

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА «БИОФИЗИКИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В
МЕДИЦИНЕ»**

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по учебной и
воспитательной работе

к.м.н., доц. Г.Ж.Жарылкасынова

« 28 » 08 . 2019

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ПО «БИОФИЗИКЕ»

Область знаний - 51000 «Здравоохранение»

Направление образования: 5510200 - Педиатрия

Трудоемкость в часах – 77
В том числе:
Лекции – 12
Лабораторная работа - 12
Практические занятия – 30
Самостоятельная работа – 23

Бухара – 2019

Составители:

- Умаров С. Х. - Д. ф.-м. н., проф. зав. кафедры «Биофизики и информационной технологии в медицине» БухМИ
- Нарзуллаева З. М. - Ассистент кафедры «Биофизики и информационной технологии в медицине» БухМИ
- Сафарова Р. С. - Ассистент кафедры «Биофизики и информационной технологии в медицине» БухМИ

Рецензенты:

- Давронов Р. Д. - зав., кафедры «Гистологии» БухМИ
- Ниязов Л. Н. - зав, кафедры «Химии» БухМИ

Заведующий кафедрой: Умаров С. Х. Зав. каф. Д.ф.-м.н. доц. _____
(Ф.И.О., должность, ученая степень, научное звание) (подпись)

Заведующий ЦПМК: Давронов Р. Д. Зав. каф. к.м.н. доц. _____
(Ф.И.О., должность, ученая степень, научное звание) (подпись)

Рабочая программа составлена на основании учебной программы и учебного плана по направлению Лечебное дело, Мед.педагогика и Педиатрия, обсуждена и утверждена на научно методическом Совете БУХМИ протокол № ____ от «____» _____ 2019 г.

Методист института : Жумаева Ш. Б.

Аннотация

В целях повышения качества естественно - научного образования в высших учебных заведениях, в том числе повышения качества подготовки и эффективности учебного процесса в медицинских вузах, настоящая программа направлена на укрепление навыков и профессионализма теоретических знаний студентов в условиях ускоряющегося научно-технического развития, реформы системы высшего образования.

Предмет "Биофизика" играет важную роль в формировании фундамента науки о медицинских знаниях врача общей практики. Он, наряду с другими дисциплинами, обеспечивает планирование предоставления информации о биофизических механизмах тела, а также обеспечивает развитие у студентов клинического образа мышления.

Предмет биофизики является медико – биологической дисциплиной, она входит в блок до клинической дисциплиной. Практические решение программы требует определенно достаточных знаний и навыков с такими дисциплинами учебного плана как математика и научно – естественные (биофизика, медицинская техника, медицинская биология, гистология, анатомия человека, физиология, биоорганическая, биоанорганическая и биологическая химия) предметы.

Для усвоения студентами предмета "Биофизика" предусматривается использование современных методов обучения и внедрение новых информационных и педагогических технологий является особо важным. При усвоении предмета используются учебники, учебные и учебно-методические пособия, конспекты лекций, комплекс технологические комплексы, компьютерные программы, электронные материалы, современное лабораторное оборудование, виртуальные лаборатории и видеосистемы. В лекциях и практических занятиях также используются педагогические и информационные технологии.

Основной целью курса биофизики является привитие будущим специалистам прочных теоретических знаний и практических навыков в осмыслении сущности физиологических процессов организма и представления о биофизическом начале возникновения патологических процессов в тканях, органах и систем в организме.

Задачами изучения биофизики являются: - раскрытие сущности физических и физико – химических процессов, происходящих в различных тканях и системах организма; - знакомство с комплексом физических и физико – химических параметров, характеризующих функциональное состояние различных органов и тканей организма; - изучение факторов внешней среды физической природы, имеющих стимулирующие и неблагоприятные действие на организм человека и разработанные на этой основе терапевтические и защитные средства.

БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
ИНСТИТУТ

КАФЕДРА БИОФИЗИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ

Лекция № 1

**ТЕМА: ВВЕДЕНИЕ В БИОФИЗИКУ
БИОМЕХАНИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ
СИСТЕМ**

Бухара – 2019

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

Лекционное занятие № 1

Тема: Введение в биофизику. Биомеханика биологических систем.

Технология обучения лекционного занятия

Время– 2 часа	Число студентов 15-40
Вид лекции	Информационно-визуальная
Структура учебного занятия	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Организационный ➤ Постановка темы и цели урока ➤ Изложение материала ➤ Укрепление материала ➤ Подведение итогов
<p>Цель: Дать понятие о предмете «биофизика», привить будущим специалистам прочных теоретических знаний, ознакомить терминологией, законами биомеханики биологических систем.</p>	
<p>Задачи педагога:</p> <ul style="list-style-type: none"> -показать роль биофизики в медицине; -рассказать о важнейших достижениях биофизики и о перспективах её развития. – раскрыть основные понятия и законы биомеханики биологических систем - сформировать основы теоретико-прикладного мышления 	<p>Результат обучения:</p> <ul style="list-style-type: none"> -узнают о предмете «биофизика» - устанавливают связь физики и медицины - записывает рекомендуемую литературу; - получают нужную информацию и изучает данный материал
Методика и техника обучения	Лекция, решение ситуационных задач, графический органайзер: кластер
Средство обучения	Проектор, графический органайзер
Вид обучения	Коллективное, индивидуальное
Условия обучения	Аудитория оснащенная проектором
<i>Мониторинг</i>	Устный контроль: ответы на вопросы

