

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»  
Кафедра анатомии и физиологии

# **БИОФИЗИКА**

*Методические указания*

*Витебск*  
*УО «ВГУ им. П.М. Машерова»*  
*2012*

УДК 577.3(075.8)  
ББК 28.071я73  
Б63

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 1 от 21.03.2012 г.

Автор-составитель: доцент кафедры анатомии и физиологии УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат биологических наук  
**М.В. Шилина**

Рецензент:  
доцент кафедры физики УО «ВГТУ»,  
кандидат физико-математических наук *В.В. Рубаник*

**Биофизика** : методические указания / авт.-сост. М.В. Шилина. –  
**Б63** Витебск : УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012. – 50 с.

Методические указания разработаны для студентов специальности 1-33 01 01 «Биоэкология». Содержат задания контрольной работы по курсу «Биофизика», рекомендации и литературу для выполнения контрольной работы и подготовки к экзамену.

УДК 577.3(075.8)  
ББК 28.071я73

© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ПРОГРАММА ПО КУРСУ «БИОФИЗИКА» .....	6
ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	8
Задания для контрольной работы .....	9
Теоретические задания по курсу «Биофизика» .....	9
Задачи для контрольной работы .....	14
ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ .....	25
ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ .....	28
ЛИТЕРАТУРА .....	49

## ВВЕДЕНИЕ

Биофизика – важнейший раздел современной биологии, представляющий собой неотъемлемую часть профессиональной подготовки студентов биологических, медицинских, фармацевтических и других специальностей вузов. Она изучает элементарные взаимодействия и превращения молекул, лежащие в основе биологических процессов и явлений.

Основными разделами биофизики являются:

– молекулярная биофизика, изучающая структурную организацию и механизмы функционирования биомакромолекул и их комплексов;

– биофизика клеточных процессов, исследующая физико-химические основы процессов, протекающих в отдельных клеточных системах;

– биофизика мембран (раздел мембранологии), изучающая структуру и функции мембран, в том числе формирование мембранных электрических потенциалов, механизм транспортных процессов, закономерности взаимодействия лигандов с клеточными рецепторами;

– квантовая биофизика, рассматривающая электронную структуру биомолекул, механизмы поглощения квантов света атомами и молекулами,

миграцию энергии, фотохимические реакции, лежащие в основе фотобиологических процессов;

– биофизика сложных систем, включающая важнейшие разделы биофизической науки, в том числе термодинамику и кинетику биопроцессов;

– радиационная биофизика, исследующая процессы взаимодействия ионизирующего излучения с биосистемами, развитие лучевого поражения на молекулярном, клеточном и организменном уровнях;

– прикладная биофизика, рассматривающая вопросы, связанные с практическим применением положений, понятий, законов, моделей и методов биофизической науки.

Для подготовки квалифицированных биологов и экологов, обладающих высоким интеллектуальным уровнем творческого характера в решении профессиональных задач, необходимо постоянное совершенствование учебного процесса на основе фундаментализации знаний. С другой стороны, знания, умения и навыки по фундаментальным дисциплинам представляют собой ценность для будущего специалиста только тогда, когда они вписываются как элемент в систему

знаний по данной специальности. В настоящее время биофизика как комплексная самостоятельная дисциплина изучается на заочном отделении биологического факультета ВГУ на 3 курсе (6 семестр): учебным планом предусмотрены лекции (10 часов) и лабораторные занятия в таком же объеме. Лабораторные занятия предназначены для расширения и закрепления теоретических знаний, углубленного изучения практического аспекта учебного материала, приобретения навыков в обращении с биофизическими приборами, применяемыми для качественного и количественного анализа биологических и химических систем, умения ставить и решать биофизические задачи. Однако лекционный материал охватывает большее количество тем, чем лабораторные работы.

Контрольные вопросы и задачи составлены по всем темам, включенным в программу по биофизике. На эти вопросы студенты отвечают письменно в течение семестра. Для облегчения подготовки студента к данным темам приводится список литературы, в которой излагается материал.

В настоящем методическом пособии изложены понятия, которые позволят самостоятельно освоить разделы биофизики, необходимые для успешного выполнения контрольной работы; включены требования к содержанию и оформлению контрольных работ.

## ПРОГРАММА ПО КУРСУ «БИОФИЗИКА»

Лекции – 10 часов  
Лабораторные занятия – 10 часов  
Контрольная работа  
Экзамен

### **Раздел 1. Основы общей биофизики.**

Биофизика как наука, ее задачи и методы исследования. Биофизические процессы в организме

### **Раздел 2. Молекулярная биофизика.**

Основы молекулярной биофизики. Общие представления о белковых молекулах. Структурно-функциональная организация белка

Основы молекулярной биофизики. Нуклеиновые кислоты и их характеристика. Механизм биосинтеза белковых молекул

### **Раздел 3. Биофизика клетки**

Структурно-функциональная характеристика клетки в биофизическом аспекте. Методы исследования биофизики клетки и ее общая ультраструктура. Основные функции клетки и клеточных структур и физиологические свойства клетки. Ультраструктурная организация биологических мембран клетки.

Функциональная характеристика клеточной мембраны. Основные функции биологических мембран клетки. Виды пассивного транспорта в клетках и тканях (диффузия, осмос, электроосмос, аномальный осмос, фильтрация).

Современные представления о механизме возникновения биопотенциала и его распространении по нервным волокнам. Активный транспорт веществ в клетках.  $K^+$ - $Na^+$  насос. Модель Хожкина-Хаксли. Механизм возникновения мембранного потенциала и биопотенциала на клеточной мембране. Механизм распространения биопотенциала по мякотным и безмякотным нервным волокнам. Структурно – функциональная организация синапсов и механизмы передачи возбуждения в них. Структурная организация синапсов и их классификация. Особенности передачи возбуждения в химическом, электрическом и смешанном синапсах.

### **Раздел 4. Биофизика сложных систем организма**

Электропроводимость в биологических системах. Электропроводимость клеток и тканей. Электропроводимость клеток и тканей для постоянного тока и переменного тока. Основные виды поляризации. Применение метода измерения электропроводности в биологических и медицинских системах.

Биофизика мышечной ткани: механические свойства и работа мышц; структурная организация мышечного волокна; современные представления о механизме мышечного сокращения; биоэлектрические, химические и тепловые процессы в мышцах

Биофизика кровообращения: общие представления о биофизике сердечной мышцы; общие представления о биофизике кровеносных сосудов

Биофизика дыхания: биомеханика актов вдоха и выхода; растяжимость и сопротивление легочной ткани

#### **Раздел 5. Биофизика сенсорных систем организма.**

Биофизика сенсорных систем организма.

Биофизика зрительного анализатора. Структура зрительных рецепторов и механизм зрительного восприятия. Энзиматическая теория Уолда. Ионная теория Бонтинга и Бегема. Кодирование информации в органе зрения. Кодирование длины волны света. Кодирование интенсивности света. Кодирование информации о расстоянии до предметов при монокулярном и бинокулярном зрении. Кодирование информации о величине и форме предметов.

Биофизика слухового анализатора. Восприятие звука. Преобразование механических колебаний в нервные импульсы в органе слуха. Теории возникновения генераторных потенциалов рецепторных клеток кортиева органа. Механоэлектрическая теория Дэвиса. Цитохимическая теория Винникова и Титова. Кодирование информации в органе слуха. Телефонная теория Резерфорда. Резонансная теория Гельмгольца. Теория бегущей волны Бекеша. Теория стоячих волн Эвальда. Частотный характер кодирования высоты звука. Пространственное кодирование высоты звука. Частотно – импульсное кодирование интенсивности звука.

Биофизика обонятельного и вкусового анализатора. Закон Вебера-Фехнера. Работы Мэтьюса, Хартлайна и Грема. Теории вкуса. Теория разложения белков вкусовых луковиц Лазарева. Теория активных центров Бейдлера. Теории обоняния. Квантовая теория обоняния Райта. Стереохимическая теория восприятия запаха Монкрифа и Эймура.

Биофизика тактильного анализатора и электрорецепторов

#### **Раздел 6. Биофизические основы взаимодействия физических факторов с живыми системами.**

Ионизирующая радиация и ее влияние на биологические системы. Виды ионизирующей радиации и их основные характеристики. Биологические действия ионизирующих излучений. Механизмы действия радиационных излучений

Неионизирующая радиация и ее влияние на биологические объекты. Акустические поля, информационное и энергетическое воздействие на организм человека. Ультразвук и его влияние на биологические объекты. Явление кавитации тепловые поля и их воздействия на биообъекты

Собственные физические поля организма человека. Виды физических полей тела человека и их источники. Методы регистрации физических полей организма человека и их использование в научных, практических, медицинских и других целях.

## **ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

В результате самостоятельного изучения дисциплины «Биофизика» каждый студент должен выполнить контрольную работу и представить ее на кафедру.

Контрольная работа позволяют оценить степень усвоения студентом учебного материала в результате самостоятельной работы с учебной литературой и его способности к решению задач по биофизике.

*Каждый вариант содержит 10 теоретических вопросов и 4 задачи. Таким образом, каждый студент должен выполнить 14 заданий. Вариант контрольной работы выбирается в соответствии с последней цифрой номера зачётной книжки, при этом цифре «0» соответствует десятый вариант работы (всего 10 вариантов).*

При выполнении контрольных работ студент должен придерживаться следующих требований:

- работа должна быть выполнена в тетради, на обложке которой следует указать ФИО студента, номер варианта контрольной работы, номер зачётной книжки студента;
- перед началом решения задачи необходимо написать полный текст условия задачи;
- ответы на теоретические вопросы не должны быть дословно переписаны из учебника;
- работа должна быть написана самим студентом от руки; работы, распечатанные на принтере или ксероксе, рассматриваться не будут;
- работа должна быть выполнена аккуратно, почерк не должен вызывать затруднений при чтении работы, для возможных замечаний преподавателя в тетради нужно оставить поля;
- работа должна быть структурирована и разделена на отдельные задания, решение задачи следует снабжать подробными пояснениями, расчёты по формулам должны быть приведены полностью, без сокращений;
- таблицы, рисунки и схемы должны иметь соответствующие подписи;
- в конце приведенного решения задачи необходимо указывать литературу, используемую при её решении;
- в конце работы указать дату выполнения и поставить свою подпись.

На контрольной работе преподаватель даёт краткую рецензию с указанием недочётов и обнаруженных ошибок, если они имеются. В случае неудовлетворительной оценки контрольная работа возвращается студенту для доработки, после чего повторно должна быть представлена на проверку.

Студенты, не выполнившие контрольную работу или получившие за неё неудовлетворительную оценку, не допускаются к зачету.

## Задания для контрольной работы

### Теоретические задания по курсу «Биофизика»

#### ***I. Биофизика как наука. Молекулярная биофизика***

1. Биофизические методы в экологическом мониторинге
2. Назовите основные разделы биофизики, кратко их охарактеризуйте.
3. Какие основные этапы можно выделить в истории развития биофизики? Опишите современный этап развития биофизики.
4. Что является мономером белка? Какими связями поддерживается первичная структура белка? Охарактеризуйте пептидную связь.
5. Опишите вторичную структуру белка. Кто впервые ее исследовал? Охарактеризуйте типы вторичной структуры белка. Какими связями она поддерживается?
6. Охарактеризуйте третичную структуру белка. Что представляет собой домен? Чем доменная структура отличается от четвертичной?
7. Что представляет собой четвертичная структура белка? Чем агрегаты (ассоциаты) белка отличаются от четвертичной структуры?
8. Что является мономером нуклеиновой кислоты? Какими связями поддерживается первичная структура нуклеиновых кислот? Что представляет собой вторичная структура ДНК?
9. Опишите механизм возникновения водородной связи и ван-дер-ваальсовых взаимодействий. Чему равна длина и энергия этих связей?
10. Опишите механизм возникновения гидрофобных взаимодействий. В чем состоит механизм действия воды на структуру биомолекул?

#### ***II. Биофизика мембран***

1. Что изучает биофизика мембран? Назовите основные группы методов исследования биомембран.
2. Нарисуйте и опишите современную схему строения биомембраны (жидкостно-мозаичная модель).
3. Какие функции выполняют мембранные белки? Приведите примеры.
4. На какие группы по расположению в мембране подразделяют мембранные белки? Каковы особенности их строения и выполняемые функции?
5. Какие функции выполняют липиды биомембран? В каком физическом состоянии они находятся?
6. Что собой представляет жидкокристаллическое состояние? Какие типы жидкокристаллических структур вы знаете?
7. На какие процессы в мембране повлияет изменение вязкости липидного бислоя?
8. Что понимают под фазовыми переходами липидов в мембране? Какие факторы влияют на фазовое состояние мембранных липидов?

9. Опишите динамические свойства биомембран. Что собой представляет латеральная диффузия молекул в мембране?

10. Опишите динамические свойства биомембран. Что собой представляет трансбислойный переход («флип-флоп» переход)?

### ***III. Биофизика мембран***

1. Что такое пероксидное окисление липидов? Какие факторы инициируют этот процесс? Какова последовательность стадий его развития?

2. От чего зависит вязкость мембран? Как изменяется вязкость мембран при воспалительных процессах? Объясните причины.

3. Обоснуйте утверждение: «Биомембраны – неперенные участники совокупности процессов возникновения и развития ряда патологических состояний организма человека».

4. Опишите роль биомембран в осуществлении передачи информации внутрь клетки. Что понимают под развитием первичного и вторичного ответа в процессе передачи информации в клетку?

5. Какие свойства рецепторов вы знаете?

6. Что собой представляют классические и обращенные мицеллы?

7. Что собой представляют липосомы? Какие виды липосом вы знаете?

8. Опишите основные способы изготовления липосом.

9. Приведите примеры практического использования липосом.

10. Для чего при изготовлении некоторых лекарств используют липосомы?

### ***IV. Транспорт веществ через биологические мембраны***

1. С какими структурными компонентами мембраны и их свойствами связана проницаемость биомембран для различных веществ?

2. Какие основные виды мембранного транспорта веществ вы знаете?

3. Опишите пассивный мембранный транспорт. Каковы движущие силы и критерии пассивного транспорта веществ и ионов через мембрану?

4. От чего зависит эффективность диффузии вещества? Напишите соответствующее уравнение.

5. Какие виды простой диффузии вы знаете? Приведите примеры. В чем состоят отличия облегченной диффузии от простой?

6. Какие виды облегченной диффузии вы знаете? Приведите примеры. В чем состоят отличия облегченной диффузии от простой?

7. Опишите особенности транспорта ионов через ионные каналы. Охарактеризуйте структурно-функциональную организацию ионных каналов.

8. Каковы механизмы функционирования каналобразователей?

Опишите механизм действия антибиотика валиномицина.

9. Охарактеризуйте активный мембранный транспорт. Каковы движущие силы и критерии активного транспорта веществ через мембрану?

10. Что собой представляют ионные насосы? Какие типы ионных насосов вы знаете? Опишите схему работы кальциевой АТФазы. Возможен

ли одновременный трансмембранный перенос ионов калия и натрия по схеме симпорта? По схеме антипорта?

#### ***V. Биоэлектрические потенциалы***

1. Какие виды биопотенциалов вы знаете? Кратко охарактеризуйте их.
2. Объясните механизм формирования потенциала покоя. Как соотносятся проницаемости для ионов при формировании потенциала покоя? Какие ионы являются определяющими при формировании потенциала покоя?
3. Что описывают уравнение Гольдмана – Ходжкина – Каца и уравнение Томаса? В чем отличие этих уравнений?
4. Что собой представляет потенциал действия? Объясните механизм формирования потенциала действия.
5. В каких клетках формируется потенциал действия? Из каких фаз состоит? Куда направлен ток ионов натрия в I фазе (деполяризации) и во II фазе (реполяризации) потенциала действия? Ток ионов натрия в этих фазах является активным или пассивным? Как он осуществляется через мембрану?
6. Объясните механизм формирования потенциала действия. Куда направлены токи ионов в фазах деполяризации и реполяризации? Каково соотношение проницаемости мембраны для ионов в состоянии возбуждения?
7. Что собой представляет период рефрактерности (после фазы реполяризации)? Чем он обусловлен?
8. Как происходит распространение нервного импульса по нервному волокну у беспозвоночных (на примере аксона кальмара)? Почему нервный импульс может распространяться по нервному волокну только в одном направлении?
9. Как происходит распространение нервного импульса по нервному волокну? В чем особенность распространения нервного импульса у позвоночных животных?
10. От чего зависит скорость распространения возбуждения по нервному волокну? Каким образом ее можно изменить?

