30^\circ$  по отношению к направлению дипольного момента. Удельное электрическое сопротивление среды взять равным  $3 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , а модуль эквивалентного дипольного момента считать равным  $2 \text{ мА}\cdot\text{см}$ .

9. Как нужно изменить температуру среды, чтобы скомпенсировать уменьшение концентрации хлора внутри мембраны в 4 раза и обеспечить постоянство мембранного потенциала, если начальная температура среды  $37^\circ \text{C}$ .

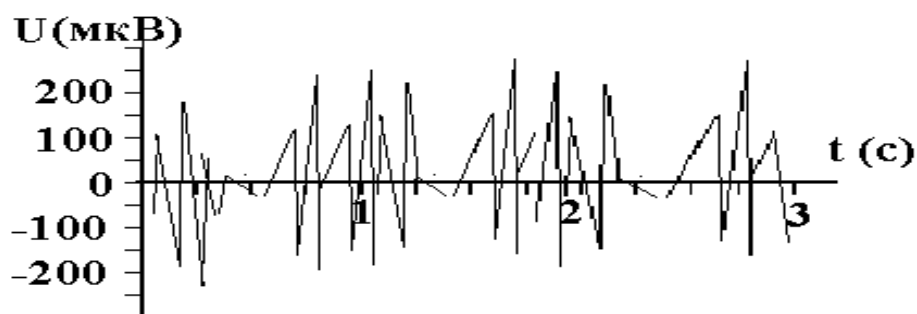
10. Найти среднее значение потенциала ЭЭГ и среднее квадратичное на интервале времени от 0,5 с до 1,5 с. (См. Рис).



11. Чему равен потенциал электрического поля сердца, если он измерялся на расстоянии 30 см от сердца. Считать, что сердце представлено моделью эквивалентного токового диполя с дипольным моментом  $D_0$ , а направление от диполя к точке измерения потенциала имеет угол  $30^\circ$  по отношению к направлению дипольного момента. Удельное электрическое сопротивление среды взять равным  $2 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , а модуль эквивалентного дипольного момента считать равным  $1,5 \text{ мА}\cdot\text{см}$ .

12. Как нужно изменить температуру среды, чтобы скомпенсировать уменьшение концентрации калия внутри мембраны в 5 раз и обеспечить постоянство мембранного потенциала, если начальная температура среды  $27^\circ \text{C}$ .

13. Найти среднее значение потенциала ЭЭГ и среднее квадратичное на интервале времени от 0,25 с до 1,25 с.



14. На модели мембраны создана разность концентраций ионов натрия. Ионы натрия, проходя со стороны 1 на сторону 2, вступали в химическую реакцию, с присоединением гидроксильной группы; изменение химического потенциала при этом составило  $1200 \text{ Дж/моль}$ . Определить изменение электрохимического потенциала, если разность потенциалов между второй и первой сторонами мембраны была равна  $-70 \text{ мВ}$ , температура среды  $30^\circ \text{C}$ , а концентрации ионов натрия  $20 \text{ мМ/л}$  и  $220 \text{ мМ/л}$ , соответственно.

15. Определить чему равна плотность потока ионов натрия через цитоплазматическую мембрану моторного нейрона кошки, если коэффициент диффузии равен  $2 \times 10^{-12} \text{ м}^2/\text{с}$ , а напряженность электрического поля в веществе мембраны составляет  $4 \times 10^6 \text{ В/м}$ . Считать градиент концентрации ионов равным нулю, а массовую концентрацию равной  $0,15 \text{ кг/м}^3$ . Перенос ионов происходит при температуре  $27^\circ \text{C}$ .

16. Определить потенциал электрического поля сердца, если он измерялся на расстоянии 15 см от сердца. Считать, что сердце представлено моделью эквивалентного токового диполя

с дипольным моментом  $D_0$ . Направление от диполя к точке измерения потенциала имеет угол  $60^\circ$  по отношению к направлению дипольного момента. Удельное электрическое сопротивление среды равно  $3 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , модуль дипольного момента эквивалентного токового диполя равен  $2 \text{ мА}\cdot\text{см}$ .