Технологическая карта лекционного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа- ционная часть 10 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план лекции. 1.3 Даёт ключевые слова и рекомендуемую литературу 1.4. Объясняет мониторинг контроля освоения данной темы.	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Опреде- ление исходных знаний по теме 5 мин.	организует беседу по технологии «Дискуссия» При этом задаёт вопросы <ul style="list-style-type: none"> • Что такое физика? • Основные свойства материи. 	1. По теме вспоминает основные понятия. 2.Активно участвует при дискуссии
3.	Объясне- ние темы 55 мин.	Объясняет тему по плану: 1. Предмет биофизики. 2. Значение биофизики в биологии и медицине. 3. Медицинская биофизика. 4. Механические свойства биологических тканей. Сила упругости. 5. Деформации. Виды деформаций. Механическое напряжение. 6. Закон Гука для упругих, вязких и упруго-вязких тел. 7. Работа мышц. Эргометрия. Механические процессы в опорно-двигательном аппарате. 8. Рычаги и сочленения в опорно-двигательном аппарате	Слушают Записывают
4.	Укрепле- ние темы 10 мин.	- Систематизирует данный материал - уточняет основные моменты - отвечает на вопросы .	Задают вопросы
5.	Домашнее задание 5 мин.	Задаёт домашнее задание и объявляет название следующей лекции	Записывает домашнее задание
6.	Мониторинг 5 мин	Объявляет результаты.	

План лекции:

1. Предмет биофизики.
2. Значение биофизики в биологии и медицине.
3. Медицинская биофизика.
4. Механические свойства биологических тканей. Сила упругости.
5. Деформации. Виды деформаций. Механическое напряжение.
6. Закон Гука для упругих, вязких и упруго-вязких тел.
7. Работа мышц. Эргометрия. Механические процессы в опорно-двигательном аппарате.
8. Рычаги и сочленения в опорно-двигательном аппарате.

Биофизика - это наука, изучающая физические и физико-химические процессы, которые протекают в биологических системах на разных уровнях организации и являются основой физиологических актов.

Жизнь как биологическая форма движения материи включает в себя низшие формы движения материи - физическую и химическую, через которые она и проявляется. Биофизика, исследуя физические и физико-химические процессы в организмах на молекулярном уровне, позволяет вскрыть механизмы физиологических процессов и объяснить причины наблюдаемых биологических явлений.

Основная задача биофизики заключается в том, чтобы на конкретном биологическом материале показать, каким образом физические, физико-химические и химические процессы, протекающие в живом организме «согласно тем же самым законам, но при иных условиях, чем в неорганическом мире», переходят в качественно новые, уже физиологические явления.

Биофизика как самостоятельная наука выделилась из многих дисциплин; физиологии, биохимии, физической химии, физики, поэтому во многих случаях границы между этими дисциплинами и биофизикой являются условными. Особенно большое значения для биофизики имело развитие физической химии, которая позволила установить более продуктивную

связь между физикой и биологией. На основе этого Б.Н. Тарусов дал определение биофизики как физической химии и химической физики биологических систем.

Поскольку предметом биофизики являются физические и физико-химические процессы в организме, то при биофизических исследованиях применяются в основном физические и физико-химические методы, которые модифицируются и приспособляются для целей биофизических исследований. В связи с тем, что часто приходится иметь дело с небольшим количеством исследуемого материала, а также с исследуемыми параметрами небольшой величины, биофизические методы должны обладать высокой чувствительностью и точностью. Кроме того, эти методы не должны вносить значительных искажений в структуру и свойства исследуемого объекта. Характерной чертой биофизики, отличающей ее от биохимии, является то, что она рассматривает целостные системы, не разлагая их по возможности на отдельные компоненты. Стремление изучать ненарушенную или минимально нарушенную живую систему вынуждает биофизиков пользоваться очень слабыми источниками излучения при исследовании оптических свойств клеток, слабыми электрическими токами при измерении электрических параметров и т.п. Поэтому в своих исследованиях биофизики должны широко использовать усилительную технику. Все методы должны давать количественные результаты, что позволяет получать количественные зависимости между изменениями различных физико-химических параметров живой системы. В связи с этим биофизика широко использует математические методы анализа, физическое и математическое моделирование, а также вычислительную технику. Благодаря этому биофизика поднимает биологию и медицину до уровня точных наук.

По решению Международной ассоциации общей и прикладной биофизики к разделам этой дисциплины относятся: молекулярная биофизика, биофизика клетки, биофизика органов чувств и сложных систем.

Молекулярная биофизика рассматривает строение и физические свойства биологических молекул (главным образом белков и нуклеиновых кислот), а также кинетику и термодинамику биологических процессов.

Биофизика клетки исследует, во-первых, ультраструктуру клетки, ее физические и физико-химические особенности, во-вторых, физико-химические проявления функциональной активности клеток: проницаемость, биоэлектрические потенциалы и пр.

Основными проблемами биофизики органов чувств является выяснение молекулярных физико-химических механизмов рецепции, изучение процессов трансформации энергии внешних стимулов в специфические реакции нервных клеток и механизмов кодирования информации в органах чувств.

Биофизика сложных систем исследует проблемы регулирования и саморегулирования сложно устроенных многоклеточных систем, а также термодинамические и кинетические особенности их функционирования. В этом разделе биофизика смыкается с биологической кибернетикой, предметом которой являются процессы управления и регулирования в биологических системах.

В последнее время биофизика стала оказывать заметное влияние на развитие теоретической и практической медицины. К настоящему времени стал формироваться определенный круг вопросов, который можно охарактеризовать как медицинскую биофизику. Одна из основных задач медицинской биофизики - это выявление физических и физико-химических параметров, которые можно было бы использовать для объективной диагностики функционального состояния организма. О нарушении жизненных процессов можно, прежде всего, судит по изменению этих параметров. Известно, что характерным свойством живых клеток является наличие мембранного потенциала, способность удерживать ионные градиенты, способность поляризовать электрический ток, наличие

электрокинетического потенциала, способность к хемилюминесценции, движение цитоплазмы. Некоторые из этих параметров медицина уже давно использует для оценки состояния организма. Методы, основанные на регистрации биопотенциалов, стали классическими (электрокардиография, электроэнцефалография и т.п.). В настоящее время начинают более широко применять измерение электропроводности и хемилюминесценции. Показано, что эти методы могут служить для диагностики определенных заболеваний, для оценки поражающего действия различных факторов на ткани и т.д.