#### ***VI. Квантовая биофизика. Взаимодействие света с веществом. Люминесценция***

*В каждом варианте этого раздела содержится по три вопроса (по одному из каждого подраздела).*

1. Что изучают квантовая биофизика и биофизика фотобиологических процессов?
2. На какие области делится оптический спектр электромагнитных излучений?
3. Назовите области практического использования идей и методов квантовой биофизики.
4. Что собой представляет система электронных энергетических уровней молекулы?

5. Какие электронные переходы возможны в молекуле? Нарисуйте и поясните схему электронных переходов (схема Яблонского).

6. Назовите условия, необходимые для того, чтобы произошло светопоглощение в биосистеме.

7. Что такое хромофор? Назовите хромофорные группы молекул белков, нуклеиновых кислот, липидов.

8. Какие характеристики используют для описания способности целого объекта поглощать свет?

9. Сформулируйте закон Бугера–Ламберта–Бэра и следствие из него. При каких условиях этот закон выполняется?

10. Что представляет собой молярный коэффициент экстинкции? Каков его физический смысл? Что такое оптическая плотность, светопропускание и светопоглощение? Что собой представляет спектр поглощения?

### ***VII. Взаимодействие света с веществом***

1. Что такое люминесценция? Какие типы люминесценции в зависимости от способа возбуждения свечения вы знаете?

2. Что такое флуоресценция и фосфоресценция?

3. Сформулируйте закон Стокса. Почему максимум спектра испускания флуоресценции сдвинут в более длинноволновую область по сравнению со спектром поглощения данного вещества?

4. Сформулируйте правило Каши и закон Вавилова.

5. Что такое хемилюминесценция? Для чего регистрируют хемилюминесценцию биообъектов?

6. Что такое фотосенсибилизаторы и фотопротекторы? Какие лекарственные препараты являются фотосенсибилизаторами? Для чего их используют в медицине?

7. Что собой представляет лазерное излучение? Каковы его особенности?

8. Какие типы лазеров (по типу излучения, по мощности, по видам рабочего вещества – активной среды) вы знаете?

9. Опишите схему энергетических уровней лазера, работающего в непрерывном режиме (трех- или четырехуровневый лазер).

10. В каких целях применяют лазеры в медицине? Каковы основные механизмы терапевтического действия лазера?

### ***VIII. Термодинамика***

1. Что изучает термодинамика биологических процессов? Дайте определения основных понятий термодинамики.

2. Сформулируйте первое начало термодинамики. Сформулируйте закон Гесса – следствие первого начала термодинамики. Напишите уравнение этого закона.

3. Как применяются калориметрические методы в термодинамике биологических процессов?

4. Что представляет собой первичная (основная) и вторичная (активная) теплопродукции? Что такое удельная теплопродукция? Объясните, как она зависит от массы животного?

5. В чем физическая сущность понятия энтропии?

6. Сформулируйте второе начало термодинамики для изолированных и открытых систем. Запишите математические уравнения, определяющие его смысл.

7. Сравните понятия «стационарное состояние» и «термодинамическое равновесие».

8. Охарактеризуйте устойчивое и неустойчивое стационарное состояние. Как может происходить переход системы из одного стационарного состояния в другое?

9. Как изменяется баланс энтропии при росте и старении организмов?

10. Объясните связь скорости изменения энтропии биологических систем ( $dS / dt$ ) с теплопродукцией.

### ***IX. Биофизика рецепции***

1. Биофизические основы зрения. Молекулярный механизм зрения. Кодирование интенсивности света. Кодирование информации о расстоянии до предметов при монокулярном и бинокулярном зрении.

2. Биофизика зрительного анализатора. Структура зрительных рецепторов и механизм зрительного восприятия. Энзиматическая теория Уолда. Ионная теория Бонтинга и Бегема.

3. Биофизика слухового анализатора. Восприятие звука. Преобразование механических колебаний в нервные импульсы в органе слуха.

4. Теории возникновения генераторных потенциалов рецепторных клеток кортиева органа. Механоэлектрическая теория Дэвиса. Цитохимическая теория Винникова и Титова.

5. Частотный характер кодирования высоты звука. Пространственное кодирование высоты звука. Частотно – импульсное кодирование интенсивности звука.

6. Биофизика обонятельного анализатора. Квантовая теория обоняния Райта. Стереохимическая теория восприятия запаха Монкрифа и Эймура.

7. Биофизика вкусового анализатора. Теории вкуса. Теория разложения белков вкусовых луковиц Лазарева. Теория активных центров Бейдлера.

8. Закон Вебера-Фехнера. Работы Мэтьюса, Хартлайна и Грема. Теории обоняния.

9. Биофизика тактильного анализатора.

10. Терморцепция.

## Задачи для контрольной работы

### I. Молекулярная биофизика. Биофизика мембран

В 1964 г. Фишер установил, что, зная общее число аминокислотных остатков в белке и отношение числа полярных аминокислот к неполярным, можно предсказать форму белковой глобулы. Для простоты предположим, что все аминокислотные остатки имеют одинаковые объемы. Найдем отношение числа полярных остатков к неполярным ( $b$ ) для сферической глобулы радиусом  $r_0$ , покрытой мономолекулярным слоем полярных остатков толщиной  $d$ . Фишер предполагал, что  $d \sim 0,4$  нм. Отношение числа полярных остатков к неполярным в силу сделанных допущений равно отношению объемов полярной части глобулы ( $V_e$ ) к неполярной ( $V_i$ ).

Обозначим площадь поверхности гидрофобного ядра через  $S$  ( $S = 4\pi r^2$ , где  $r$  – радиус гидрофобного ядра). Тогда объем гидрофобного ядра будет равен  $V_i = Sr / 3$  (так как объем сферы  $V_s = 4/3\pi r^3$ ), а объем гидрофильной фазы приближенно равен  $V_e = Sd$ . Соответствующее отношение объемов фаз в случае сферической глобулы ( $bs$ ) равно

$$bs = V_e / V_i = 3d / r = 3d / (r_0 - d).$$

Для решения задач по теме «мембранный транспорт» необходимо знать следующие понятия и формулы.

*Электрoхимический потенциал*  $\mu'$  – величина, численно равная энергии Гиббса  $G$  на один моль данного вещества, помещенного в электрическое поле. Для разбавленных растворов:

$$\mu' = \mu_0 + RT \ln C + zFE, \quad (1)$$

где  $F$  – число Фарадея,  $z$  – заряд иона электролита (в элементарных единицах заряда),  $E$  – потенциал электрического поля.

Плотность потока вещества  $j_m$  при пассивном транспорте подчиняется уравнению Теорелла:

$$j_m = -UC(d\mu' / dx), \quad (2)$$

где  $U$  – подвижность частиц,  $C$  – концентрация вещества. Знак «минус» показывает, что перенос вещества происходит в сторону убывания  $\mu'$ . *Плотность потока вещества* – это величина, численно равная количеству вещества, перенесенного за единицу времени через единицу площади поверхности, перпендикулярной направлению переноса:

$$j_m = m / (S \cdot t) \text{ [моль/(м}^2 \cdot \text{с)]}. \quad (3)$$

Подставив в уравнение (2) выражение для электрoхимического потенциала (1), получим для разбавленных растворов при  $\mu_0 = \text{const}$  уравнение Нернста–Планка:

$$j_m = -URT(dC / dx) - UCzF(dE / dx). \quad (4)$$

Согласно соотношению Эйнштейна, коэффициент диффузии определяется из уравнения

$$D = URT. \quad (5)$$

Уравнение, описывающее простую диффузию, закон Фика:

$$j_m = -D(dC/dx). \quad (6)$$

Средняя величина смещения молекулы вещества ( $x^2$ ) в растворе:

$$x^2 = 2Dt, \quad (7)$$

где  $D$  – коэффициент диффузии,  $t$  – время.

Характерное время установления равновесной концентрации  $t_{0,5}$ :

$$t_{0,5} = 0,693V/PS, \quad (8)$$

где  $V$  – объем клетки,  $S$  – площадь поверхности клеточной мембраны,  $P$  – коэффициент проницаемости мембраны для данного вещества.

Так как плотность потока вещества  $j$  имеет размерность моль/м<sup>2</sup>·с, концентрация  $C$  – моль/м<sup>3</sup>, то размерность коэффициента проницаемости мембраны  $P$  – м/с. Коэффициент проницаемости мембраны зависит от свойств мембраны и транспортируемых веществ. Эта величина определяется из уравнения:

$$P = KD/l, \quad (9)$$

где  $l$  – толщина мембраны,  $K$  – коэффициент распределения, который показывает соотношение концентрации вещества вне мембраны и внутри нее.

*Студентам для решения предлагаются следующие задачи.*

1. Какова будет форма белковой молекулы, если соотношение количества гидрофильных аминокислот к гидрофобным значительно выше, чем в сферической глобуле? Ответ поясните.

2. Какова будет форма белковой молекулы, если соотношение количества гидрофильных аминокислот к гидрофобным ниже, чем в сферической глобуле? Ответ поясните.

3. Какое расстояние на поверхности мембраны эритроцита проходит молекула фосфолипида за 1 секунду в результате латеральной диффузии?

Коэффициент латеральной диффузии принять равным 10 м<sup>2</sup>/с. Сравните с окружностью эритроцита диаметром 8 мкм.

4. При понижении температуры в липидах мембраны происходит фазовый переход I рода. Как при этом изменится толщина мембраны? Ответ поясните.

5. Определите время, в течение которого устанавливается равновесная концентрация эритрола в клетке, если объем клетки 70 мкм<sup>3</sup>, коэффициент проницаемости 13 мкм/с, а площадь поверхности мембраны клетки 43 мкм<sup>2</sup>.

6. Найдите среднюю величину смещения молекулы формамида в воде и растворе сахарозы за 1 мин, если коэффициенты диффузии этого вещества в воде и сахарозе равны соответственно  $1,6 \cdot 10^{-5}$  и  $0,3 \cdot 10^{-5}$  см<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>.

7. Определите коэффициент диффузии в воде эргостерола, если среднее смещение его молекулы составляет 40 мкм/мин.

8. Найдите коэффициент диффузии через плазматическую мембрану Мусорlasma для формамида, если при разнице концентраций этого веществ-

ва внутри и снаружи мембраны, равной  $0,5 \cdot 10^{-4}$  моль/л, плотность потока его через мембрану равна  $8 \cdot 10^{-4}$  моль·см/с.

9. Покажите, что уравнение Фика для диффузии является частным случаем уравнения Теорелла.

10. Фермент  $\text{Na}^+, \text{K}^+$ -АТФаза в плазматической мембране эритроцита совершил шесть циклов. Какое количество ионов натрия и калия при этом было активно транспортировано? Сколько энергии было при этом израсходовано, если гидролиз одного моля АТФ сопровождается освобождением 33,6 кДж? Эффективность процесса энергетического сопряжения считать 100 %.

## II. Биоэлектрические потенциалы

**Потенциал покоя** – стационарная разность электрических потенциалов, регистрируемая между внутренней и наружной поверхностями мембраны в невозбужденном состоянии.

Потенциал покоя определяется разной концентрацией ионов по разные стороны мембраны и диффузией ионов через мембрану.

Если концентрация какого-либо иона внутри клетки  $C_{\text{вн}}$  отлична от концентрации этого иона снаружи  $C_{\text{нар}}$  и мембрана проницаема для этого иона, возникает поток заряженных частиц через мембрану, вследствие чего нарушается электрическая нейтральность системы, образуется разность потенциалов внутри и снаружи клетки  $\varphi_{\text{м}} = \varphi_{\text{нар}} - \varphi_{\text{вн}}$  которая будет препятствовать дальнейшему перемещению ионов через мембрану. При установлении равновесия выравниваются значения электрохимических потенциалов по разные стороны мембраны:  $\mu_{\text{вн}} = \mu_{\text{нар}}$ .

Так как  $\mu = \mu_0 + RT \ln C + ZF\varphi$ , то

$$RT \ln C_{\text{вн}} + ZF\varphi_{\text{вн}} = RT \ln C_{\text{нар}} + ZF\varphi_{\text{нар}}$$

Отсюда легко получить **формулу Нернста** для равновесного мембранного потенциала

$$\varphi_{\text{м}} = \varphi_{\text{нар}} - \varphi_{\text{вн}} = - \frac{RT}{ZF} \times \ln \left( \frac{C_{\text{вн}}}{C_{\text{нар}}} \right) \quad (1)$$

Если мембранный потенциал обусловлен переносом ионов  $\text{K}^+$ , для которого  $[\text{K}^+]_{\text{вн}} > [\text{K}^+]_{\text{нар}}$  и  $Z = +1$ , равновесный мембранный потенциал

$$\varphi_{\text{м}, \text{K}}^p = - \frac{RT}{F} \ln \frac{K_{\text{вн}}^+}{K_{\text{нар}}^+} \leq 0.$$

Для ионов  $\text{Na}^+$ :  $[\text{Na}^+]_{\text{вн}} < [\text{Na}^+]_{\text{нар}}$ ,  $Z = +1$ ,

$$\varphi_{\text{м}, \text{Na}}^p = - \frac{RT}{F} \ln \frac{[Na^+]_{\text{нар}}}{[Na^+]_{\text{вн}}} > 0,$$

Если в формуле Нернста перейти от натурального логарифма к десятичному, то для положительного одновалентного иона ( $Z = +1$ )

$$\varphi_{\text{м}}^p = - \frac{RT}{F} \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{C_{\text{вн}}}{C_{\text{нар}}},$$

Примем температуру  $T=300\text{ K}$ , тогда

$$\frac{RT}{F} \cdot 2,3 = \frac{8,3\text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{K}) \cdot 300\text{ K}}{96500\text{ Кл}/\text{моль}} \cdot 2,3 = 0,06\text{ В}.$$

$$\varphi_m^p \approx -0,061 \lg \frac{C_{\text{вн}}}{C_{\text{нар}}} (\text{В}).$$

Примем в формуле Нернста  $C_{\text{вн}}/C_{\text{нар}} \approx 100$ .

Таким образом, потенциал покоя на самом деле ближе к потенциалу, рассчитанному по формуле Нернста для  $\text{K}^+$ . Вместе с тем, обращает на себя внимание значительное расхождение экспериментальных и теоретических значений. Причины расхождения в том, что не учтена проницаемость мембраны для других ионов. **Одновременная диффузия через мембрану ионов  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  учитывается уравнением Гольдмана.**

Уравнение Гольдмана можно вывести из уравнения Нернста-Планка.

$$j_m = -URT \frac{dC}{dx} - UCZF \frac{d\varphi}{dx}. \quad (2)$$

$$\varphi_m = -\frac{RT}{F} \ln \frac{P_K [\text{K}^+]_{\text{вн}} + P_{\text{Na}} [\text{Na}^+]_{\text{вн}} + P_{\text{Cl}} [\text{Cl}^-]_{\text{нар}}}{P_K [\text{K}^+]_{\text{нар}} + P_{\text{Na}} [\text{Na}^+]_{\text{нар}} + P_{\text{Cl}} [\text{Cl}^-]_{\text{вн}}}.$$

В числителе выражения, стоящего под знаком логарифма, представлены концентрации  $[\text{K}^+]_{\text{вн}}$ ,  $[\text{Na}^+]_{\text{вн}}$ , но  $[\text{Cl}^-]_{\text{нар}}$ , а в знаменателе -  $[\text{K}^+]_{\text{нар}}$ ,  $[\text{Na}^+]_{\text{нар}}$ , но  $[\text{Cl}^-]_{\text{вн}}$ , так как ионы хлора отрицательно заряжены.