17. В эксперименте, проведенном на модели мембраны была создана разность концентраций ионов калия. Ионы калия, проходя со стороны 1 на сторону 2, вступали в химическую реакцию, с присоединением гидроксильной группы; изменение химического потенциала при этом составило  $1300 \text{ Дж/моль}$ . Определить изменение электрохимического потенциала, если разность потенциалов между второй и первой сторонами мембраны была равна  $-70 \text{ мВ}$ , температура среды  $27^\circ \text{ С}$ , а концентрации ионов калия  $150 \text{ мМ/л}$  и  $15 \text{ мМ/л}$ , соответственно.

18. В эксперименте, проведенном на модели мембраны была создана разность концентраций ионов калия. Ионы калия, проходя со стороны 1 на сторону 2, вступали в химическую реакцию, с присоединением гидроксильной группы; изменение химического потенциала при этом составило  $1300 \text{ Дж/моль}$ . Определить изменение электрохимического потенциала, если разность потенциалов между второй и первой сторонами мембраны была равна  $-70 \text{ мВ}$ , температура среды  $37^\circ \text{ С}$ , а концентрации ионов калия  $180 \text{ мМ/л}$  и  $21 \text{ мМ/л}$ , соответственно.

### ***Решить задачи***

**ЗАДАЧА 1.** Чему равна мощность тока, расходуемая на нагревание мягких тканей, площадью  $10 \text{ см}^2$ , находящихся на глубине  $5 \text{ см}$ , если удельное сопротивление тканей равно  $2 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , а плотность тока  $10 \text{ мА/мм}^2$ .

**ЗАДАЧА 2.** Процедура диатермии, применяемая для электрохирургического воздействия, основана на тепловом действии высокочастотных электрических токов на проводящие ткани. Определить плотность тока, необходимую для рассечения мягких тканей с удельным сопротивлением  $\rho$  равным  $30 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , площадью  $3 \text{ мм}^2$ . Глубина разреза  $5 \text{ мм}$ . Мощность тока, расходуемая на нагревание равна  $400 \text{ Вт}$ .

**ЗАДАЧА 3.** Определить мощность тока и количество теплоты, выделяемой при дарсонвализации, считая, что электрическая мощность выделяется в слое кожи и подкожной клетчатки. Сила тока  $5 \text{ мА}$ , а падение напряжения в данном слое  $0,1 \text{ кВ}$ . Площадь соприкосновения искрового разряда с тканью  $0,4 \text{ см}^2$ . Глубину слоя взять равной  $2 \text{ мм}$ .

**ЗАДАЧА 4.** В физиологическом эксперименте, проводимом на лягушках, использовали тетанизирующий ток (импульсы треугольной формы). Длительность импульсов  $\tau_{\text{и}}$  составляет  $1 \text{ мс}$ , а частота следования  $80 \text{ Гц}$ . Чему равны скважность следования импульсов  $Q$ , период  $T$  их повторения и длительность паузы? Нарисовать форму сигналов.

**ЗАДАЧА 5.** В физиологическом эксперименте, проводимом на кошках, использовали ток экспоненциальной формы. Длительность импульсов  $\tau_{\text{и}}$  составляет  $20 \text{ мс}$ , а частота следования  $50 \text{ Гц}$ . Чему равны скважность следования импульсов  $Q$  и период их повторения? Нарисовать форму сигналов.

**ЗАДАЧА 6.** Нарисовать известную Вам форму диадинамических токов Бернара и определить скважность импульсов  $Q$ , период их следования и длительность паузы для случаев: а) частоты следования  $100 \text{ Гц}$ ; б) частоты следования  $50 \text{ Гц}$ . Длительность импульсов в обоих случаях взять равной  $\tau_{\text{и}} = 10 \text{ мс}$ .

**ЗАДАЧА 7.** Токи, меняющиеся по гармоническому закону, распространяются в живой ткани по двум независимым электрическим цепям. В некоторой области данной ткани они пересекаются. Возникающие суммарные колебания являются биениями. Пользуясь тригонометрической формулой для суммы косинусов, найти форму результирующего суммарного колебания. Формулы, описывающие эти колебания, заданы в виде:  $X_1 = A_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_{01})$  и  $X_2 = A_2 \cos(\omega_2 t + \varphi_{02})$ , их круговые частоты  $\omega_1 = 4000 \text{ Гц}$ ,  $\omega_2 = 4050 \text{ Гц}$ . Учесть, что разность частот  $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ , много меньше  $\omega_2$  и  $\omega_1$ . Колебания считать происходящими по одному направлению.