Следующей важной проблемой медицинской биофизики является углубление представлений о механизмах действия на организм тех факторов, которые применяются в физиотерапии (диатермии, индуктотермии, УВЧ-терапии, рентгенотерапии и пр.). Это позволит более эффективно использовать их для лечения ряда заболеваний.

Наиболее важной проблемой медицинской биофизики является исследование физических и физико-химических основ патологических процессов. Благодаря успехам биофизики в настоящее время открыта новая глава патологии - физико-химическая патология. В процессе биофизических исследований была выявлена роль ионных и коллоидных явлений в воспалительном процессе. Физико-химическую интерпретацию получили закономерности клеточной проницаемости и ее изменений при патологических процессах на основе изучения механизма действия ионизирующей радиации были получены вещества, осуществляющие химическую защиту от радиации при их введении в организм перед облучением - ингибиторы. Исследование, электрических явлений в костях позволило разработать метод заживления костных переломов с помощью электрического тока. Изучение проницаемости клеток и тканей в биофизическом аспекте позволяет фармакологам и токсикологам устанавливать закономерности всасывания и выведения различных препаратов. Большое теоретическое значение и практическая важность исследований и области физико-химической патологии вызывают все

большее расширение работ в этом молодом, но быстро развивающемся разделе медицины, который является одним из основных ее направлений.

В системе теоретических дисциплин, преподаваемых в медицинских вузах, биофизика занимает особое положение. Она подводит итог изучению точных наук и служит связью между точными науками и науками биологическими и медицинскими. Точные науки призваны формировать специальное мышление будущего врача в категориях точных наук, что позволит ему глубже понять закономерности человеческого организма в норме и патологии. В отличие от физики, химии, физической химии и биохимии биофизика решает эту задачу в наиболее концентрированной и обобщенной форме.

Биофизика как наука

До середины 1800-х годов не было ясно, в какой степени законы физики и химии, которые были сформулированы из наблюдаемого поведения неживых объектов может быть применен к живой материи. Было очевидно, что на крупном масштабе законы были применимы. Живые объекты явно подвергаются тем же самым законам движения как неодушевленные объекты. Вопрос о применимости возникла на базовом уровне. Живые организмы являются очень сложными. Даже вирус, который является одним из самых простых биологических организмов, состоит из миллионов взаимодействующих атомов. Клетка, которая является основным строительным блоком ткани, содержит в среднем 10^{14} атомов. Живые организмы проявляют свойства не найденные в неодушевленных объектах. Они растут, размножаются и распадаются. Эти явления настолько различны от предсказуемых свойств неживой материи, что многие ученые в начале 19-го века считали, что различные законы управляют структурой и молекулами в живой материи. Эти молекулы имеют тенденцию быть более крупными и сложными чем молекулы, полученные из неорганических источников. Считалось, что крупные

молекулы, найденные в живом веществе может быть произведено только живыми организмами через "жизненную силу", которые не могут быть объяснены существующими законами физики. Эта концепция была опровергнута в 1828 году, когда Фридрих Вохлер синтезировал органическое вещество, мочевины, из неорганических химических веществ. Вскоре после этого многие другие органические молекулы были синтезированы без вмешательства биологических организмов. Сегодня большинство ученых считают, что не существует никакого специального жизненной силы, проживающих в органических веществ. Живыми организмами управляют законы физики на всех уровнях.

Большая часть биологических исследований в течение последних ста лет было направлены на понимание живых систем с точки зрения основных физических законов. Эти усилия принесли некоторые значительные успехи. Атомная структура многих сложных биологических молекул в настоящее время определяется, и роль этих молекул в живых системах было описано. Теперь можно объяснить функционирование клеток и многие из их взаимодействия друг с другом. Тем не менее, работа далека от завершения. Даже тогда, когда структура комплекса молекулы известно, что невозможно в настоящее время предсказать его функцию от ее строения атома. Механизмы клеточного питания, рост, размножение, и связь по-прежнему понимается только качественно. Многие основные вопросы в биологии остаются без ответа. Однако биологические исследования до сих пор не выявили каких-либо областей, в которых физические законы не применяются. Удивительные свойства жизни, как представляется, достигается за счет чрезвычайно сложной организации в живых системах.

(Paul Davidovits "Physics in Biology and Medicine" 2013, стр. 1-2с)

Тема: «БИОМЕХАНИКА»

Механика является разделом физики, изучает движение тел под действием силы. Это была первая ветвь физики, которая была успешно применена для живых систем, в первую очередь для понимания принципов, регулирующих перемещение тел, были сформулированы нынешние понятия механики Исаака Ньютона, чья основная работа по механике, была опубликована в 1687 году. Изучение механики, однако, началась гораздо раньше. Леонардо да Винчи (1452-1519) сделал детальные наблюдения движений тел и функций мышц. Его исследования способствовали улучшению аналитических методов и разработка инструментов, таких, как фотокамеры и электронные таймеры. В настоящее время изучение человеческого движения является частью дисциплин кинезиологии, который изучает человеческое движение, прежде всего, применительно к атлетической деятельности и биомеханики, более широкая область, которая касается не только движение мышц, но и с физическим поведением костей и органов, такие как легкие и сердце. Развитие протезных устройств, таких как искусственные конечности и механическое сердце является активной областью биохимических исследований. Механика, как и любой другой предмет в науке, начинается с некоторого числа основных понятий, а затем подает правила, по которым они связаны между собой. Мы начнем наше обсуждение механики, исследуя статические силы, которые действуют на организм человека. Сначала мы обсудим стабильность и равновесие человеческого тела, а затем мы рассчитаем силы, прикладываемые скелетным мышцам на различные части тело.