В состоянии покоя проницаемость мембраны для ионов  $\text{K}^+$  значительно больше, чем для  $\text{Na}^+$ , и больше, чем для  $\text{Cl}^-$ :

$$P_K \gg P_{\text{Na}}, P_K > P_{\text{Cl}}.$$

Для аксона кальмара, например,

$$P_K : P_{\text{Na}} : P_{\text{Cl}} = 1 : 0,04 : 0,45.$$

Переписав уравнение Гольдмана в виде:

$$\varphi_m = -\frac{RT}{F} \ln \frac{[\text{K}^+]_{\text{вн}} + \frac{P_{\text{Na}}}{P_K} [\text{Na}^+]_{\text{вн}} + \frac{P_{\text{Cl}}}{P_K} [\text{Cl}^-]_{\text{нар}}}{[\text{K}^+]_{\text{нар}} + \frac{P_{\text{Na}}}{P_K} [\text{Na}^+]_{\text{нар}} + \frac{P_{\text{Cl}}}{P_K} [\text{Cl}^-]_{\text{вн}}},$$

в случае, когда проницаемость мембраны для ионов натрия и хлора значительно меньше проницаемости для калия:

$$P_{\text{Na}} \ll P_K, P_{\text{Cl}} \ll P_K,$$

Таким образом, уравнение Нернста - частный случай уравнения Гольдмана.

Мембранный потенциал, рассчитанный по уравнению Гольдмана, оказался по абсолютной величине меньше мембранного потенциала, рассчитанного по формуле Нернста» ближе к экспериментальным его значениям в крупных клетках. И формула Нернста, и уравнение Гольдмана не учитывают активного транспорта ионов через мембрану, наличия в мем-

бранах электрогенных (вызывающих разделение зарядов, а следовательно и возникновение разности потенциалов) ионных насосов, играющих важную роль в поддержании ионного равновесия в мелких клетках. В цитоплазматической мембране работают  $K^+$ - $Na^+$ -АТФазы, перекачивающие калий внутрь клетки, а натрий из клетки. С учетом работы электрогенных ионных насосов для мембранного потенциала было получено **уравнение Томаса:**

$$\varphi_M = -\frac{RT}{F} \ln \frac{mP_K [K^+]_{BH} + P_{Na} [Na^+]_{BH}}{mP_K [K^+]_{HAP} + P_{Na} [Na^+]_{HAP}}, \quad (3)$$

где  $m$  – отношение количества ионов натрия к количеству ионов калия, перекачиваемых ионными насосами через мембрану.

Чаще всего  $K^+$ - $Na^+$ -АТФаза работает в режиме, когда  $m = 3/2$ ,  $m$  всегда больше 1. (Нет ионных насосов, перекачивающих  $Cl^-$ , поэтому в уравнении Томаса отсутствуют члены  $P_{Cl} [Cl^-]$ .)

Коэффициент  $m > 1$  усиливает вклад градиента концентрации калия в создание мембранного потенциала, поэтому мембранный потенциал, рассчитанный по Томасу, больше по абсолютной величине, чем мембранный потенциал, рассчитанный по Гольману, и дает совпадение с экспериментальными значениями для мелких клеток.

Нарушение биоэнергетических процессов в клетке и работы  $K^+$ - $Na^+$ -АТФазы приводит к уменьшению  $|\varphi_M|$ , в этом случае мембранный потенциал лучше описывается уравнением Гольдмана.

Повреждение клеточной мембраны приводит к повышению проницаемости клеточных мембран для всех ионов: к повышению  $P_K$ ,  $P_{Na}$ , и  $P_{Cl}$ . Вследствие уменьшения различия проницаемостей абсолютное значение мембранного потенциала  $|\varphi_M|$  снижается.

### **Задачи по теме**

1. Определите равновесный мембранный потенциал на мембране при отношении концентраций натрия снаружи и внутри клетки: а) 1 : 1; б) 10 : 1; в) 100 : 1.

2. Потенциал покоя нерва конечности краба равен 95 мВ. Чему равна концентрация ионов калия внутри нерва, если снаружи она составляет 15 ммоль/л? Температура равна 20°C.

3. Рассчитайте величину мембранных потенциалов покоя и действия для аксона кальмара, если концентрация  $K^+$  внутри клетки – 400, а во внеклеточной среде – 10 ммоль/л, концентрация  $Na^+$  внутри – 50, а снаружи – 460 ммоль/л, а ионы хлора содержатся в клетке в концентрации 100, а вне клетки – 560 ммоль/л.

4. 50 % ионов калия внутри гигантского аксона кальмара было заменено натрием. Рассчитайте величину мембранного потенциала покоя аксона кальмара при температуре 25 °С.

5. Вычислите потенциал покоя гигантского аксона кальмара, если известно, что концентрация ионов натрия снаружи составляет 450 ммоль/л, а внутри его – 50 ммоль/л (температура равна 20 °С).

6. Как изменится вид графика потенциала действия, если поменять химический состав внутри аксона и снаружи: аксоплазму заменить на внеклеточную жидкость, а внеклеточную жидкость – на аксоплазму?

7. Рассчитайте потенциал действия аксона кальмара, если концентрация калия и натрия внутри клетки возбудимой ткани соответственно 125 ммоль/л и 1,5 ммоль/л, а снаружи 2,5 ммоль/л и 125 ммоль/л.

8. Возможен ли процесс на мембране возбудимой клетки, при котором одновременно навстречу текут потоки различных ионов, имеющих одинаковый знак заряда? Ответ поясните.

9. Потенциал покоя нервного волокна кальмара равен –60 мВ, а потенциал действия +35 мВ. Вследствие чего происходит такое изменение мембранного потенциала?

10. Определите равновесный мембранный потенциал, создаваемый на бислойной липидной мембране ионами калия при температуре 20 °С, если концентрация калия с одной стороны мембраны равна  $10^{-3}$  моль/л, а с другой –  $10^{-5}$  моль/л.

### III. Взаимодействие света с веществом. Люминесценция

*Оптическая плотность* ( $D$ ) – десятичный логарифм отношения интенсивности света, падающего на образец ( $I_0$ ), к интенсивности света, выходящего из образца ( $I$ ):

$$D = \lg I_0 / I \quad (1)$$

как и любая логарифмическая величина, оптическая плотность не имеет размерности, измеряется в единицах оптической плотности.

*Светопропускание* ( $T$ ) – отношение интенсивности света, вышедшего из образца, к интенсивности света, падающего на образец:

$$T = I / I_0, \quad (2)$$

измеряется в долях или процентах ( $T = I / I_0 \cdot 100 \%$ ).

*Доля поглощенного светового потока* ( $\alpha$ ), или *светопоглощение*:

$$\alpha = (I_0 - I) / I_0 = 1 - T, \quad (3)$$

так же, как и светопропускание, светопоглощение измеряется в долях или процентах.

*Формулой Бугера – Ламберта – Бера называют следующее выражение:*

$$I = I_0 \exp(-s \cdot n \cdot l), \text{ или } I = I_0 e^{-s \cdot n \cdot l}, \quad (4)$$

где  $s$  является *поперечным сечением поглощения молекулы*, молекулярным показателем поглощения, размерностью – (в  $\text{см}^2/\text{молекула}$ ),  $n$  – количество молекул (в  $\text{см}^3$ ),  $l$  – длина оптического пути (толщина образца).

Как правило, закон Бугера – Ламберта – Бера используют в иной форме:

$$I = I_0 e^{-\epsilon \cdot c \cdot l}, \quad (5)$$

$$\text{или} \quad I = I_0 10^{-\epsilon' \cdot c \cdot l}, \quad (6)$$

где  $c$  – молярная концентрация вещества,  $\epsilon'$  – *натуральный молярный коэффициент поглощения (экстинкции)*, его физический смысл – суммарное поперечное сечение поглощения всех молекул одного моля вещества,  $\epsilon$  – *молярный коэффициент поглощения*.

Размерность  $\epsilon$  и  $\epsilon'$  – л/(моль·см).

Важнейшим следствием из закона Бугера–Ламберта–Бера является следующее положение: *оптическая плотность прямо пропорциональна концентрации данного вещества*.

В самом деле, из формулы (6) следует, что

$$I/I_0 = 10^{-\epsilon' \cdot c \cdot l}.$$

Прологарифмировав данное выражение, получаем:

$$\lg I/I_0 = -\epsilon' \cdot c \cdot l.$$

Так как по определению  $D = \lg I_0/I$ , следовательно

$$D = \epsilon' c l. \quad (7)$$

Интенсивность люминесценции вещества

$$I_{\text{л}} = 2,310 \phi D, \quad (8)$$

где  $I_0$  – интенсивность возбуждающего света,  $\phi$  – квантовый выход люминесценции,  $D$  – оптическая плотность образца.

Время жизни молекулы в возбужденном состоянии  $\tau$  определяется из уравнения

$$\ln(I_{\text{ло}}/I_{\text{лт}}) = t/\tau, \quad (9)$$

где  $I_{\text{ло}}$  – интенсивность люминесценции в начальный момент времени,  $I_{\text{лт}}$  – в момент времени  $t$  после начала измерения.

Согласно формуле Штерна – Фольмера

$$I_{\text{ф}}/I_{\text{фт}} = 1 + k\tau C_{\text{T}}, \quad (10)$$

где  $I_{\text{ф}}$  и  $I_{\text{фт}}$  – наблюдаемая величина интенсивности флуоресценции при отсутствии тушителя флуоресценции и вместе с ним;  $C_{\text{T}}$  – молярная концентрация тушителя;  $\tau$  – время жизни молекулы в возбужденном состоянии; константа тушения  $k = 10^9 \text{ М}^{-1} \text{ с}^{-1}$ . Если  $\tau \sim 1 \text{ нс}$ , то наблюдается синглетный механизм тушения флуоресценции, если  $\tau \sim 1 \text{ мкс}$ , то тушение флуоресценции происходит по триплетному механизму.

*Задачи для решения по обсуждаемым вопросам:*

1. В данном веществе при поглощении света могут происходить  $\sigma \rightarrow \sigma^*$  и  $\pi \rightarrow \pi^*$  электронные переходы. Какому переходу соответству-

ет более длинноволновый максимум в спектре поглощения вещества? Ответ обоснуйте.

2. Оптическая плотность раствора  $D = 0,15$ . Найдите его светопоглощение и светопропускание.

3. Коэффициент светопропускания раствора  $\tau = 0,5$ . Чему равна его оптическая плотность?

4. Интенсивность света, прошедшего через раствор, уменьшилась в 5 раз. Известно, что это вещество имеет молярный коэффициент поглощения на данной длине волны, равный 1000. Толщина кюветы с раствором – 1 см. Найдите концентрацию вещества в растворе.

5. Чему равен молярный коэффициент поглощения вещества при длине волны 400 нм, если при прохождении света через раствор с концентрацией 0,5 моль/л интенсивность света уменьшилась в 5 раз? Толщина кюветы равна 0,3 см.

6. Рассчитайте содержание адреналина гидротартрата в растворе для инъекций, если 5,0 мл препарата довели водой до 100 мл. Оптическая плотность полученного раствора составила при 530 нм 0,420. Оптическая плотность стандартного образца, содержащего 0,000091 г/мл, равна 0,432.

7. Определите квантовый выход люминесценции вещества, если его оптическая плотность равна 0,1, а интенсивность люминесценции в 15 раз меньше интенсивности возбуждающего света.

8. Как изменится интенсивность люминесценции при увеличении оптической плотности образца при длине волны возбуждающего света от 1 до 100?

9. Активность фермента уменьшилась в 10 раз при добавлении в раствор инкубации тушителя флуоресценции с конечной концентрацией  $10^{-4}$  моль/л. Определите, каким был механизм тушения флуоресценции (триплетным или синглетным), если константа тушения  $k = 10^9 \text{ M}^{-1}\text{c}^{-1}$ .

10. Во сколько раз уменьшится интенсивность флуоресценции триптофана в сывороточном альбумине человека, если в раствор был добавлен тушитель флуоресценции в концентрации  $10^{-5}$  моль/л, а реакция тушения идет по синглетному типу.

#### **IV. Термодинамика**

Согласно первому началу (закону) термодинамики для закрытых систем, теплота, подведенная к системе, расходуется на изменение внутренней энергии системы и на совершение работы против внешних сил:

$$\delta Q = dU + \delta A, (1)$$

где  $Q$  – теплота, подведенная к системе;  $U$  – внутренняя энергия системы;  $A$  – работа;  $\delta$  обозначает, что теплота и работа не являются функциями состояния системы и не могут быть полными дифференциалами.

Обмен веществ в живых организмах также подчиняется первому закону термодинамики. Определение энергетического обмена между живыми организмами и окружающей средой осуществляется с помощью калориметрии, которая подразделяется на прямую и непрямую. Более распространенной является непрямая калориметрия. В этом случае о суммарном тепловом эффекте реакций, протекающих в организме, судят по *калорическому коэффициенту кислорода*. Он показывает, какое количество теплоты выделяется при полном окислении данного вещества до углекислого газа и воды на каждый литр поглощенного организмом кислорода.

Однако в живом организме идет также синтез веществ, которые затем могут окисляться. Чтобы учесть общее количество теплоты, освобожденное живым организмом за определенный промежуток времени, надо учитывать *дыхательный коэффициент* ( $\delta$ ), равный отношению объема углекислого газа к потребленному за то же время кислороду:

$$\delta = V_{CO_2} / V_{O_2} \quad (2)$$

Существует связь между дыхательным и калорическим коэффициентами. Это позволяет устанавливать расход энергии организма, зная количество поглощенного  $O_2$  и выделенного  $CO_2$ .

Изменение энтропии  $dS$  системы равно отношению количества теплоты ( $\delta Q$ ), сообщенного системе, к термодинамической температуре ( $T$ ):

$$dS = \delta Q / T. \quad (3)$$

В открытых системах суммарное изменение энтропии в стационарном состоянии равно нулю:

$$dS = deS + diS = 0 \text{ или } (4)$$

$$dS / dt = diS / dt + deS / dt = 0, \quad (5)$$

где  $dS / dt$  – скорость изменения энтропии в организме;

$diS / dt$  – скорость производства энтропии внутри организма;

$deS / dt$  – скорость обмена энтропией между организмом и окружающей средой.

Для химических реакций величина энтропии реагирующих веществ непосредственно связана с тепловым эффектом:

$$diS / dt = -1 / T \cdot dQ / dt, \quad (6)$$

где  $T$  – температура по Кельвину,  $dQ / dt$  – скорость теплопродукции реакции.

Определяя тепловые эффекты реакции в специальных микрокалориметрах, можно вычислить скорость продуцирования энтропии.

Изменение энтропии при изменении температуры вещества от  $T_1$  до  $T_2$  находят с помощью уравнения

$$\Delta S = nC_p \ln(T_1 / T_2), \quad (7)$$

где  $n$  – количество вещества (в молях),  $C_p$  – молярная теплоемкость при постоянном давлении.

Для определения скорости продуцирования энтропии в биологических системах используют метод, в основе которого лежит измерение константы равновесия  $k$ , т. е. измерения равновесных концентраций субстратов и продуктов реакции при разных температурах. В том случае, когда изменение энтропии и энтальпии системы не зависит от температуры, используют уравнение Вант-Гоффа:

$$\ln K = \Delta H / RT + \Delta S / R, (8)$$

где  $K$  – константа равновесия,  $\Delta H$  – изменение энтальпии,  $\Delta S$  – изменение энтропии,  $T$  – абсолютная температура,  $R$  – универсальная газовая постоянная.

Изменение свободной энергии  $\Delta G$  вычисляют по следующему уравнению:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S. (9)$$

Если известно значение константы равновесия, то  $\Delta G$  можно найти по формуле

$$\Delta G = -RT \ln K. (10)$$

Отрицательное значение  $\Delta G$  показывает, что реакция протекает самопроизвольно, положительная величина  $\Delta G$  характерна для реакций, которые осуществляются против термодинамического потенциала, т. е. не могут протекать спонтанно.

*Студентам для решения предлагаются следующие задачи.*

1. При какой температуре находилось 3 моль воды в сосуде, если при ее нагревании до 100 °С произошло увеличение энтропии на 10 Дж/К?

$C_p$  (молярная теплоемкость воды) равна ~ 1 кал/г·град (4,2 Дж/г·град) при атмосферном давлении.

2. При какой температуре находилось 2 моль воды в сосуде, если при ее нагревании до 100 °С произошло увеличение энтропии на 23,5 Дж/К?