**ЗАДАЧА 8.** Чему равны амплитуда и начальная фаза суммарного колебания двух однонаправленных гармонических электромагнитных колебаний, имеющих равные частоты

и амплитуды сигналов равные  $E_1=400$  В/м и  $E_2=500$  В/м, соответственно. Начальная фаза первого электромагнитного колебания равна нулю, а второе колебание опережает первое на  $45^\circ$ .

**ЗАДАЧА 9.** Какова траектория движения точки (показать графически), участвующей одновременно в двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаниях, при равенстве амплитуд, если начальные фазы равны нулю, период колебаний по оси ОХ в 2 раза меньше, чем по оси ОУ.

**ЗАДАЧА 10.** Укажите длину волны света на границе восприятия человеческого глаза и определите его частоту в вакууме:

- а) для красной границы;
- б) для фиолетовой границы.

**ЗАДАЧА 11**

Определите частоту электромагнитных колебаний и частотный диапазон, согласно медицинской классификации, если длина волны в вакууме, равна: а) 3 м, б) 15 см, в) 3 мм.

**ЗАДАЧА 12.** Чему равно количество теплоты при УВЧ-терапии, выделяющееся в костных тканях, если амплитуда напряженности электрической компоненты УВЧ электромагнитного поля составляет величину, равную 2000 В/м, емкость терапевтического контура 2 мкФ, индуктивность равна  $3,125 \times 10^{-12}$  Гн. Относительную диэлектрическую проницаемость костных тканей взять равной 7.6, а угол диэлектрических потерь  $30^\circ$ .

**ЗАДАЧА 13.** Определить количество теплоты, выделяющееся в жировом слое с относительной диэлектрической проницаемостью 8 при УВЧ-терапии, если угол диэлектрических потерь  $10^\circ$ , амплитуда напряженности электрической компоненты УВЧ электромагнитного поля равна 3000 В/м. При расчетах использовать стандартную частоту, принятую в России для УВЧ-аппаратов.

**ЗАДАЧА 14.** Чему равно количество теплоты, выделяющееся в мышечном слое с относительной диэлектрической проницаемостью 50 при УВЧ-терапии, если угол диэлектрических потерь  $15^\circ$ , амплитуда напряженности электрической компоненты УВЧ электромагнитного поля равна 2500 В/м? При расчетах использовать частоту, принятую в России для УВЧ-аппаратов.

**ЗАДАЧА 15.** Определить количество теплоты, выделяющееся при индуктотермии через 15 минут в жировой ткани с удельным сопротивлением 20 Ом·см и в мышцах с удельным сопротивлением 2 Ом·см. Частота колебаний поля 13 МГц, амплитудное значение магнитной индукции равно 0.01 Тл, коэффициент  $k$  взять равным  $3 \times 10^{-7}$  м<sup>2</sup>. Полученные результаты сравнить друг с другом и проанализировать. Расчет производить по формуле  $q = (1/2\rho) \times t \times k \times w^2 \times B_{\max}^2$ .

**ЗАДАЧА 16.** Определить количество теплоты, выделяющееся при индуктотермии через 15 минут в сухой коже с удельным сопротивлением  $10^5$  Ом·см и в крови с удельным сопротивлением 2 Ом·см. Частота прибора, используемого в стационаре 13 МГц, амплитудное значение магнитной индукции равно 0.01 Тл, коэффициент  $k$  взять равным  $2 \times 10^{-7}$  м<sup>2</sup>. Полученные результаты сравнить друг с другом и проанализировать. Расчет производить по формуле  $q = (1/2\rho) \times t \times k \times w^2 \times B_{\max}^2$ .

**ЗАДАЧА 17.** Указать лечебный физический фактор (электрический ток, электрическое поле, магнитное поле, электромагнитное поле), используемый в процедурах, дать частоту колебаний соответствующих факторов:

- а) дарсонвализации;
- б) УВЧ-терапии;
- в) индуктотермии;
- г) диатермии;
- д) микроволновой (СВЧ) терапии. Отнести их к соответствующим диапазонам и назвать эти диапазоны в соответствии с медицинской классификацией.

**ЗАДАЧА 18.** Чему равно стандартное отклонение ЭЭГ у кошки, имеющей толщину коры больших полушарий головного мозга  $h = 2$  мм? Для расчета использовать следующие значения: средняя плотность пирамидных нейронов в коре  $k$  равна  $6 \times 10^{13}$  м<sup>-3</sup>, среднее стандартное отклонение изменения во времени дипольного момента нейронов  $\sigma_n \sim 5.8 \times 10^{-15}$



Ахм, удельное сопротивление коры  $\rho$  равно  $2 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , а средний попарный коэффициент корреляции активности нейронов  $R_n=0,001$ .