1.1 Равновесие и устойчивость

Земля оказывает силу притяжения на массу объекта; на самом деле, каждый малый элемент объекта притягивается Землей. Сумма этих сил есть общий вес тела. Этот вес можно считать силой, действующей через единую точку, называемой центром масс или центр силы тяжести. Как указано в Приложении А, тело находится в статическом равновесии, если векторная сумма обеих сил и моментов сил, действующих на тело, равна нулю. Если тело без поддержки, сила гравитации ускоряет его, а тело не находится в равновесия. Для того, чтобы тело находился в устойчивом равновесии, то он должен быть надлежащим образом поддерживаться. Тело находится в устойчивом равновесии под действием силы тяжести, если его центр масс находится непосредственно над его базой поддержки.

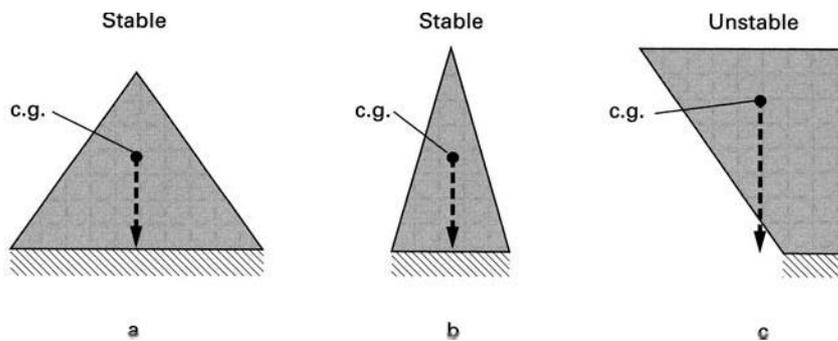


РИСУНОК 1.1 Стабильность тел.

(Рис. 1.1). При выполнении этого условия, сила реакции у основания поддержки отменяет силу тяжести и крутящий момент, создаваемый ею. Если центр масс находится вне базы, крутящий момент, создаваемый весом, как правило, свергнуть корпус (рис. 1.1с). Чем шире основание, на котором покоится тело, тем более стабильное.

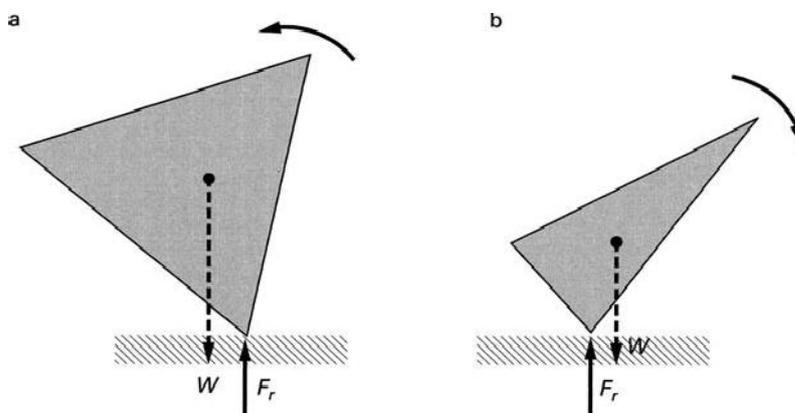


РИСУНОК 1.2 (а) Вращающий момент, произведенный весом, вернет тело к исходному положению. (b) Вращающий момент, произведенный весом, свалит тело.

Аналогичные соображения показывают что тело является более стабильным, если его центр тяжести ближе к его основанию.

1.2. Условия равновесия для человеческого тела

Центр тяжести (С.Г.) вертикального человека с оружием в руках на стороне находится примерно 56% от высоты человека измеряется от подошвы ног (Рис. 1.3).

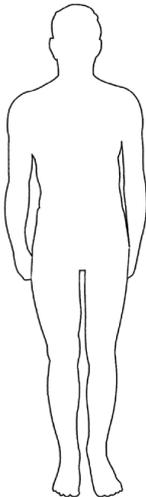


РИСУНОК 1.3 Центр тяжести для человека.

Центр тяжести смещается, когда человек движется и изгибается. Человек падает, когда его центр тяжести смещается за пределы позиции

ступни. При неравномерной нагрузке, организм стремится компенсировать за счет сгибания и расширения конечности так, чтобы сместить центр тяжести назад по ногам. Например, когда человек переносит вес в одной руке, другой рукой

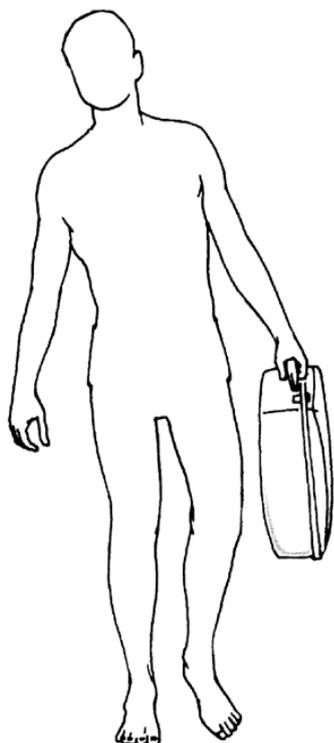


Рисунок 1.4- Человек, несущий вес.