$C_p$  (молярная теплоемкость воды) равна ~ 1 кал/г·град (4,2 Дж/г·град) при атмосферном давлении.

3. Образование сахарозы из глюкозы и фруктозы идет с участием АТФ: глюкоза + фруктоза + АТФ → сахароза + АДФ + Ф. При 298 К изменение стандартной свободной энергии составляет  $\Delta G = 6285$  Дж·моль<sup>-1</sup>.

Найдите константу равновесия этой реакции.

4. Вычислите изменение стандартной свободной энергии следующей ферментативной реакции при 25 °С, рН 7,0, исходя из приведенного значения константы равновесия ( $k = 6,8$ ):

Аспаратаминотрансфераза глутамат + оксалоацетат аспарат + кетоглутарат.

5. Определите дыхательный коэффициент и расход энергии человека в состоянии мышечного покоя, если за 10 мин он выдыхает 60 л воздуха, в котором содержится 15 % кислорода и 5 % углекислого газа. (При реше-

нии задачи надо учитывать, что в атмосферном воздухе содержится 21 %  $O_2$  и 0,03 %  $CO_2$ , для данного дыхательного коэффициента калорический коэффициент равен 20,26 кДж).

6. Спортсмен, пробегая дистанцию, выделяет за 1 мин 100 л воздуха, в котором содержится 12 % кислорода и 8 % углекислого газа. Каков дыхательный коэффициент и расход энергии спортсмена за 15 мин? (При решении задачи надо учитывать, что в атмосферном воздухе содержится

21 %  $O_2$  и 0,03 %  $CO_2$ , для данного дыхательного коэффициента калорический коэффициент равен 20,26 кДж).

7. При непрямой калориметрии энергетический расход человека за 10 мин составил 84 кДж. Какой объем кислорода он выдохнул, если известно, что в выдыхаемом воздухе содержалось 13 % кислорода и 7 % углекислого газа?

8. Кролик массой 1,5 кг поглотил за 1 ч 1,5 л кислорода. Определите, сколько энергии расходует кролик за сутки, если средний калорический эквивалент кислорода равен 20,52 кДж.

9. Чему равен общий баланс энтропии живого организма в стационарном состоянии?

10. Объясните связь скорости изменения энтропии биологических систем ( $dS / dt$ ) с теплопродукцией.

## ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Положения классической термодинамики. Понятие системы в термодинамике. Термодинамические системы. Особенности живых организмов как термодинамических систем.

2. Термодинамические функции, применяемые при анализе биологических процессов. Первый закон термодинамики в биологии. Экспериментальное доказательство его применимости к живым системам с помощью метода калориметрии. Закон Гесса как следствие 1-го закона термодинамики; его применимость к биопроцессам и практическое значение. Энтальпия.

3. Второй закон термодинамики в биологии. Стационарное состояние открытых систем, его сходство и отличия от термодинамического равновесия. Изменение энтропии и свободной энергии в открытых системах. Доказательство применимости 2-го закона термодинамики к биосистемам. Свободная энергия Гельмгольца и Гиббса. Изменение стандартной свободной энергии.

4. Соотношения Онзагера. Коэффициенты и соотношения взаимности Онзагера. Принцип минимума прироста энтропии (теорема Пригожина). Условия перехода живых систем на новый стационарный уровень. Устойчивость стационарных состояний.

5. Термодинамика систем вдали от равновесия, ее основные черты. Критерии устойчивости системы. Величина избыточной продукции энтропии.

6. Свойства открытых систем. Синергетика.

7. Биологические мембраны. Основные свойства, структура. Физические свойства биомембран. Вращательное движение, латеральная и вертикальная диффузия мембранных липидов. Подвижность мембранных белков. Фазовые переходы в мембранах. Функции биологических мембран. Образование мембранных структур.

8. Пассивный перенос веществ через мембрану. Уравнение диффузии Фика.

9. Активный транспорт веществ. Механизмы активного транспорта. Электрогенный и нейтральный транспорт. Первичный и вторичный активный транспорт.

10. Электрогенные ионные насосы. Транспортные АТФазы, их краткая характеристика и классификация. Строение и механизм действия  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -насоса. Активный транспорт  $\text{Ca}^{2+}$  и протонов.

11. Современное представление о строении и функционировании каналов. Селективность каналов. Индуцированный ионный транспорт. Ионофоры: подвижные переносчики и каналобразующие вещества. Уровни исследования ионных каналов. Облегченная диффузия и ее основные свойства и отличия от обычной диффузии.

12. Факторы, определяющие величину мембранного потенциала. Потенциал покоя, его происхождение. Равновесие Доннана.
13. Липидные поры.
14. Потенциал действия. Распространение нервного импульса вдоль возбудимого волокна. Энергообеспечение процессов распространения возбуждения. Значение регистрации биопотенциалов для биологии и медицины.
15. Механизм генерации ПД кардиомиоцита.
16. Электрическая активность органов.
17. Электрокардиография.
18. Электроэнцефалография.
19. Структура поперечно-полосатой мышцы. Модель скользящих нитей.
20. Биомеханика мышцы. Электромеханическое сопряжение.
21. Реологические свойства крови. Виды течений. Вязкость.
22. Основные законы гемодинамики.
23. Биофизические функции элементов сердечно-сосудистой системы.
24. Кинетика кровотока в эластичных сосудах. Пульсовая волна. Модель Франка.
25. Динамика движения крови в капиллярах. Фильтрационно-реабсорбционные процессы.
26. Особенность кровотока при локальном сужении сосудов.
27. Кибернетическая система. Её свойства.
28. Принцип автоматической регуляции в живых системах.
29. Информация. Информационные потоки в живых системах.
30. Биофизика зрения.
31. Биофизические эффекты воздействия ЭМП на живые структуры. Понятие электромагнитной гигиены. Принципы нормирования ЭМП.
32. Методы и средства защиты от шума. Методы оценки акустического воздействия. Основы физиологической акустики.
33. Первичные механизмы действия ионизирующих излучений на биосубстрат. Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений на организм. Особенности лучевых повреждений белков, нуклеиновых кислот и липидов. Перекисное окисление липидов.
34. Биофизика слуха.
35. Источники акустического поля. Понятие звука и шума. Действие шума на человека. Принципы нормирования акустического воздействия.
36. Биофизика вестибулярной сенсорной системы.
37. Биофизика внутриклеточных сигнальных систем.
38. Радиочувствительность как основной феномен радиобиологии. Реакции клеток на облучение, их виды, формы клеточной гибели. Природа механизмов модификации радиочувствительности. Использование этих эффектов в медицинской практике. Кислородный эффект.
39. Биофизика вкуса.

40. Молекулярные механизмы постлучевого восстановления клеток. Постлучевая репарация молекул ДНК. Восстановление клеток от потенциально летальных повреждений.

41. Доза ионизирующих излучений как определяющий фактор поражающего эффекта. Зависимость биологического действия от вида излучений. Анализ кривой Брэгга. Биологическая дозиметрия и её виды (гематологические, биохимические и биофизические тесты).

42. Биофизика обоняния.

43. Физические параметры ультразвука. Принципы распространения ультразвука в тканях живых организмов. Клиническая ультразвуковая диагностика. Ультразвуковая терапия.

44. Ультразвук в производственной среде.

45. Воздействие инфразвука на организм человека. Принципы нормирования. Средства измерений.

46. Методы исследования колебаний в системе человек - машина. Нелинейная математическая модель тела человека. Физические основы виброзащиты.

47. Физические характеристики электромагнитных полей. Электромагнитные поля естественного и искусственного происхождения. Классификация искусственных источников ЭМП.

48. Особенности поражения организма нейтронами. Физические и биологические характеристики этих поражений.

49. Основы применения эффектов взаимодействия ЭМП с биологическими объектами для диагностики в медицине.

50. Влияние теплового поля на биологические объекты. Организм человека как открытая термодинамическая система, взаимодействующая с внешней средой. Терморегуляция, температура тела, теплоотдача, теплопроводность и теплосодержание живых организмов. Биофизические механизмы выделения веществ почками.

51. Физические параметры вибрации. Источники вибрации. Физиологическое воздействие вибрации на человека. Принципы нормирования.

52. Биосфера и физические поля.

53. Естественные источники электромагнитных излучений.

54. Взаимодействие электромагнитных излучений с веществом.

55. Виды и свойства радиоактивных излучений.

56. Дозиметрия ионизирующих излучений.

57. Естественный радиоактивный фон Земли.

58. Нарушения естественного радиоактивного фона.

59. Электромагнитные и радиоактивные излучения в медицине.

60. Виды физических полей тела человека. Их источники (электрическое, магнитное, инфракрасное, акустическое поля).

61. Электромагнитные волны СВЧ-диапазона.

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

### *Звук. Механические колебания и волны. Акустика*

#### **1. Что называется колебательным процессом?**

а) аperiodическое изменение состояния системы; б) периодическое изменение состояния некоторой системы; в) любое изменение состояния системы под действием внешней силы; г) изменение состояния системы за счет энергии, переданной ей извне.

#### **2. Какое колебание называется затухающим?**

а) колебание, логарифмический декремент затухания которого возрастает; б) колебание, при протекании которого коэффициент затухания уменьшается; в) колебание, логарифмический декремент затухания которого уменьшается; г) колебание, амплитуда которого с течением времени уменьшается.

#### **3. Дайте определение перкуссии:**

а) метод диагностики, основанный на анализе звуков, возникающих в органах при их постукивании; б) метод определения остроты слуха; в) метод выслушивания звуков, которыми сопровождается функционирование внутренних органов; г) один из методов ультразвуковой локализации.

#### **4. Перечислите механические процессы в живом организме.**

а) движение стенок, клапанов сердца, движение крови, легких и других органов; б) генерация и распространение электрических сигналов в органах; в) перемещение электрических волн возбуждения по нервным волокнам; г) транспорт молекул и ионов через мембрану.

#### **5. Перечислите основные виды колебаний:**

а) гармонические; б) затухающие ; в) вынужденные и автоколебания; г) все перечисленные.

#### **6. В каком пункте правильно перечислены названия всех основных параметров колебаний:**

а) амплитуда, период, частота, фаза, начальная фаза; б) скорость, ускорение, энергия, интенсивность; в) скорость, энергия, интенсивность, мощность; г) длина волны, скорость, энергия, ускорение.

#### **7. Что представляет гармонический спектр сложного колебания?**

а) совокупность параметров колебаний; б) сложное колебание, полученное путем сложения простых колебаний различной частоты; в) совокупность гармонических колебаний, на которые разложено сложное периодическое колебание; г) совокупность параметров механических волн.

#### **8. Дайте определение механических волн:**

а) механические возмущения, распространяющиеся в пластическом пространстве; б) механические возмущения, распространяющиеся в вакууме; в) периодическое изменение состояния некоторой системы; г) механические возмущения, распространяющиеся в упругом пространстве.

#### **9. Что относится к специфическим параметрам волны?**

а) амплитуда, период; б) частота, энергия; в) скорость, длина волны, интенсивность; г) фаза, начальная фаза.

#### **10. В чем заключается эффект Доплера?**

а) в изменении интенсивности волны, воспринимаемой приемником волн (наблюдателем), вследствие относительного движения источника волн и наблюдателя; б) в изменении амплитуды волны, воспринимаемой приемником волн (наблюдателем), вследствие относительного движения источника волн и наблюдателя; в) в изменении частоты волны, воспринимаемой приемником волн (наблюдателем), вследствие относительного движения источника волн и наблюдателя; г) в изменении фазы волны, воспринимаемой приемником волн (наблюдателем), вследствие относительного движения источника волн и наблюдателя.

**11. Что такое звук (звуковые колебания)?**

а) механические волны, частота которых принимает значения в интервале от 2000 до 200000 Гц; б) механические волны, частота которых принимает значения в интервале от 20 до 20000 Гц; в) механические волны с частотой меньше 20 Гц; г) звук, звуковые колебания с частотой более 200 КГц.

**12. Что относится к характеристикам слухового ощущения?**

а) длина волны, период, звуковое давление; б) громкость, высота и тембр; в) интенсивность, акустический спектр, частота; г) плотность потока энергии волны, скорость затухания интенсивности звука.

**13. В чем измеряется интенсивность звука?**

а) Герц; б) фон; в) Вт/м<sup>2</sup>; г) бел, децибел.

**14. Дайте определение громкости:**

а) громкость – субъективная оценка звука, которая характеризует уровень слухового ощущения б) громкость – субъективная оценка звука, зависящая от фазы звуковых волн; в) громкость – величина, зависящая от спектрального состава звука; г) громкость – субъективная оценка звука, зависящая от скорости звука.

**15. В каких единицах измеряется громкость звука?**

а) бел; б) децибел; в) Вт/м<sup>2</sup>; г) фон.

**16. Формула, связывающая интенсивность и громкость звука независимо от частоты звука.**

а)  $E = mgh + mv^2/2$ ; б)  $L = \lg J/J_0$ ; в)  $E = k \lg(I/I_0)$ ; г)  $I = \log_2 1/P$

**17. Какая должна быть интенсивность звука на уровне порога слышимости нормального слухового аппарата?**

а) 10 Вт/м<sup>2</sup>; б) 10<sup>-12</sup> Вт/м<sup>2</sup>; в) 10<sup>-10</sup> Вт/м<sup>2</sup>; г) 10<sup>-2</sup> Вт/м<sup>2</sup>.

**18. Что соответствует порогу болевого ощущения нормального слухового аппарата по интенсивности звука?**

а) 10<sup>-12</sup> Вт/м<sup>2</sup>; б) 10<sup>3</sup> Вт/м<sup>2</sup>; в) 10 Вт/м<sup>2</sup>; г) 10<sup>2</sup> Вт/м<sup>2</sup>.

**19. Что собой представляет аудиометрия?**

а) метод определения остроты слуха; б) метод определения порога болевого ощущения; в) метод определения интенсивности звуков; в) метод измерения акустического спектра; г) определение аудиограммы;

**20. Единицы измерения интенсивности звука в системе СИ:**

а) Дж/м<sup>2</sup>; б) Дж/с; в) Вт/с; г) Вт/м<sup>2</sup>.

**21. Укажите частотный интервал звуковых колебаний, к которым наиболее чувствительно человеческое ухо:**

а) 16-2000 Гц; б) 20-200 Гц; в) 2500-3000 Гц; г) 1000-3000 Гц

**22. Перечислите звуковые методы в клинике.**

а) метод ультразвуковой локации, аудиометрия; б) перкуссия, аускультация, фонокардиография; в) гальванизация, аудиометрия, эхоэнцефалография; г) электроэнцефалография, ультразвуковой метод измерения скорости кровотока.

**23. Из каких частей состоит фонендоскоп?**

а) полый капсулы с принимающей звук мембраной, усилителя звука; б) приемника, генератора звука, резиновых трубок; в) полый капсулы с передающей звук мембраной, резиновых трубок; г) источника звука, полый капсулы с передающей звук мембраной, , резиновых трубок.

**24. Выделите пункт, в котором правильно названы две основные части слухового аппарата.**

а) внутреннее и внешнее ухо; б) слуховые косточки, улитка; в) звукопроводящее и звуковоспринимающее ухо; г) внешнее и среднее ухо.

**25. В чем заключается основное физическое назначение среднего уха?**

а) в усилении звуков; б) в согласовании процессов генерации и усилении звуков; в) в генерации звуков; г) в согласовании волновых сопротивлений воздуха и жидкости внутреннего уха.

**26. В чем заключается основное физическое назначение внутреннего уха?**

а) в сборе и передачи звука для его преобразования в нервный импульс; б) в усилении звука; в) в генерации звука с целью его преобразования в нервный импульс; г) преобразование с помощью кортиева органа (спиральный орган) звуковых колебаний в электрический сигнал.

**27. Что представляет собой ультразвук?**

а) механические (упругие) волны с частотой от  $2 \cdot 10^4$  до  $10^9$  Гц; б) механические (упругие) волны с частотой от 20 до 20000 Гц; в) механические (упругие) волны с частотой менее 20 Гц; г) механические (упругие) волны с частотой более  $10^9$  Гц.