**ЗАДАЧА 19.** Вычислить стандартное отклонение ЭЭГ у крысы, имеющей толщину коры больших полушарий головного мозга  $h = 1 \text{ мм}$ . Для расчета использовать следующие значения: средняя плотность пирамидных нейронов в коре  $k=15 \times 10^{13} \text{ м}^{-3}$ , среднее стандартное отклонение изменения во времени дипольного момента нейронов  $\sigma_n \sim 4.0 \times 10^{-15} \text{ Ахм}$ , удельное сопротивление коры  $\rho$  равно  $3.0 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , а средний попарный коэффициент корреляции активности нейронов  $R_n=0,002$ .

### Шкала оценивания для экзамена

Оценка	Критерии (критерии пишутся в соответствии с таблицей 7.2, пороговый уровень)	
	Знаниевая компонента	Деятельностная компонента
Неудовлетворительно	не знает биологические и физические принципы организации биосистем; не знает оптимально-системный характер строения, функционирования и энергопотребления живых структур, не знает биофизические основы функционирования клеток и клеточных структур, тканей, органов и систем организма; не знает биофизические принципы биэлектrogenеза, не знает механизмы преобразования и кодирования информации в биологических системах, не знает термины и определения, используемые в биофизике	не способен обосновывать модельные представления о биологических объектах при изучении биофизических процессов; не способен работать с неадаптированной медико-биологической литературой, понимая биологическую, анатомио-физиологическую и клиническую терминологию; не способен применять полученные знания для рациональной эксплуатации и усовершенствования биомедицинских приборов и систем. не владеет навыками использования соответствующего математического аппарата при описании биофизических явлений; не владеет сведениями о роли инструментальных исследований в клинике и эксперименте
Удовлетворительно	знает биологические и имеет представление о физических принципах организации биосистем; ориентируется в оптимально-системном характере строения живых структур, знает отдельные биофизические основы функционирования клеток и клеточных структур, тканей, органов и систем организма; допускает серьезные ошибки при определении биофизических принципов биэлектrogenеза, знает отдельные механизмы преобразования и кодирования информации в биологических системах, ориентируется в терминах и определениях, используемых в биофизике	способен обосновывать модельные представления о биологических объектах допуская грубые ошибки; способен работать с неадаптированной медико-биологической литературой, но не способен понимать биологическую, анатомио-физиологическую и клиническую терминологию; способен применять полученные знания для рациональной эксплуатации биомедицинских приборов и систем с помощью наставлений старших по работе
Хорошо	знает биологические и физические принципы организации биосистем; знает только оптимально-системный характер строения и функционирования живых структур, знает биофизические основы функционирования клеток и клеточных структур, тканей, органов и систем организма; делает незначительные ошибки в определении биофизических принципов биэлектrogenеза, знает механизмы преобразования и кодирования информации в биологических системах, знает термины и определения, используемые в биофизике	способен обосновывать модельные представления о биологических объектах допуская незначительные ошибки в моделировании; способен работать с неадаптированной медико-биологической литературой, понимая значительную часть биологической, анатомио-физиологической и клинической терминологии; способен применять полученные знания для рациональной эксплуатации и частично для совершенствования биомедицинских приборов и систем. владеет навыками использования математического аппарата при описании биофизических явлений, допуская незначительные ошибки; владеет сведениями о роли инструментальных исследований в клинике и эксперименте.

Отлично	<p>твердо знает биологические и физические принципы организации биосистем;  знает оптимально-системный характер строения, функционирования и энергопотребления живых структур,  твердо знает биофизические основы функционирования клеток и клеточных структур, тканей, органов и систем организма;  знает биофизические принципы биэлектрогенеза,  твердо знает механизмы преобразования и кодирования информации в биологических системах,  хорошо ориентируется и твердо знает термины и определения, используемые в биофизике</p>	<p>способен обосновывать модельные представления о биологических объектах при изучении биофизических процессов;  способен работать с неадаптированной медико-биологической литературой, полностью понимая биологическую, анатомо-физиологическую и клиническую терминологию;  способен применять полученные знания для рациональной эксплуатации и усовершенствования биомедицинских приборов и систем.</p>
---------	---	---