качается в сторону от тела и туловище сгибается в сторону от нагрузки (рис. 1.4). Эта тенденция тела, чтобы компенсировать неравномерное распределение веса частовызывает проблемы для людей, которые потеряли руку, как непрерывное компенсационный сгибание туловища может привести к постоянной деформации позвоночника. Это Очень часто рекомендуется ампутантов носить искусственную руку, даже если они не могут использовать его, чтобы восстановить сбалансированное распределение веса. 1.3 Устойчивость человеческого тела под действием Внешняя сила Тело может быть, конечно, при условии, кроме силы, направленной вниз силы веса. Вычислим величина силы, приложенной к плечу что будет опрокинуть человека, стоящего на жесткой поверхности. Предполагаемые размеры лица, которые, как показано на рис. 1.5. При отсутствии силы, человек находится в устойчивом равновесии, потому что его центр тяжести находится выше его ног

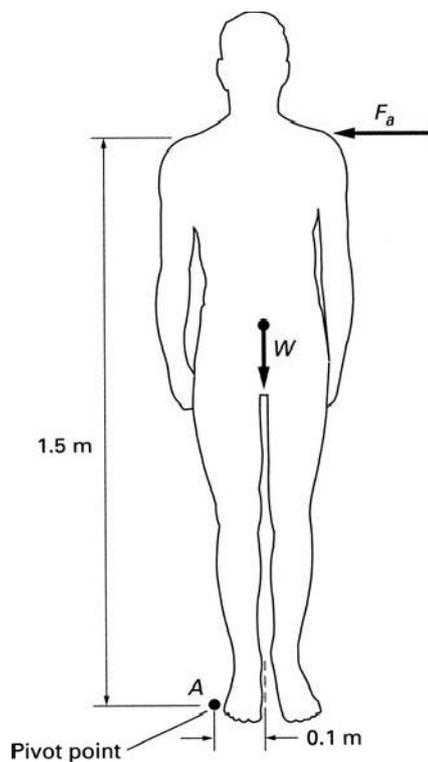
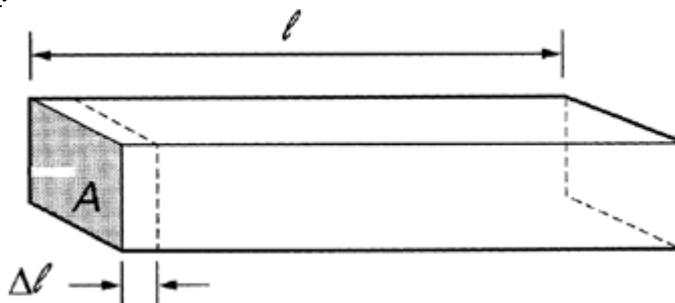


Рисунок 1.5.

(Paul Davidovits “Physics in Biology and Medicine” 2013, стр. 2-8с)

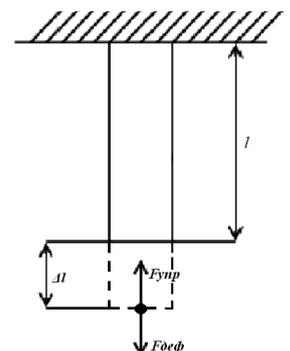
Изменение формы или объема тел под действием сил называется деформацией. При деформации происходит смещение частиц тела друг относительно друга и внутри тела согласно 3 закону Ньютона возникают силы, противодействующие деформирующей силе и равные ей по величине. Они называются силами упругости и имеют электрическую природу. Если после прекращения действия силы форма и объем тела восстанавливается полностью, то такая деформация называется упругой, а тело- упругим телом.



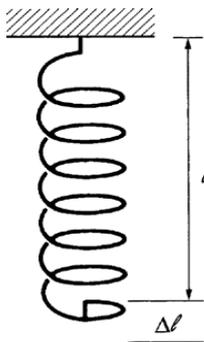
Механическим напряжением или нагрузкой называется отношение действующей на тело деформирующей силы к площади поперечного сечения:

$$\sigma = \frac{F_{\text{деф}}}{S} \quad (1) \quad \sigma \rightarrow \left[\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} \right]$$

Под действием силы стержень удлиняется на величину Δl , которая называется абсолютной деформацией.



Отношение Δl к первоначальной длине l есть относительная деформация и обозначается ε :



$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \quad (2)$$

Между δ и ε при упругой деформации существует следующая связь, называемая законом Гука для упругих тел: относительная деформация прямо пропорциональна действующему напряжению:

$$\varepsilon = k\sigma \quad (3) \quad \text{где } k - \text{коэф упругости. Закон Гука}$$

можно
$$\sigma = \frac{\varepsilon}{k} = \varepsilon \cdot E \quad (4), \quad \text{где } E = \frac{1}{k} \text{ записать так:}$$

называется модулем упругости или модулем Юнга.

Из $(4) \quad \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E}$ следует (5) Это закон Гука для

упругих тел. Из $(5) \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ следует, т.е. модуль Юнга

численно равен тому напряжению, при котором относительная деформация равна 1 (т.е. образец увеличивается вдвое).

(Paul Davidovits "Physics in Biology and Medicine" 2013, стр. 57-59с)

Закон Гука для $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{\eta} \cdot t$ вязких тел:

где t - время действия силы. В вязком теле деформация развивается постепенно и зависит не столько от силы, сколько от времени действия силы. При снятии напряжения вязкое тело сохраняет деформированное состояние, т.е. есть остаточная деформация. В упругих телах деформация развивается мгновенно, и так же быстро исчезает, после прекращения действия силы.

Большинство упругих тел обладает и упругими и вязкостными свойствами. Закон Гука в этом случае записывается так:

$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{\sigma}{E} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$, где $e=2,72$ - основание натуральных логарифмов.
 - время запаздывания.

$$\tau = \frac{\eta}{E}$$

Важнейшим свойством живых тканей (помимо упругости и вязкости) является прочность. Прочность - это способность противостоять разрушению. Напряжение, при котором нарушается целостность ткани, т.е. происходит ее разрушение, называется пределом прочности.