**28. Перечислите физические процессы в тканях, наблюдаемые при воздействии на них ультразвуком.**

а) увеличение поверхностного натяжения мембран; б) рост скорости кровотока; в) усиление латеральной диффузии и диффузии флип-флоп; г) микровибрации на клеточном, субклеточном уровне.

**29. В чем особенности распространения ультразвуковых лучей в однородных тканях?**

а) в интерференции и дифракции ультразвуковых волн; б) в поляризации ультразвуковых волн; в) ультразвук проходит прямолинейно; г) в изменении частоты ультразвука.

**30. В чем заключается медико-биологическое направление приложения ультразвука?**

а) в диагностике болезней; б) в усилении биохимических процессов; в) в разрушении патологических клеток; г) в усилении электрической активности мембран.

**31. В чем заключаются физические основы метода ультразвуковой локализации органов с целью диагностики?**

а) в получении изображения тканей путем использования дифракции ультразвуковых волн при их распространении через внутренние органы; б) в получении изображения тканей путем регистрации ультразвуковых лучей, прошедших через ткани; в) в получении изображения тканей путем использования явления поглощения ультразвуковых волн тканями организма; г) в получении изображения тканей путем регистрации отраженного ультразвукового сигнала от границ тканей с различными акустическими сопротивлениями.

**32. Ультразвуковой эходоплеровский метод – это метод определения скорости подвижных тканей в организме (кровь, клапаны и стенки сердца) путем измерения:**

а) интенсивности ультразвуковых волн, прошедших через ткани; б) интенсивности ультразвуковых волн, отраженных от границ тканей с различными акустическими сопротивлениями; в) изменения частоты ультразвука, наблюдаемого при его отражении от тканей; г) коэффициента поглощения ультразвука тканями организма.

**33. Что такое инфразвук?**

а) ударные волны, частота которых меньше 20 Гц; б) механические волны, частота которых меньше 20 Гц; в) электромагнитные волны, частота которых меньше 20 Гц; г) пульсовая волна, частота которой 1 Гц.

**34. В чем состоит первичный механизм действия инфразвука на организм?**

а) в резонансной природе; б) в механической природе; в) в химической природе; г) в электрической природе.

**35. Частота собственных колебаний тела человека в положении лежа, стоя и отдельных частей тела соответствует частоте:**

а) ультразвука; б) инфразвука; в) звука; г) пульсовых волн.

**36. В чем заключается первичный механизм ультразвуковой терапии?**

а) в активации транспорта веществ через мембраны; б) в механическом и тепловом воздействии; в) в разрушение патологических клеток; г) в усилении электрической активности макромолекул.

**37. Что такое вибрации?**

а) электромагнитные колебания; б) механические колебания различных конструкций; в) ультразвуковые колебания; г) изменения теплового состояния различных конструкций.

**38. Что испытывает человек при соприкосновении с вибрирующими конструкциями?**

39. а) вредное действие; б) лечебное действие; в) улучшение самочувствия; г) все ответы правильные.

**40. Ультразвук в хирургии используется для:**

а) индуктотермии мягких и костных тканей; б) диатермотомии мягких и костных тканей; в) диатермокоагуляции мягких и костных тканей; г) рассечения мягких и костных тканей.

**41. Коэффициент затухания – величина, которая определяет:**

а) быстроту убывания амплитуды колебаний; б) быстроту убывания частоты колебаний; в) быстроту уменьшения периода колебаний; г) быстроту изменения фазы колебаний.

**42. Что такое амплитуда колебания?**

а) число колебаний в одну секунду; б) максимальное смещение колеблющегося тела от положения равновесия; в) время одного колебания тела; г) величина, определяющая положение колеблющейся точки в данный момент времени и направление его движения.

**43. Что такое период колебания?**

а) число полных колебаний, совершаемых за одну секунду; б) величина, определяющая положение и направление движения колеблющегося тела; в) максимальное смещение колеблющегося тела от положения равновесия; г) время одного полного колебания.

**44. Что такое частота колебаний:**

а) число колебаний за один период; б) максимальное смещение колеблющегося тела от положения равновесия; в) время одного полного колебания; г) число полных колебаний за 1 с.

**45. Что такое длина волны:**

а) расстояние, на которое перемещается волна за единицу времени; б) промежуток времени, в течение которого совершается одно полное колебание; в) расстояние, на которое распространяется волна за один период; г) максимальное смещение колеблющегося тела от положения равновесия;

**46. По какому математическому закону протекают гармонические колебания?**

а) по экспоненциальному закону; б) по степенному закону; в) по закону синуса; г) по логарифмическому закону.

**47. Плотность потока энергии – это энергия, переносимая волной:**

а) через некоторую поверхность, ко времени, в течение которого эта энергия переносится; б) через поверхность площадью  $1 \text{ м}^2$ ; в) за 1 с через поверхность, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны; г) за 1 с через  $1 \text{ м}^2$  поверхности, расположенной перпендикулярно направлению распространения волны.

**48. Эффект Доплера используется в медицине для измерения:**

а) скорости кровотока, скорости движения клапанов и стенок сердца; б) коэффициента вязкости крови; в) давления крови, частоты и интенсивности пульсовых волн; г) плотности крови.

**49. Механическая волна - это механическое возмущение:**

а) локализованное в пространстве; б) распространяющееся в пространстве и несущее энергию; в) самовозбуждающееся в пространстве; г) распространение которого не связано с переносом энергии.

**50. Энергетическая характеристика звука:**

а) тембр; б) высота; в) интенсивность; г) частота.

**51. Дайте определение порога слышимости:**

а) наименьшая частота звуков, при которой возникает едва различимые слуховые ощущения; б) наименьшая интенсивность звука, при которой возникает едва различимое слуховое ощущение; в) наибольшая интенсивность звука, при которой прекращается слуховое восприятие звука; г) наибольшая частота звука, при которой возникает едва различимое слуховое ощущение

**52. Найдите субъективную характеристику звука:**

а) интенсивность; б) высота; в) звуковое давление; г) уровень интенсивности звука.

**53. Выделите объективную характеристику звука:**

а) высота; б) громкость; в) частота; г) тембр.

**54. Выделите субъективную характеристику звука:**

а) интенсивность; б) звуковое давление; в) частота; г) тембр.

**55. Укажите на пункт, в котором названа субъективная характеристика звука:**

а) частота; б) интенсивность; в) звуковое давление; г) громкость.

**56. Определите объективную характеристику звука:**

а) высота; б) шум; в) интенсивность; г) тембр.

**57. Дайте определение шумов:**

а) беспорядочные по частоте и по амплитуде звуки; б) сложные периодические колебания; в) звуки регулярные по частоте и амплитуде; г) сложные звуки, получаемые при сложении простых колебаний.

**58. Что такое звуковое давление:**

а) эффективное значение добавочного давления, которое возникает в участках разряжения частиц в звуковой волне; б) эффективное значение добавочного давления, которое возникает в участках сгущения частиц в звуковой волне; в) произведение интенсивности звука на скорость звуковой волны; г) отношение интенсивности звука к скорости распространения звука.

**59. Сформулируйте закон Вебера-Фехнера:**

а) уровень громкости прямо пропорционален логарифму отношения интенсивностей звука, отличающихся друг от друга по величине в 10 раз; б) если раздражение увеличивать в геометрической прогрессии, то ощущение этого раздражения возрастает в арифметической прогрессии; в) если раздражение увеличивать в арифметической прогрессии, то ощущение этого раздражения возрастает в геометрической прогрессии; г) уровень громкости звука пропорциональна логарифму частоты звуковых волн.

**60. Фон – это:**

а) единица измерения уровня интенсивности звука; б) единица шкалы уровней громкости звука; в) единица измерения шкалы интенсивностей звука; г) единица измерения шкалы звукового давления.

**61. Математическое выражение психофизического закона Вебера-Фехнера:**

а) громкость пропорциональна частоте звука; б) громкость пропорциональна логарифму интенсивности звука; в) громкость пропорциональна логарифму звукового давления; г) громкость пропорциональна логарифму частоты звука.

**62. Звуковой генератор – это электронный прибор, генерирующий:**

а) звуковые колебания с частотами 16-20000 Гц; б) ультразвуковые колебания с частотами

тами выше 20000 Гц; в) шумы с нерегулярной частотой в интервале 16-20000 Гц; г) электрические колебания с частотами 16-20000 Гц.

**63. Частота собственных колебаний тела человека в положении лежа и стоя:**

а) 3 - 12 Гц; б) 0 - 3 Гц; в) 10-50 Гц; г) 0,03 - 0,3 Гц.

**64. В чем заключается одна из задач гигиены?**

а) повышение уровня звуков в жилых и производственных помещениях; б) снижение уровня интенсивности инфразвуков в жилых и производственных помещениях; в) повышение уровня громкости инфразвуков в жилых и производственных помещениях; г) снижение уровня интенсивности ультразвуков в жилых и производственных помещениях.

**65. Что относится к основным физическим характеристикам вибраций?**

а) скорость, ускорение, работа, давление ; б) громкость, тембр, высота; в) частота колебаний, энергия и средняя мощность колебаний; г) напряжение, энергия, расходуемая на вибрации.

**66. Какова частота ультразвука, используемого в лечебных целях?**

а) 0,8 МГц; б) 1,5 МГц; в) 3 МГц; г) 10 МГц.

**67. Какой диапазон малых интенсивностей ультразвука, используемого в лечебных целях?**

а) 0,1 Вт/см и меньше; б) 1 Вт/см<sup>2</sup> и меньше; в) 5 Вт/см<sup>2</sup>; г) 10 Вт/см<sup>2</sup> и больше.

**68. В чем состоит назначение «ультразвукового скальпеля»?**

а) в термотомия мягких и костных тканей; б) в термокоагуляция мягких и костных тканей; в) в сваривании мягких и костных тканей; г) в рассечении мягких и костных тканей.

**69. В чем заключаются физические процессы, наблюдаемые при воздействии ультразвука на ткани организма?**

а) перестройка мембран, разрушение клеток, макромолекул, изменение проницаемости мембран; б) в изменении скорости кровотока; в) в изменении давления крови; г) в изменении поверхностного натяжения и агрегатного состояния мембранных структур.

**70. В чем заключаются технические методы устранения глухоты?**

а) в имплантировании электродов в наружное ухо; б) в имплантировании электродов в среднее ухо; в) в имплантировании электродов в улитку с целью подачи на них звуковых сигналов; г) в имплантировании электродов в улитку, подача на них электромагнитных сигналов, которые вызваны воздействием механического стимула.

**71. Кавитация – это разрывы сплошной жидкости, возникающие при...**

а) звуковом сжатии и разрежении ; б) ультразвуковом сжатии и разрежении; в) сильном нагревании; г) УВЧ-терапии.

**72. Ультразвуковые излучатели, используемые в основном для получения ультразвука в медицине:**

а) магнито-механические; б) электромагнитные; в) электромеханические; г) магнитострикционные

**73. Бинауральный эффект - способность человека устанавливать направление на источник звука:**

а) в вертикальной плоскости; б) как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости; в) не зависимо от направления на источник звука; г) в горизонтальной плоскости.

**74. В чем функции слуховых косточек?**

а) усиливают звук, проходящий через среднее ухо; б) преобразовывают звук в электрические импульсы; в) генерируют звуковые колебания; г) осуществляют передачу звуковых колебаний из воздушной среды наружного уха во внутреннее ухо.

**75. Благодаря чему возникают упругие (механические) волны?**

а) механическим силам, действующим между частицами среды; б) магнитным силам, действующим между частицами среды; в) электрическим силам (связям), существующим между частицами среды; г) благодаря тепловому хаотическому движению частиц среды.

**76. К каким колебательным системам относятся сердце, легкие?**

а) свободным; б) вынужденным; в) автоколебательным; г) гармоническим.

**77. К какому типу колебаний относятся автоколебания?**

а) свободным; б) вынужденным; в) затухающим; г) незатухающим.

**78. Что является составной частью автоколебательной системы:**

а) усилитель; б) источник энергии; в) генератор; г) выпрямитель.

**79. Выделите устройство которое входит в состав автоколебательной системы:**

а) сопротивление; б) генератор; в) усилитель; г) колеблющееся тело.

**80. Что является источниками вибраций?**

а) музыкальные инструменты; б) молния; в) водопады; г) механические устройства.

**81. Каким образом воздействуют вибрации на организм?**

а) действие вибрации на организм передается через воздушную среду; б) вибрации оказывают действие на организм лишь при его непосредственном контакте с источником вибраций; в) вибрации действуют только на близко расположенные от их источников организмы; г) при больших интенсивностях вибрации действуют и на организмы, расположенные на большом расстоянии от источника вибраций.

**82. Механизм, без которого автоколебания не протекают?**

а) усиление колебаний; б) нагревание автоколебательной системы; в) обратная связь; г) резонанс.

**83. Из чего состоит ультразвуковая волна?**

а) из чередующихся нормальных участков и участков разрежения частиц среды; б) из чередующихся нормальных участков и участков сгущения частиц среды; в) из чередующихся участков сгущения и разрежения частиц среды; г) из одних участков сгущения или одних участков разрежения частиц среды.

**84. Опишите поведение ультразвуковых лучей при их падении на границу раздела сред с различным волновым (акустическим) сопротивлением:**

а) полностью поглощаются; б) полностью рассеиваются; в) частично отражаются и частично преломляются; г) дифрагируются.

**85. Какое явление наблюдается в жидкости при воздействии на нее ультразвука высокой интенсивности?**

а) кавитация ; б) испарение; в) парообразование; г) рост вязкости.

**86. Какое явление используется в хирургии и наблюдается при воздействии ультразвука высокой интенсивности на твердые тела?**

а) испарение ; б) кристаллизация ; в) плавление; г) разрушение.

**87. В какой форме проявляется химическое действие ультразвука высокой интенсивности на ткани?**

а) в образование новых молекул; б) в превращении одних молекул в другие; в) в ионизации и диссоциации молекул; г) в изменении геометрии молекул.

**88. Какие импульсы регистрируются с диагностической целью при ультразвуковой локации?**

а) прошедшие через ткани с различными акустическими свойствами; б) рассеянные на границе раздела двух сред с различными акустическими свойствами; в) отраженные от границы раздела двух сред с различными акустическими параметрами; г) интерферированные на границе раздела двух сред с различными акустическими параметрами.

**89. На чем основано биологическое действие ультразвука на организм?**

а) на механическом, тепловом и химическом действии ультразвука; б) на электрическом, оптическом действии ультразвука; в) на акустическом, магнитном действии ультразвука; г) на ядерном действии ультразвука.

**90. Укажите ультразвуковой метод диагностики опухолей и отеков головного мозга:**

а) эхокардиография ; б) эхоэнцефалография; в) электроэнцефалография; г) магнитоэнцефалография.

**91. Что относится к звукам?**

а) кавитация, ударные волны; б) тоны, шумы, звуковые волны; в) вибрация, резонансные звуки; г) вынужденные, затухающие, гармонические звуки.

**92. Какая величина является порогом слышимости звуков (по уровню интенсивности)?**

а) 10 бел; б) 100 децибел; в)  $10^{-1}$  децибел; г) 0 децибел.

**93. Чему равна громкость звуков на уровне порога слышимости нормального слухового аппарата?**

а) 20 фонам; б) 100 фонам ; в) 0 фонам; г) 10-12 фонам.

**94. Чему соответствует громкость звуков на уровне порога болевого ощущения звуков физиологически нормальным слуховым аппаратом?**

а) 0 фон; б) 50 фон; в) 100 фон; г) 130 фон.

**95. Опишите процессы, наблюдаемые при воздействии ультразвука на ткани организма:**

а) рост поверхностного натяжения мембран; б) переход мембран из одной фазы в другую; в) разрушение биомакромолекул; г) изменение мембранного потенциала.

**96. К чему приводит воздействие ультразвука на ткани?**

а) к изменению мембранного потенциала; б) к разрушению клеток; в) к переходу мембран из одной фазы в другую; г) к росту поверхностного натяжения.

**97. Опишите физический процесс, наблюдаемый при воздействии ультразвука на ткани организма:**

а) в изменении белкового состава мембран; б) в перестройке мембран; в) в изменении мембранного потенциала; г) в росте поверхностного натяжения.