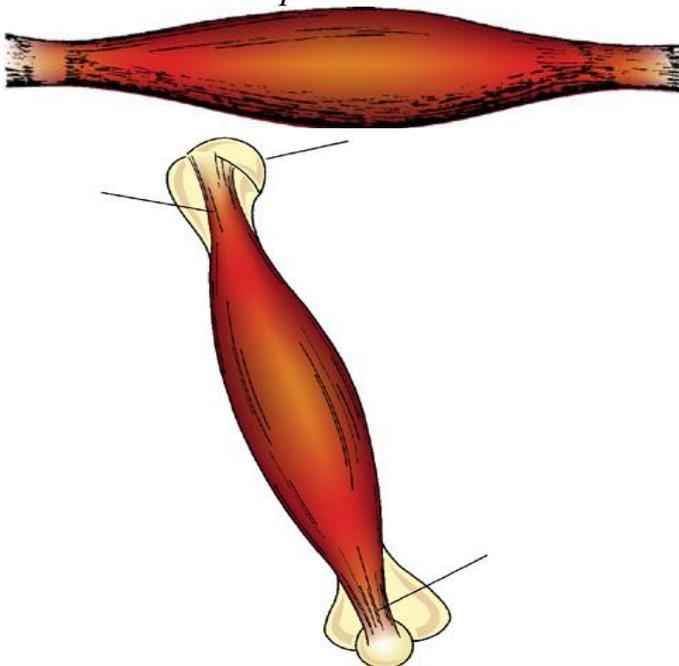
Запас прочности- это число, показывающее во сколько раз предел прочности больше допустимого, т.е. используемого на практике напряжения. Наибольшей прочностью обладает костная ткань. Прочность кости на сжатие в 1,8 раза выше, чем на растяжение, что нужно учитывать в травматологии.

У трубчатых костей особенно велика прочность на изгиб. Многочисленные мелкие полости и каналы в костях не только не снижают прочность, но даже увеличивают ее. Важная роль в защите от повреждений принадлежит мягким тканям, покрывающим кость. Энергия для разрушения кости, защищенной кожей, на 37% больше, чем при ударе по обнаженной кости.

Прочность мягких тканей определяется прежде всего соединительнотканными волокнами, среди которых наиболее прочны коллагеновые. Их прочность на растяжение \approx такая же, как костной ткани. Стенки артерий разрываются при

$$\sigma = 3 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 \text{ а стенки вен- при } \sigma = 5 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$$

т.е. вены менее прочны.



Еще большей сложностью обладают модели композиционных систем, к которым относятся живые ткани. При длительном действии силы

преобладают вязкостные свойства, при кратковременном - упругие, поскольку реакции вязкостных свойств не успевают развиваться.

Еще одно свойство живых тканей- пластичность. Она характерна для полых органов- желчного и мочевого пузыря, желудка, сердца и т.д. Пластичностью называют способность испытывать значительные деформации без развития в органе сколь-нибудь заметных усилий. Благодаря пластичности полые органы способны сильно растягиваться без развития напряжения. Благодаря пластичности мелкие венозные сосуды вмещают более 2/3 всей крови человека и их называют сосудами емкостного типа.

Для живых тканей характерна нелинейная зависимость

ε от σ

Это значит, что модуль Юнга не константа, а переменная величина, меняющаяся в зависимости от δ и, следовательно, от степени деформации. Нелинейность ярко выражена в стенках артерий. Их деформация начинает развиваться уже при слабых усилиях, например, при повышении артериального давления, но как только степень деформации достигает физиологического предела прочности, требуются гораздо бóльшие усилия для дальнейшего растяжения сосудистой стенки. Тем самым предотвращается ее разрыв. Так же ведут себя скелетные мышцы.

Основы мышечного сокращения.

Сократительным аппаратом мышечного волокна являются миофибриллы с $d \approx 1\text{мкм}$. Каждая из них состоит в среднем из 2500 протофибрилл, представляющих собой комплексы молекул актина и миозина- белков, образующих нитевидные УС.

Актиновые нити расположены в промежутках между миозиновыми, что обеспечивает поперечную исчерченность скелетных мышц. Миофибриллы выглядят в виде чередующихся полос (дисков). Полосы имеют неодинаковые оптические свойства. Одни из них (диски А) анизотропны и обладают двойным лучепреломлением- т.е. в обычном свете они темные, а в поляризованном- прозрачные в продольном и непрозрачные в поперечном направлениях. Другие полосы (диски J) не дают двойного лучепреломления и выглядят светлыми при обычном освещении.

При возбуждении миозиновые нити натягивают на себя актиновые, которые внедряются в промежутки между ними. Миофибриллы становятся короче, и мышечное волокно сокращается и развивается мышечная сила. Источником энергии для мышечной деятельности служат реакции окисления субстратов клеточного дыхания, в ходе которых образуются макроэрги (АТФ). При гидролизе АТФ в ходе мышечного сокращения совершается механическая работа. Кроме макроэргов имеют значение и ионы кальция, являющиеся важнейшим компонентом электромеханического сопряжения, под которым понимают механизм преобразования потенциалов действия в акт сокращения. Миофибриллы начинают сокращаться при концентрации ионов кальция равной тогда, как в покое она равна 10^{-7} моль.

$$(0,2-1,5) \cdot 10^{-6} \text{ моль}$$

Одиночное мышечное волокно при сокращении развивает силу $2 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$. В мышцах человека содержится около 30 млн. волокон. Если бы они сократились одновременно в одном направлении, то создали колоссальное усилие $6 \cdot 10^4 \text{ Н}$. Сила мышцы \sim количеству волокон в ней. Поперечное сечение мышцы \sim числу волокон и по нему судят о ее силовых возможностях. Физиологическим поперечным сечением называют сумму поперечных сечений всех волокон, образующих данную мышцу. Если волокна идут параллельно продольной оси, геометрическое и физиологическое сечения совпадают, если волокна расположены косо, то физиологическое сечение меньше геометрического.