**98. Что наблюдается при воздействии ультразвука на ткани живого организма?**

а) рост плотности фосфолипидных молекул; б) генерация потенциала действия; в) рост скорости поверхностной диффузии молекул; г) повреждение мембран.

**99. Какое из перечисленных явлений имеет место при воздействии ультразвука на ткани организма?**

а) изменение молекулярного состава мембран; б) изменение проницаемости мембран; в) генерация потенциала действия; г) изменение фазового состояния мембран.

**100. Выделите пункт, в котором правильно названо явление, имеющее место при воздействии ультразвука на ткани:**

а) тепловое действие; б) генерация потенциала действия; в) изменение плотности мембранных молекул; г) рост величины поверхностного натяжения мембран

**Биологические мембраны**

**1. Плазматическая мембрана клетки**

а) не видна в световой микроскоп; б) видна в поляризационный световой микроскоп; в) видна в световой микроскоп; г) видна в световой микроскоп при применении метода темного поля; д) видна в световой микроскоп при применении метода фазового контраста.

**2. Через плазматическую мембрану легко проходят:**

а) только молекулы воды; б) только ионы калия; в) только молекулы хлора; г) ионы калия, хлора и молекулы воды; д) ионы натрия, хлора и молекулы воды.

**3. Молекулы липидов, входящие в состав биологических мембран, как правило:**

а) неполярны; б) полярны; в) гидрофобны; г) гидрофильны; д) амфифильны.

**4. Жидкокристаллическое состояние – особое агрегатное состояние некоторых органических веществ, которое предполагает:**

а) отсутствие текучести и анизотропию физических свойств; б) только текучесть; в) одновременно текучесть и анизотропию физических свойств; г) только анизотропию физических свойств; д) только микровязкость.

**5. При понижении температуры в липидной части мембраны происходит переход из жидкокристаллического в кристаллическое (гелеобразное) состояние, при этом толщина мембраны:**

а) уменьшается; б) не изменяется; в) увеличивается; г) становится неопределимой; д) уменьшается в два раза от исходной.

**6. Направленный характер переноса веществ через мембрану, в условиях существования мембраны как динамической структуры, обусловлен:**

а) сравнительно медленной трансмембранной диффузией; б) полным отсутствием латеральной диффузии; г) очень быстрой латеральной диффузией; д) очень медленной латеральной диффузией.

**7. Вязкость липидной части мембраны при физиологических условиях составляет:**

а) 1 мПа•с; б) 30-100 мПа•с; в) 0,1 мПа•с; г) 1 Па•с; д) 3 мПа.

**8. Липидная часть биологических мембран при физиологических условиях находится в:**

а) монокристаллической форме; б) застеклованном состоянии; в) газообразном агрегатном состоянии; г) жидком агрегатном состоянии; д) твердом агрегатном состоянии.

**9. Какую модель строения биологических мембран предложили Сингер и Никольсон в 1972 г.?**

а) «бутербродную»; б) унитарную; в) жидкостно-мозаичную; г) углеводородную; д) бислойную.

**10. Если молекула транспортируемого через мембрану вещества не имеет электрического заряда, то направление пассивного транспорта определяется:**

а) только разностью электрических потенциалов; б) только разностью концентраций этого вещества по обе стороны мембраны; в) только размерами молекул вещества; г) только разностью концентраций других веществ; д) разностью концентраций вещества и разностью электрических потенциалов.

**11. Жирорастворимые вещества способны проникать через липидный каркас клеточной мембраны путем:**

а) прохождения через сквозные поры, заполненные водой; б) только путем образования липофильного комплекса с переносчиком; в) образования гидрофильного комплекса с переносчиком; г) обычной диффузии; д) прохождения через потенциалзависимые каналы.

**12. В биофизике мембран используется понятие коэффициента проницаемости, который зависит :**

а) только от коэффициента диффузии и толщины мембраны; б) только от коэффициента распределения; в) только от коэффициента диффузии; г) от коэффициента диффузии, толщины мембраны и коэффициента распределения; д) только от толщины мембраны.

**13. Активный трансмембранный перенос электронейтрального вещества может происходить в направлении:**

- а) всегда совпадающим с направлением транспорта, происходящим под действием концентрационного градиента; б) определяемым электрическим потенциалом; в) противоположном транспорту, происходящему под действием концентрационного градиента; г) из клетки; д) в клетку

**14. Как происходит движение ионов по мембранному каналу?**

- а) двумя параллельными рядами; б) строго однорядно; в) тремя параллельными рядами; г) пятью параллельными рядами; д) несколькими параллельными рядами.

**15. При простой диффузии через мембрану скорость транспорта:**

- а) не зависит от концентрации транспортируемого вещества; б) всегда однозначно связана с концентрацией переносимого вещества; в) может быть уменьшена конкурентным ингибитором; г) может быть уменьшена неконкурентным ингибитором; д) достигает максимального значения.

**16. При диффузии через мембрану с участием белка переносчика скорость транспорта:**

- а) не зависит от концентрации транспортируемого вещества; б) достигает максимального значения; в) не может быть уменьшена конкурентным ингибитором; г) не может быть уменьшена неконкурентным ингибитором; д) всегда однозначно связана с концентрацией переносимого вещества.

**17. Ионные каналы могут обеспечить перенос ионов со скоростью:**

- а) в 100 раз меньшей скорости транспорта с переносчиком; б) зависящей от связанного с ним источника энергии; в) равной скорости транспорта с переносчиком; г) в 10 раз превышающей скорость транспорта с переносчиком; д) в 100 раз превышающей скорость транспорта с переносчиком.

**18. За генерацию потенциалов действия в плазматических мембранах электрически возбудимых клеток ответственны:**

- а) потенциалзависимые воротные ионные каналы; б) латеральная и трансмембранная диффузия; в) поры, заполненные водой; г) белки переносчики; д) фазовые переходы в мембране.

**19. При свободной диффузии квадрат среднего квадратического перемещения молекул равен ( $D$  - коэффициент диффузии,  $t$  - время):**

- а)  $5Dt$ ; б)  $3Dt$ ; в)  $4Dt$ ; г)  $2Dt$ ; д)  $Dt$ .

**20. При свободной диффузии квадрат расстояния, на котором окажется концентрация в "е" раз меньшая, чем в тот же момент концентрация в точке нанесения вещества, равен: ( $D$  - коэффициент диффузии,  $t$  - время, "е" - основание натуральных логарифмов.)**

- а)  $4Dt$ ; б)  $3Dt$ ; в)  $2Dt$ ; г)  $Dt$ ; д)  $5Dt$ .

**21. Через поры в мембранах клеток стенки кровеносных сосудов движение жидкости осуществляется в соответствии с:**

- а) первым законом Фика; б) вторым законом Фика; в) законом Пуазейля; г) кинетикой облегченной диффузии; д) уравнением Теорелла.

**22. Простейшей электрической схемой, моделирующей поведение клеточной мембраны, является эквивалентная схема Фрикке (1925г.). Она содержит:**

- а) только конденсатор; б) последовательно соединенные индуктивность и конденсатор; г) последовательно соединенные сопротивление и конденсатор; д) параллельно соединенные сопротивление и конденсатор

**23. За полный цикл работы электрогенного ионного насоса  $K^+-Na^+-ATP$  фазы происходит:**

- а) выброс из клетки двух ионов натрия; б) выброс из клетки трех ионов калия; в) выброс трех ионов натрия и обогащение цитоплазмы двумя ионами калия; г) выброс из клетки одного иона натрия; д) обогащение цитоплазмы двумя ионами натрия.

**24. За полный цикл работы электрогенного ионного насоса  $K^+-Na^+-ATP$ азы происходит:**

а) гидролиз пяти молекул АТФ; б) гидролиз четырех молекул АТФ; в) гидролиз трех молекул АТФ; г) гидролиз двух молекул АТФ; д) гидролиз одной молекулы АТФ.

**25. Фермент  $K-Na-ATP$ аза в плазматической мембране эритроцита совершил пять полных циклов. Сколько при этом было активно транспортировано ионов натрия?**

а) 9; б) 15; в) 6; г) 10; д) 20.

**26. Фермент  $K-Na-ATP$ аза в плазматической мембране эритроцита совершил пять полных циклов. Сколько при этом было активно транспортировано ионов калия?**

а) 20; б) 9; в) 10; г) 6; д) 15.

**27. Фермент  $K-Na-ATP$ аза в плазматической мембране эритроцита совершил пять полных циклов. При этом было гидролизовано ..... молекул АТФ.**

а) 6; б) 10; в) 20; г) 5; д) 9.

**28. В основе сигналов, регистрируемых в качестве ЭКГ, лежат изменения электрического поля, вызванные ионными потоками:**

а) натрия и калия; б) хлора и кальция; в) кальция; г) кальция и магния; д) хлора и магния

**29. В состоянии покоя проницаемость мембраны аксона кальмара для ионов калия:**

а) значительно меньше проницаемости для ионов натрия; б) равна проницаемости для ионов натрия; в) значительно больше проницаемости для ионов натрия; г) значительно меньше проницаемости для хлора; д) равна проницаемости для ионов хлора

**30. В состоянии покоя проницаемость мембраны аксона кальмара для ионов натрия:**

а) значительно больше проницаемости для ионов калия; б) равна проницаемости для ионов калия; в) значительно меньше проницаемости для ионов калия; г) значительно больше проницаемости для хлора; д) равна проницаемости для ионов хлора

**31. Гельмгольцем было показано, что скорость распространения нервного импульса приблизительно равна:**

а) 1000 м/с; б) скорости света в вакууме; в) 1500 м/с; г) 330 м/с; д) 100 м/с.

**32. В момент образования нервного импульса электрическое сопротивление мембраны в месте возбуждения:**

а) становится равным нулю; б) не изменяется; в) резко увеличивается; г) резко уменьшается; д) плавно увеличивается.

**33. Положительный потенциал реверсии при возникновении потенциала действия обусловлен:**

а) диффузией ионов хлора; б) диффузией ионов калия; в) диффузией ионов натрия; д) диффузией ионов кальция.

**34. В состоянии возбуждения коэффициент проницаемости мембраны аксона кальмара для натрия по отношению к проницаемости мембраны в невозбужденном состоянии:**

а) возрастает в 20 раз; б) уменьшается в 10 раз; в) уменьшается в 500 раз; г) возрастает в 500 раз; д) не изменяется.

**35. Ионный электрический ток натрия при возбуждении, в соответствии с уравнением Ходжкина-Хаксли:**

а) пропорционален разности мембранного и равновесного нернстовского потенциалов для натрия; б) пропорционален разности мембранного потенциала и сумме равновесных нернстовских потенциалов для калия и натрия; в) пропорционален разности мембранного потенциала и равновесного нернстовского потенциала для калия; г) пропор-

ционален разности мембранного потенциала и равновесного нернстовского потенциала для хлора; д) не зависит от разности мембранного потенциала и равновесного нернстовского потенциала для натрия.

**36. Содержащийся в тканях рыбы фугу яд тетродотоксин является специфическим ингибитором:**

а) кальциевых каналов; б) магниевых каналов; в) калиевых каналов; г) натриевых каналов; д) калиевых и натриевых каналов.

**37. Мембранным потенциалом называется:**

а) разность потенциалов между внутренней и наружной поверхностями мембраны; б) полуразность потенциалов наружной и внутренней поверхностей мембраны; в) разность потенциалов между наружной и внутренней поверхностями мембраны; г) сумма потенциалов наружной и внутренней поверхностей мембраны; д) полусумма потенциалов наружной и внутренней поверхностей мембраны.

**38. Местный анестетик тетраэтиламмоний является специфическим ингибитором:**

а) калиевых и натриевых каналов; б) калиевых каналов; в) кальциевых каналов; г) магниевых каналов; д) натриевых каналов.

**39. В фазе деполяризации при возбуждении аксона поток ионов натрия:**

а) равен нулю; б) направлен наружу клетки и не связан с разностью концентраций ионов; в) направлен наружу клетки и вызван разностью концентраций ионов натрия; г) направлен внутрь клетки и не связан с разностью концентраций ионов; д) направлен внутрь клетки и вызван разностью концентраций ионов натрия.

**40. Если считать, что на единицу длины аксона кальмара приходится электрическая емкость  $C$ , то две единицы длины будут обладать емкостью:**

а)  $4C$ ; б)  $2,5C$ ; в)  $0,25C$ ; г)  $0,5C$ ; д)  $2C$ .

**41. Если считать, что на единицу длины мембраны аксона кальмара приходится электрическое сопротивление  $r$ , то две единицы длины мембраны будут обладать сопротивлением:**

а)  $0,5r$ ; б)  $2,5r$ ; в)  $2r$ ; г)  $r$ ; д)  $0,25r$ .

**42. Если считать, что на единицу длины аксоплазмы кальмара приходится электрическое сопротивление  $R$ , то участок аксоплазмы в две единицы будет обладать сопротивлением:**

а)  $0,25R$ ; б)  $2R$ ; в)  $R$ ; г)  $2,5R$ ; д)  $0,5R$ .

**43. Одним из основных параметров, характеризующих кабельные свойства нервного волокна является постоянная времени. Физический смысл этого параметра состоит в том, что она равна времени в течение которого допороговое значение мембранного потенциала:**

а) увеличится в "е"раз; б) уменьшится в 2 раза; в) уменьшится в "е"раз; г) уменьшится в 10 раз; д) увеличится в 100 раз.

**44. К мембранным потенциалам относится:**

а) окислительно-восстановительный потенциал; б) потенциал покоя; в) электронный потенциал; г) механический потенциал.

**45. Одна из важнейших функций биологических мембран возбудимых тканей:**

а) преобразование электрических потенциалов; б) прием электрических потенциалов; в) генерация и передача электрических потенциалов; г) усиление электрических потенциалов.

**46. Мембранный потенциал представляет собой разность потенциалов между:**

а) двумя точками на наружной поверхности мембраны; б) двумя точками на внутренней поверхности мембран; в) внутренней и наружной поверхностями мембран; г) двумя точками в цитоплазме клетки.

**47. Явление генерации и передачи биопотенциалов биологическими мембранами лежит в основе:**

а) возбудимости клетки; б) регуляции мышечного сокращения и внутриклеточных процессов; в) работы нервной системы и рецепции; г) все ответы правильные

**48. Микроэлектродный метод дал возможность измерить биопотенциалы:**

а) на гигантском аксоне кальмара; б) на нервных волокнах других животных; в) на клетках миокарда, скелетных мышц; г) все ответы правильные.

**49. Биопотенциалы, регистрируемые в организме – это в основном:**

а) окислительно-восстановительные; б) мембранные; в) стационарные; г) молекулярные.

**50. Какова природа интегральных электрических полей органов и тканей:**

а) мембранная; б) молекулярная; в) электронная; г) окислительно-восстановительная

**51. Характерные свойства потенциала действия:**

а) наличие порогового значения деполяризующего потенциала и периода рефрактерности (невозбудимости) мембран; б) закон «все или ничего», согласно которому, нет потенциала действия, если амплитуда деполяризующего потенциала меньше пороговой; в) уменьшение сопротивления мембран (в несколько десятков раз); г) все ответы правильные

**52. Во сколько раз проницаемость мембраны для ионов  $Na^+$  увеличивается при переходе мембраны из состояния покоя в возбужденное состояние:**

а) 5; б) 50; в) 500; г) 500.

**53. Число фаз, характерных потенциалу действия в аксонах:**

а) одна; б) две; в) три; г) пять.

**54. Первая фаза, характерная для потенциала действия в аксоне:**

а) деполяризация; б) реполяризация; в) реверсивная; г) плато.

**55. Вторая фаза, характерная для потенциала действия в аксоне**

а) деполяризация; б) реполяризация; в) реверсивная; г) плато.

**56. Число фаз, характерных потенциалу действия в клетках миокарда:**

а) одна; б) две; в) три; г) пять

**57. Первая фаза, характерная для потенциала действия в клетках миокарда:**

а) деполяризация; б) реполяризация; в) реверсивная; г) плато.

**58. Вторая фаза, характерная для потенциала действия в клетках миокарда:**

а) деполяризация; б) реполяризация; в) реверсивная; г) плато.

**59. Третья фаза, характерная для потенциала действия в клетках миокарда:**

а) деполяризация; б) реполяризация; в) реверсивная; г) плато.

**60. Характерная особенность фазы-плато потенциала действия в клетке миокарда:**

а) одновременно работают кальцевые и калиевые каналы; б) работают только калиевые каналы; в) работают только кальцевые каналы; г) работают только натриевые каналы.

**61. Основные свойства ионных каналов:**

а) селективность; б) независимость работы ионных каналов друг от друга; в) зависимость параметров каналов от мембранного потенциала; г) все ответы правильные.

**62. Какие отдельные каналы существуют в мембране, которые открываются и закрываются во время прохождения через данный участок мембраны нервного импульса?**

а) кальцевые; б) калиевые, натриевые; в) хлорные; г) протонные.

**63. В первой фазе развития потенциала действия открываются:**

а) калиевые; б) натриевые; в) хлорные; г) кальцевые.

**64. Во второй фазе развития потенциала действия открываются:**

а) кальцевые; б) натриевые; в) хлорные ; г) калиевые.

- 65. Какие ионы во основном ответственны за потенциал действия?**  
а)  $\text{Cl}^-$ ; б)  $\text{Na}^+$ ; в)  $\text{K}^+$ ; г)  $\text{Ca}^{2+}$ .
- 66. Потенциал покоя в клетках различных живых существ претерпевает изменение в интервале:**  
а) от -50 до -100 мВ; б) 50 – 100 В; в) 5 – 10 мВ; г) 10-50 мВ.
- 67. В каком пункте правильно перечислены все ионы, формирующие потенциал покоя?**  
а) ионы  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ; б) ионы  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ; в) ионы  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ; г) ионы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$
- 68. Какая сторона мембраны заряжена отрицательно в состоянии покоя?**  
а) внутренняя сторона мембраны; б) внешняя сторона мембраны; в) обе стороны мембраны; г) все ответы правильные.
- 69. Для каких ионов в состоянии покоя характерна наиболее высокая проницаемость мембраны?**  
а) ионов  $\text{K}^+$ ; б) ионов  $\text{Na}^+$ ; в) ионов  $\text{Cl}^-$ ; г) ионов  $\text{Ca}^{2+}$
- 70. Что называется деполяризацией мембраны?**  
а) уменьшение трансмембранной разности потенциалов; б) увеличение трансмембранной разности потенциалов; в) сохранение трансмембранной разности потенциалов; г) периодическое изменение трансмембранной разности потенциалов
- 71. Каков механизм распространения потенциала действия в аксоне?**  
а) от возбужденного участка клетки в аксоплазме распространяются локальные токи, вызывающие деполяризацию соседних участков и генерацию потенциала действия; б) от возбужденного участка распространяются трансмембранные токи, вызывающие регенерацию потенциала действия; в) от возбужденного участка клетки в аксоплазме распространяются локальные токи, вызывающие гиперполяризацию соседних участков и генерацию потенциала действия; г) все ответы правильные.
- 72. Электрическое поле – форма существования материи, посредством которой осуществляется взаимодействие:**  
а) любых тел; б) электрически заряженных тел; в) только незаряженных тел; г) намагниченных тел
- 73. Характеристика биоэлектрического поля, измеряемая в медицине:**  
а) разность потенциалов; б) напряженность электрического поля; в) конфигурация электрического поля; г) частота, фаза электрического поля.
- 74. Передача потенциалов действия в организме осуществляется путем распространения:**  
а) электромеханических потенциалов; б) волн возбуждения; в) потенциала покоя; г) пульсовых волн.
- 75. Мышечные и нервные волокна – это среды из клеток, каждый из которых:**  
а) является автономным источником энергии; б) получает энергию извне; в) работает в режиме вынужденных колебаний; г) работает в режиме свободных колебаний.
- 76. Импульс возбуждения (потенциал действия) при распространении по нервным и мышечным волокнам:**  
а) усиливается; б) погибает полностью; в) затухает; г) сохраняет свои параметры.
- 77. В каждой клетке, до которой дошло возбуждение происходит:**  
а) генерация потенциала покоя; б) увеличение потенциала покоя; в) генерация потенциала действия; г) уменьшение потенциала действия.
- 78. Выбор каких объектов исследования обеспечил успех в изучении биопотенциалов?**  
а) млекопитающих; б) клеток человека; в) клеток аксона кальмара; г) клеток аксона насекомых.

**79. Каковы размеры диаметра аксона кальмара?**

а) 3 мм; б) 1,5 мм; в) 0,5 мм; г) 0,05 мм.

**80. В каком пункте правильно названы все градиенты, ответственные за возникновение мембранных потенциалов?**

а) градиенты концентраций ионов  $K^+$ ; б) градиенты концентраций ионов  $K^+$ ,  $Na^+$ ; в) градиенты концентраций ионов  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ; г) градиенты концентраций ионов  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$

**81. Потенциал покоя является следствием:**

а) разной концентрации только ионов  $Na^+$  в различных точках по одну сторону мембраны и дрейфом их через мембрану; б) разной концентрации только ионов  $Cl^-$  по разные стороны мембраны и дрейфом их через мембрану; в) разной концентрации ионов  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$  по разные стороны мембраны и диффузией их через мембрану; г) разной концентрации только ионов  $K^+$  по разные стороны мембраны и диффузионно-дрейфовым их потоком через мембрану.

**82. Какова концентрация ионов  $K^+$  в клетке аксона кальмара в равновесии (ммоль/л)?**

а) 360; б) 580; в) 860; г) 140

**83. Какова концентрация ионов  $K^+$  вне клетки аксона кальмара в равновесии (ммоль/л)?**

а) 100; б) 50; в) 40; г) 5.

**84. Какова концентрация ионов  $Na^+$  в клетке аксона кальмара в равновесии (ммоль/л)?**

а) 270; б) 370; в) 70; г) 10

**85. Какова концентрация ионов  $Na^+$  вне клетки аксона кальмара в равновесии (ммоль/л)?**

а) 120; б) 220; в) 320; г) 10

**86. Какова концентрация ионов  $Cl^-$  в клетке аксона кальмара в равновесии (ммоль/л)?**

а) 160; б) 260; в) 60; г) 6.

**87. Во сколько раз в состоянии возбуждения проницаемость ионов  $Na^+$  через мембрану больше, чем проницаемость ионов  $K^+$ ?**

а) 50; б) 20; в) 5; г) 30.

**88. В каком порядке открываются калиевые и натриевые каналы при возбуждении клетки?**

а) в первой фазе – натриевые, во второй фазе – калиевые; б) в первой фазе – калиевые, во второй фазе – натриевые; в) в первой фазе – одновременно натриевые и калиевые, во второй фазе – только калиевые; г) в первой фазе – только натриевые, во второй фазе – калиевые и натриевые.

**89. В каком порядке наблюдаются ионные потоки, формирующие потенциал действия?**

а) в первой фазе поток ионов  $K^+$  во внутрь клетки, во второй фазе поток ионов  $Na^+$  из клетки в наружную часть; б) в первой фазе поток ионов  $Na^+$  из клетки наружу, во второй фазе поток ионов  $K^+$  с наружи в клетку; в) в первой фазе поток ионов  $Na^+$  в клетку, во второй фазе поток ионов  $K^+$  из клетки в наружный раствор; г) в первой фазе поток ионов  $K^+$  из клетки в наружный раствор, во второй фазе поток ионов  $Na^+$  в клетку из наружного раствора.

**90. Какую природу имеет нервный импульс?**

а) электромагнитную; б) механохимическую; в) электромеханическую; г) электрическую.

**91. Соотношение коэффициентов проницаемости мембраны для ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  в состоянии покоя:**

- а)  $P_{\text{K}}:P_{\text{Na}}:P_{\text{Cl}}=1:0,40:0,045$ ; б)  $P_{\text{K}}:P_{\text{Na}}:P_{\text{Cl}}=1:0,45:0,40$ ; в)  $P_{\text{K}}:P_{\text{Na}}:P_{\text{Cl}}=1:0,04:0,45$ ;  
г)  $P_{\text{K}}:P_{\text{Na}}:P_{\text{Cl}}=0,9:0,4:0,45$ .

**92. Соотношение коэффициентов проницаемости мембраны для ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  в возбужденном состоянии клетки**

- а)  $P_{\text{K}}:P_{\text{Na}}:P_{\text{Cl}}=1:2,0:4,5$ ; б)  $P_{\text{K}}:P_{\text{Na}}:P_{\text{Cl}}=1:20:45$ ; в)  $P_{\text{K}}:P_{\text{Na}}:P_{\text{Cl}}=1:20:0,45$ ;  
г)  $P_{\text{K}}:P_{\text{Na}}:P_{\text{Cl}}=1:25:40$ .

**Реологические свойства крови. Гемодинамика.**

**1. Что подразумевается под термином "вязкость"?**

- а) свойство, присущее только жидкостям; б) реологическое свойство, внутреннее трение; в) свойство, присущее только жидкостям и газам; г) реологическое свойство, внешнее трение.

**2. Перечислите основные реологические свойства:**

- а) упругость, вязкость, вязкопластичность, прочность; б) упругость, вязкость, пластичность, долговечность; в) упругость, вязкость, хрупкость, прочность; г) упругость, вязкость, пластичность, прочность.

**3. Поясните смысл термина «течение»:**

- а) идентичен термину «текучесть»; б) изменение конфигурации среды; в) зависимость от времени изменения конфигурации сплошной среды; г) изменение скорости частицы среды со временем.

**4. Перечислите факторы, от которых зависит динамическая вязкость некоторой ньютоновской жидкости:**

- а) природа жидкости, температура; б) природа жидкости, температура, объем сосуда; в) природа жидкости, температура, скорость сдвига; г) температура, скорость сдвига.

**5. Перечислите факторы, от которых зависит динамическая вязкость некоторой неньютоновской жидкости:**

- а) температура; б) природа жидкости, температура, скорость сдвига; в) природа жидкости, скорость течения жидкости; г) природа жидкости, температура, объем сосуда.

**6. Как ведет себя динамическая вязкость капельной ньютоновской жидкости при изменении температуры?**

- а) не изменяется; б) с увеличением температуры уменьшается; в) изменяется непредсказуемым образом; г) хаотически изменяется с изменением температуры.

**7. Как ведет себя вязкость газа при изменении температуры?**

- а) с увеличением температуры уменьшается; б) не изменяется; в) с увеличением температуры увеличивается; г) изменяется непредсказуемым образом.

**8. Как ведет себя динамическая вязкость ньютоновской жидкости при неизменной температуре в зависимости от скорости сдвига?**

- а) хаотически изменяется с изменением температуры; б) изменяется непредсказуемым образом; в) с уменьшением скорости сдвига уменьшается; г) не изменяется.

**9. Является ли плазма крови человека ньютоновской жидкостью?**

- а) является псевдопластической жидкостью; б) да, является, но только при низких скоростях сдвига; в) да, является, но только при высоких скоростях сдвига; г) да, является.

**10. Является ли сыворотка крови человека ньютоновской жидкостью?**

- а) да, является, но только при низких скоростях сдвига; б) является псевдопластической жидкостью; в) нет, не является; г) да, является.

**11. Является ли цельная кровь человека ньютоновской жидкостью?**

- а) да, является, и ее вязкость всегда равна асимптотической вязкости; б) является вязкоупругой псевдопластической жидкостью; в) да, является; г) нет, не является.

**12. Является ли вода ньютоновской жидкостью?**

а) да, является, и ее вязкость равна кессоновской вязкости; б) да, является; в) да, является, и ее вязкость всегда равна асимптотической вязкости; г) является вязкоупругой псевдопластической жидкостью.

**13. Является ли этиловый спирт ньютоновской жидкостью?**

а) является псевдопластической жидкостью; б) да, является, но только при низких скоростях сдвига; в) да, является, но только при высоких скоростях сдвига; г) да, является.

**14. Чем отличаются по составу плазма и сыворотка крови человека?**

а) в плазме присутствует белок фибриноген; б) в плазме содержатся лейкоциты; в) в плазме присутствует белок фибрин; г) в плазме содержатся эритроциты.

**15. В учебниках по физиологии человека указывается, что вязкость крови, текущей по кровеносным сосудам человека, в 4-5 раз больше вязкости воды. Какая, по Вашему мнению, реологическая характеристика крови имеется в виду?**

а) относительная вязкость; б) степенная вязкость; в) кинематическая вязкость; г) асимптотическая вязкость.

**16. Сформулируйте реологическое уравнение для воды при высоких скоростях сдвига:**

а) напряжение сдвига обратно пропорционально скорости сдвига; б) напряжение сдвига пропорционально квадратному корню из скорости сдвига; в) напряжение сдвига прямо пропорционально скорости сдвига; г) напряжение сдвига равно скорости сдвига.

**17. Объясните как используется число Рейнольдса для идентификации режима течения вязкой ньютоновской жидкости по гладкостенной трубе. Задан диаметр просвета трубы:**

а) если число Рейнольдса окажется меньше чем 2300, то режим ламинарный; б) если число Рейнольдса окажется меньше чем 1000, то режим турбулентный; в) если число Рейнольдса окажется больше чем 2300, то режим ламинарный; г) если число Рейнольдса окажется меньше чем 2300, то режим турбулентный.

**18. Гидродинамическое сопротивление одной цилиндрической гладкостенной трубки X. Определите общее гидродинамическое сопротивление двух таких трубок, соединенных последовательно:**

а)  $X/2$ ; б)  $X/4$ ; в)  $2X$ ; г)  $4X$ .

**19. Гидродинамическое сопротивление одной цилиндрической гладкостенной трубки X. Определите общее гидродинамическое сопротивление двух таких трубок, соединенных параллельно:**

а)  $4X$ ; б)  $X/8$ ; в)  $2X$ ; г)  $X/4$ .

**20. По цилиндрической гладкостенной длинной трубке течет ньютоновская жидкость в ламинарном режиме. Укажите формулу для расчета объемной скорости течения жидкости (Q). P- разность давления на концах трубки, X-гидродинамическое сопротивление трубки:**

а)  $Q = P/(8X)$ ; б)  $Q = P/(2X)$ ; в)  $Q = 2P/X$ ; г)  $Q = P \cdot X$ .

**21. Определите разность давлений на концах цилиндрического капилляра, которую необходимо создать, для стационарного течения идеальной жидкости:**

а) 9,8 Па; б) 0 Па; в) 1 ат; г) 133.3 Па.

**22. Известна средняя линейная скорость V течения идеальной жидкости по цилиндрическому капилляру. Укажите, чему в этом случае равна линейная скорость течения непосредственно у стенки капилляра:**

а)  $2V$ ; б)  $V/2$ ; в)  $V/4$ ; г)  $V/8$ .

**23. Известна средняя линейная скорость V течения идеальной жидкости по цилиндрическому капилляру. Укажите, чему в этом случае равна объемная скорость течения. Площадь поперечного сечения капилляра S:**

а)  $VS$ ; б)  $8VS$ ; в)  $4/3 \cdot (VS)$ ; г)  $V/S$ .

**24. По цилиндрической гладкостенной длинной трубке течет ньютоновская жидкость в ламинарном режиме. Укажите формулу для расчета линейной скорости жидкости непосредственно на стенке трубки:**

а)  $V=V(0)*t$ ; б)  $V=a*t$ ; в)  $V=0$ ; г)  $V=V(0)*t+a*t$

**25. Назовите более общий закон классической механики, частным случаем формулировки которого, является формула неразрывности струи в гидродинамике:**

а) закон сохранения механической энергии; б) закон сохранения массы; в) первое начало термодинамики; г) второе начало термодинамики.

**26. Укажите, известный Вам, метод непрямого измерения артериального давления у человека, при применении которого систолическое давление определяется по осцилляциям (колебаниям) стенки артерии:**

а) метод Рива-Роччи; б) метод Стокса; в) метод Короткова; г) метод Кьендаля.

**27. Укажите, известный Вам, метод непрямого измерения артериального давления у человека, при применении которого систолическое давление определяется по регистрации звуковых феноменов, сопровождающих течение крови по артерии:**

а) метод Рива-Роччи; б) метод Кьендаля; в) метод Короткова; г) метод Оствальда; д) метод Стокса.