Отношение максимального веса груза, которое может поднять мышца, к ее физиологическому сечению называют абсолютной мышечной силой и выражают в единицах

$$\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$



Существует два режима работы мышц- изометрический (при постоянной длине мышцы) и изотонический (при постоянном напряжении или силе).

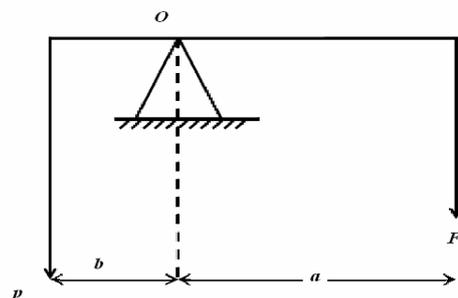
Желудочки миокарда в определенную фазу систолы (при закрытых клапанах) сокращаются в изометрическом режиме, а в другую (при открытых полудунных клапанах) - в изотоническом. Жевательные мышцы при сомкнутых челюстях развивают огромное напряжение именно потому, что им свойственен изометрический режим сокращения.

Опорно-двигательный аппарат состоит из сочлененных между собой костей скелета вместе с прикрепленными к ним мышцами. Сила тяги, возникающая при сокращении мышц, приводит в движение кости, которые действуют как рычаги с точками опоры в суставах.

Рычагом называется твердое тело, имеющее ось вращения. Он характеризуется моментом сил M .

$M = F \cdot l$ т.е. равен продвижению силы на плечо рычага.

Рычаги бывают двух родов. У рычага 1 рода силы направлены в одну сторону, точка опоры O находится между действующими силами. Примером является сочленение черепа с первым позвонком. Условием равновесия рычага является равенство



$$F \cdot a = P \cdot b$$

моментов сил: где F - сила тяги, P - сила тяжести головы.

У рычагов 2 рода силы направлены в противоположные стороны, а точка опоры расположена по одну сторону от точек приложения сил.

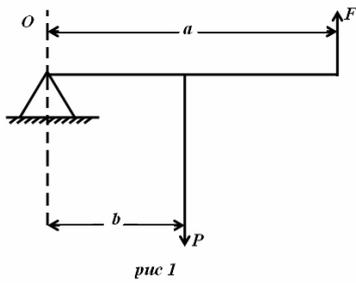


рис 1

На рис 1 показана сочленение, обеспечивающее подъем на пальцы стопы, называемое рычагом силы.

Правило моментов:

$$F \cdot a = P \cdot b$$

На рис 2 – рычаг скорости (кости предплечья).

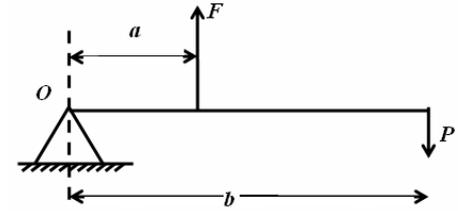
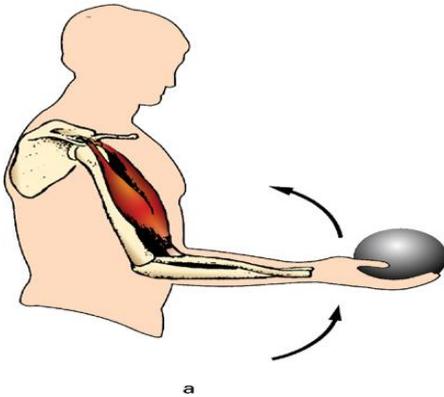
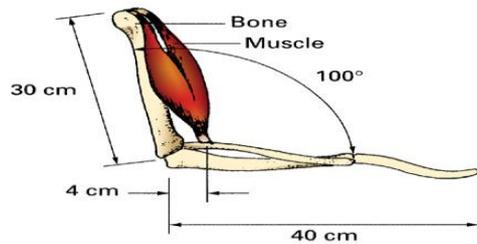


рис 2



a



b

Кости в опорно-двигательном аппарате соединяются между собой в суставах. Основным параметр механических свойств сустава- число степеней свободы, т.е. число осей, вокруг которых возможно взаимное вращение сочлененных костей. Различают суставы с одной, двумя и тремя степенями свободы. Например, локтевой сустав имеет 1 степень свободы, лучезапястный- 2, плечевой- 3. Число степеней свободы всей конечности, обладающей несколькими суставами больше, чем у каждого из них.

(Paul Davidovits "Physics in Biology and Medicine" 2013, стр. 7-11)

БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ
ИНСТИТУТ

КАФЕДРА БИОФИЗИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ

Лекция: № 2

“БИОРЕОЛОГИЯ”

Бухара – 2019

Лекционное занятие № 2

Тема: “БИОРЕОЛОГИЯ”

Технология обучения лекционного занятия

Время– 2 часа	Число студентов 15-40
Вид лекции	Информационно-визуальная
Структура учебного занятия	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Организационный ➤ Постановка темы и цели урока ➤ Изложение материала ➤ Укрепление материала ➤ Подведение итогов
<p>Цель: Дать понятие о реологии и гемодинамики. привить будущим специалистам прочных теоретических знаний, ознакомить терминологией, законами биомеханики жидкости.</p>	
<p>Задачи педагога:</p> <ul style="list-style-type: none"> -показать роль биофизики в медицине; -рассказать о важнейших свойствах жидкостей - дать реологические понятия -объяснить капиллярные явления -дать физические основы гемодинамики - сформировать основы теоретико-прикладного мышления 	<p>Результат обучения:</p> <ul style="list-style-type: none"> -узнают о вязкости жидкостей; -узнают о ламинарном и турбулентном течении; -ознакомятся с законами Ньютона и Пуазейля - узнают о реологических свойствах биологических жидкостей. - получают нужную информацию и изучает данный материал
Методика и техника обучения	Лекция, решение ситуационных задач, графический органайзер: кластер
Средство обучения	Проектор, графический органайзер
Вид обучения	Коллективное, индивидуальное
Условия обучения	Аудитория оснащенная проектором
<i>Мониторинг</i>	Устный контроль: ответы на вопросы