**28. Укажите, известный Вам, метод непрямого измерения артериального давления у человека, автоматизация которого потребовала создания звукового анализатора:**

а) метод Оствальда; б) метод Стокса; в) метод Рива-Роччи; г) метод Короткова.

**29. Укажите режим течения ньютоновской жидкости, для которого справедлива формула Пуазейля:**

а) ламинарный; б) строгий; в) турбулентный; г) вихревой.

**30. Укажите сосуды того участка кровеносного русла человека, на который приходится максимум гидравлического сопротивления:**

а) капилляры; б) артериолы; в) вены; г) аорта.

**31. Укажите сосуды того участка кровеносного русла человека, на который приходится максимум падения давления в сердечно сосудистой системе человека:**

а) венулы; б) капилляры; в) аорта; г) вены.

**32. Перечислите факторы, от которых зависит динамическая вязкость некоторой ньютоновской жидкости:**

а) природа жидкости, температура; б) природа жидкости, температура, объем сосуда; в) природа жидкости, температура, скорость сдвига; г) температура, скорость сдвига.

**33. Перечислите факторы, от которых зависит динамическая вязкость некоторой неньютоновской жидкости:**

а) температура; б) природа жидкости, температура, скорость сдвига; в) природа жидкости, скорость течения жидкости; г) природа жидкости, температура, объем сосуда.

**Оптика. Зрительный анализатор.**

**1. На зеркальную поверхность луч света падает под углом 30 градусов. Угол между падающим и отраженным лучами равен:**

а) 90 градусам; б) 30 градусам; в) 45 градусам; г) 60 градусам.

**2. Луч света, падая на поверхность воды, преломляется. Преломление светового луча объясняется тем, что:**

а) фотоны светового пучка отталкиваются молекулами воды; б) фотоны светового пучка притягиваются молекулами воды; в) скорость фотонов светового пучка в воде меньше скорости фотонов в воздухе; г) скорость света в воде меньше его скорости в воздухе

**3. На собирающую линзу параллельно оптической оси падает луч света. После прохождения через линзу луч:**

а) пересечет оптическую ось со стороны пространства предметов; б) пройдет через оп-

тический центр линзы; в) пройдет параллельно оптической оси; г) пересечет оптическую ось; д) отклонится от оптической оси.

**4. При преломлении пучка белого света в стеклянной призме наиболее сильно от первоначального направления отклонится:**

а) оранжевый луч; б) зеленый луч; в) красный луч; г) фиолетовый луч.

**5. В плоском зеркале получается:**

а) действительное перевернутое изображение предмета; б) действительное уменьшенное изображение предмета; в) действительное изображение предмета; г) мнимое изображение предмета.

**6. Предмет находится на расстоянии равном половине фокусного расстояния от собирающей линзы. При этом будет наблюдаться изображение:**

а) перевернутое, уменьшенное, мнимое; б) прямое, уменьшенное, мнимое; в) прямое, увеличенное, действительное; г) перевернутое, увеличенное, мнимое; д) прямое, увеличенное, мнимое.

**7. При наблюдении в микроскоп две близко расположенные точки на препарате становится трудно различить вследствие:**

а) преломления; б) поляризации; в) дисперсии; г) дифракции; д) эффекта Доплера.

**8. Узкий параллельный пучок белого света падает нормально на дифракционную решетку. После прохождения через решетку наиболее сильно отклонится от первоначального направления луч:**

а) зеленого цвета; б) фиолетового цвета; в) синего цвета; г) красного цвета.

**9. При нормальной дисперсии света показатель преломления:**

а) увеличивается с увеличением длины волны света; б) не зависит от длины волны света; в) уменьшается с увеличением длины волны света; г) уменьшается с увеличением частоты света; д) не зависит от частоты света.

**10. Чтобы «просветлить» оптику окуляра микроскопа его фронтальную линзу:**

а) промывают изопропиловым эфиром; б) промывают спиртом; в) покрывают слоем диэлектрика с большим показателем преломления; г) покрывают слоем диэлектрика с меньшим показателем преломления.

**11. Дисперсией света называется совокупность явлений, обусловленных зависимостью:**

а) показателя преломления вещества от амплитуды световой волны; б) показателя преломления вещества от его плотности; в) интенсивности света от длины световой волны; г) показателя преломления вещества от длины световой волны; г) показателя преломления вещества от фазы световой волны.

**12. Абсолютный показатель преломления среды:**

а) не зависит от длины волны света; б) всегда меньше нуля; в) всегда больше единицы; г) всегда меньше единицы; д) всегда больше или равен единице.

**13. Бислойная фосфолипидная мембрана, полученная по Мюллеру, выглядит черной в отраженном свете, так как ее толщина обеспечивает:**

а) явление полного внутреннего отражения; б) полное отражение попавших на нее лучей света; в) полное поглощение электромагнитной энергии; г) условие минимума интерференции отраженных лучей всей видимой области.

**14. Явление полного внутреннего отражения наблюдается, когда свет проходит:**

а) из воздуха в воду; б) из воздуха в стекло; в) из вакуума в стекло; г) из оптически менее плотной среды в оптически более плотную; д) из оптически более плотной среды в оптически менее плотную.

**15. Оптически более плотная среда:**

а) имеет меньший показатель преломления; б) имеет большую плотность; в) имеет больший показатель преломления; г) имеет больший коэффициент поглощения.

**16. Оптическая плотность окрашенного раствора при выполнении закона Бугера-Ламберта-Бера:**

а) прямо пропорциональна концентрации растворенного вещества; б) экспоненциально возрастает с концентрацией растворенного вещества; в) не зависит от концентрации растворенного вещества; г) равна десятичному логарифму концентрации вещества в растворе; д) прямо пропорциональна квадрату концентрации растворенного вещества

**17. Явление Брюстера состоит в том, что при падении естественного света на поверхность раздела двух диэлектриков:**

а) отраженный свет всегда полностью поляризован; б) преломленный свет всегда полностью поляризован; в) отраженный свет всегда частично поляризован; г) угол отражения равен углу падения; д) угол падения всегда больше угла преломления.

**18. С точки зрения современной волновой теории свет представляет из себя:**

а) поперечные электромагнитные волны; б) продольные упругие волны; в) электро-механические волны; г) продольные электромагнитные волны.

**19. Укажите явление, из наблюдаемых для света, в котором наиболее очевидно проявляется поперечность световых волн:**

а) дифракция света; поляризация света; в) дисперсия света; г) интерференция света.

**20. Ощущение различного цвета у человека вызывают электромагнитные волны:**

а) различной частоты; б) одинаковой интенсивности; в) одинаковой длины; г) различных фаз.

**21. В каких направлениях совершаются колебания светового вектора в световой волне?**

а) только перпендикулярно направлению распространения волны; б) половину периода в одном направлении, половину периода в другом; в) только по направлению распространения волны; г) во всех направлениях.

**22. Оптическая сила собирающей линзы равна 5 диоптриям. Определите фокусное расстояние линзы:**

а) 0,2 м; б) 0,5 м; в) -2,0 м; г) 2,5 м.

**23. Абсолютный показатель преломления одного вещества равен 1,5, другого 1,2. Определите относительный показатель преломления первого вещества относительно второго:**

а) 1,25; б) 4/5; в) 3/5; г) 1,5.

**24. Абсолютный показатель преломления вещества равен 1,5. Определите показатель преломления вещества относительно вакуума:**

а) 1,5; б) 0; в) 1,25; г) 3/4.

**25. Оптическая система глаза человека формирует на сетчатке:**

а) мнимое, прямое изображение; б) действительное, прямое изображение; в) действительное, перевернутое изображение; д) мнимое, перевернутое изображение.

**26. С помощью лупы получают ..... изображение, а с помощью обычного микроскопа ..... изображение.**

а) прямое; перевернутое; б) перевернутое; уменьшенное; в) перевернутое; прямое; г) перевернутое; поляризованное.

**27. Очки, которые носит близорукий человек, оснащены:**

а) призматическими линзами; б) цилиндрическими линзами; в) собирающими линзами; г) рассеивающими линзами.

**28. Очки, которые носит дальзоркий человек, оснащены:**

а) цилиндрическими линзами; б) призматическими линзами; в) рассеивающими линзами; г) собирающими линзами.

**29. Очки, которые носит человек, страдающий астигматизмом, оснащены:**  
а) собирающими линзами; б) призматическими линзами; в) рассеивающими линзами; г) цилиндрическими линзами.

**30. Лупа с фокусным расстоянием 10 см дает увеличение:**  
а) 10 кратное; б) 2 кратное; в) 5 кратное; г) 2,5 кратное.

**31. На поляризатор падает естественный свет интенсивностью  $I$ . Определите интенсивность плоско поляризованного света, вышедшего из поляризатора:**  
а)  $0,75 I$ ; б)  $0,50 I$ ; в)  $1,25 I$ ; г)  $0,25 I$ .

**32. Фокусирование изображения на сетчатке глаза человека осуществляется преломляющими средами глаза человека, к которым относятся:**  
а) камерная влага и стекловидное тело; б) роговица и хрусталик; в) роговица, камерная влага, стекловидное тело; г) роговица, хрусталик, камерная влага, стекловидное тело.

**33. Острота зрения ( $V_{\text{ис}}$  -  $V$ ) считается нормальной ( $V=1,0$ ), если человек различает крайние точки предмета, находящиеся под углом:**  
а) в 2 минуты; б) в 1 минуту; в) в 3 минуты; г) в 1 секунду.

**34. В таблицах для определения остроты зрения (таблицах Сивцева) буквы и кольца с разрывами (кольца Ландольта), составляющие третью строку снизу, имеют разрывы, края которых образуют с оптическим центром глаза угол в:**  
а) в 3 минуты; б) в 4 минуты; в) в 2 минуты; г) в 1 минуту.

**35. Укажите явление, которое находит применение в волоконной оптике, применяемой в современных эндоскопах:**  
а) рассеяние света; б) полное внутреннее отражение; в) дифракция света; г) дисперсия света.

**36. Укажите электромагнитное излучение (из приведенных ниже), имеющее самую короткую длину волны:**  
а) ультрафиолетовое; б) видимый свет; в) радиоволновое; г) рентгеновские лучи.

## ЛИТЕРАТУРА

### ***Биофизика как наука***

1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика : учеб. для вузов / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко. – М., 2003. – С. 14–17.
2. Биофизика : учеб. для вузов / В. Ф. Антонов [и др.]. – М., 1999. – С. 5–7.
3. Артюхов В.Г. Биофизика : учеб. пособие / В.Г. Артюхов, Т.А. Ковалева, В.П. Шмелев. – Воронеж, 1994. – С. 9–29.
4. Волькенштейн М. В. Биофизика : учеб. пособие / М.В. Волькенштейн. – М., 1988. – С. 9–22.
5. Рубин А.Б. Биофизика клеточных процессов. М.: Университет, 2000.
6. Рубин А.Б. Теоретическая биофизика. М.: Университет, 1999.

### ***Молекулярная биофизика***

1. Биофизика : учеб. для вузов / Ю. А. Владимиров [и др.]. – М., 1983. – С. 63–78; 85–88.
2. Волькенштейн М. В. Биофизика : учеб. пособие / М. В. Волькенштейн. – М., 1988. – С. 32–40; 87–118; 222–231.
3. Рубин А.Б. Биофизика клеточных процессов. М.: Университет, 2000.

### ***Биофизика мембран. Структура и функции биологических мембран. Динамика биомембран. Модельные липидные мембраны***

1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика : учеб. для вузов / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко. – М., 2003. – С. 184–190.
  2. Рубин А.Б. Биофизика клеточных процессов. М.: Университет, 2000.
  3. Биофизика : учеб. для вузов / В.Ф. Антонов [и др.]. – М., 1999. –С. 8–31.
  4. Биофизика : учеб. для вузов / Ю.А. Владимиров [и др.]. – М.,1983. – С. 95–121.
  5. Артюхов В.Г. Биологические мембраны: структурная организация, функции, модификации физико-химическими агентами : учеб. пособие /
  6. В.Г. Артюхов, М.А. Наквасина. – Воронеж, 1994. – С. 11–62; 102–114.
- Барсуков Л. И. Липосомы / Л. И. Барсуков // Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 10. – С. 2–9.

### ***Транспорт веществ через биологические мембраны. Биоэлектрические потенциалы***

1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика : учеб. для вузов / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко. – М., 2003. – С. 191–213.
2. Биофизика : учеб. для вузов / В.Ф. Антонов [и др.]. – М., 1999. – С. 32–48; 67–111.
3. Артюхов В.Г. Биофизика : учеб. пособие / В.Г. Артюхов, Т.А. Ковалева, В.П. Шмелев. – Воронеж, 1994. – С. 198–223.
4. Биофизика : учеб. для вузов / Ю.А. Владимиров [и др.]. – М.,1983. – С. 121–138; 141–143; 150–172.

5. Биофизика: практикум для студентов / В.Г. Артюхов, О.В. Башарина. – Воронеж, 2003. – С. 42–48.

**Квантовая биофизика. Фотобиология. Взаимодействие квантов света с молекулами. Электронные переходы при поглощении света в биомолекулах. Спектральные свойства некоторых биомолекул. Люминесценция**

1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика : учеб. для вузов / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко. – М., 2003. – С. 439–466.

2. Артюхов В.Г. Биофизика : учеб. пособие / В.Г. Артюхов, Т.А. Ковалева, В.П. Шмелев. – Воронеж, 1994. – С. 229–259.

3. Биофизика : учеб. для вузов / Ю.А. Владимиров [и др.]. – М., 1983. – С. 30–36.

4. Биофизика : практикум для студентов / В. Г. Артюхов, О.В. Башарина. – Воронеж, 2003. – С. 7–16.

5. Владимиров Ю.А. Физико-химические основы фотобиологических процессов : учеб. пособие / Ю.А. Владимиров, А.Я. Потапенко. – М.: Высш. шк., 1989. – 199 с.

6. Пермяков Е. А. Метод собственной люминесценции белка / Е.А. Пермяков. – М. : Наука, 2003. – 189 с.

**Фотобиологические процессы и их стадии. Фотохимические превращения биополимеров и мембран. Понятие об индуцированном (лазерном) излучении. Фоторецепция, ее молекулярные механизмы**

1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика : учеб. для вузов / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко. – М., 2003. – С. 466–494.

2. Артюхов В. Г. Биофизика : учеб. пособие / В.Г. Артюхов, Т.А. Ковалева, В.П. Шмелев. – Воронеж, 1994. – С. 282–301.

3. Биофизика : учеб. для вузов / Ю.А. Владимиров [и др.]. – М., 1983. – С. 41–46; 50–63; 244–252.

4. Артюхов В.Г. Биологические мембраны: структурная организация, функции, модификации физико-химическими агентами : учеб. пособие / В.Г. Артюхов, М.А. Наквасина. – Воронеж, 1994. – С. 102–107; 126–142.

5. Рощупкин Д.И. Основы фотобиофизики : учеб. пособие / Д.И. Рощупкин, В.Г. Артюхов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1997. – 116 с.

6. Рощупкин Д. И. Биофизика органов : учеб. пособие / Д.И. Рощупкин, Е.Е. Фесенко, В.Н. Новоселов. – М. : Наука, 2000. – 255 с.

7. Гейниц А.В. Внутривенное лазерное облучение крови / А.В. Гейниц, С.В. Москвин, Г.А. Азизов. – М. : Триада, 2006. – 144 с.

**Биофизика сложных систем. Термодинамика биологических процессов. I и II начала термодинамики. Стационарное состояние биологических систем. Уравнение Пригожина для открытой системы**

1. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика : учеб. для вузов / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко. – М., 2003. – С. 163–182.

2. Артюхов В.Г. Биофизика : учеб. пособие / В.Г. Артюхов, Т.А. Ковалева, В.П. Шмелев. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1994. – С. 56–79.

Учебное издание

**БИОФИЗИКА**

Методические указания

Автор-составитель

**ШИЛИНА** Марина Владимировна

Технический редактор

*Г.В. Разбоева*

Компьютерный дизайн

*Е.В. Крайло*

Подписано в печать

. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 2,96. Уч.-изд. л. 3,41. Тираж

экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования

«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

ЛИ № 02330 / 0494385 от 16.03.2009.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.