Технологическая карта лекционного занятия

	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
	Организационна	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к	Слушают, записывают

	<p>я часть 10 мин</p>	<p>уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план лекции. 1.3 Даёт ключевые слова 1.4. Объясняет мониторинг контроля освоения данной темы.</p>	<p>Уточняют, задают вопросы</p>
	<p>Определение исходных знаний по теме 5 мин.</p>	<p>организует беседу по технологии «Дискуссия» При этом задаёт вопросы</p> <ul style="list-style-type: none"> • Основные свойства материи • Какими свойствами обладают жидкости? 	<p>1. По теме вспоминает основные понятия. 2. Активно участвует при дискуссии</p>
	<p>Объяснение темы 60 мин.</p>	<p>Объясняет тему по плану:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Движение жидкости. 2. Вязкость или внутренние трение. 3. Закон Ньютона. Коэффициент вязкости и единицы измерения. 4. Зависимость коэффициента вязкости от температуры и концентрации. 5. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. 6. Закон Пуазейля. Формула Гагена-Пуазейля. Гидравлическое сопротивление. 7. Ламинарное и турбулентное течения. 8. Число Рейнольдса. Кинематическая вязкость. 9. Поверхностное натяжение. 10. Капиллярные явления. 11. Газовая эмболия. 12. Работа и мощность сердца. 	<p>Слушают Записывают</p>

Укрепление темы 10 мин.	- Систематизирует данный материал - уточняет основные моменты - отвечает на вопросы.	Задают вопросы
Домашнее задание 5 мин.	Задает домашнее задание и объявляет название следующей лекции	Записывает домашнее задание

План лекции:

1. Движение жидкости.
 2. Вязкость или внутреннее трение.
 3. Закон Ньютона. Коэффициент вязкости и единицы измерения.
 4. Зависимость коэффициента вязкости от температуры и концентрации.
 5. Ньютоновские и неньютоновские жидкости.
 6. Закон Пуазейля. Формула Гагена-Пуазейля.
- Гидравлическое сопротивление.
7. Ламинарное и турбулентное течения.
 8. Число Рейнольдса. Кинематическая вязкость.
 9. Поверхностное натяжение.
 10. Капиллярные явления.
 11. Газовая эмболия.
 12. Работа и мощность сердца.

Движение жидкости.

Изучение течения жидкостей связана с биологией и медициной. По факту, один из ведущих учёных в этой области, был Французский врач, Л.М.Пуазейл (1799-1869), чьи исследования были посвящены движению жидкостей. Его интерес, поток крови через тело. В этой главе мы кратко увидим обзор принципы движения потока жидкости, а затем изучим движение крови в кровеносной системе.

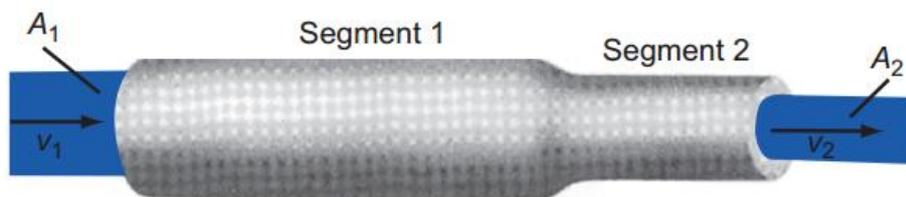
Уравнение Бернулли

Если потери на трении не пренебречь, поток несжимаемой жидкости характеризуется уравнением Бернулли, что дает соотношение между скоростью, и повышением давления в линии потока. Уравнение Бернулли утверждает, что в любой точке в канале протекающей жидкости имеет место соотношение:

$$P + \rho gh + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{Constant} \quad (8.1)$$

Здесь P давление в жидкости, h его высота, ρ плотность, v скорость в любой точке в проточном канале. Первый член в уравнении потенциальная энергия на единицу объема жидкости из-за давления в жидкости. (Обратите внимание, что блок для давления, которое дин / см², идентичен эрг / см³, Что энергия на единицу объема.) Второй член представляет собой гравитационный потенциал энергии на единицу объема, а третий является кинетическая энергия, приходящаяся на единицу объема. Уравнение Бернулли следует из закона сохранения энергии. Потому как три члена в уравнении представляют собой полную энергию в жидкости, в отсутствие трения их сумма не должна оставаться постоянной, независимо от того, как поток изменен.

Проиллюстрируем применение уравнения Бернулли с помощью простого примера. Рассматривают текучесть среды, протекающей по трубе, состоящей из двух сегментов с поперечным сечением зон A_1 и A_2 , соответственно (см.1). Объем протекающего в секунду мимо любой точки в трубе жидкости определяется произведением скорость жидкости и площади трубы, $A \times V$. Если жидкость несжимаема, в блоке



Как меняется скорость течения жидкости в сегментах 1 и 2? В нашем случае A_1 больше, чем A_2 мы приходим к выводу, что скорость жидкости в сегмент 2 больше, чем в сегменте 1.

уравнение Бернулли гласит, что сумма слагаемых в уравнении.

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad \text{or} \quad v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 \quad (8.2)$$

8.1at любой точки в потоке равна той же константой.

Поэтому соотношение между Параметры P , ρ , h , и кубовые пункты 1 и 2 где индексы обозначают параметры в двух точках в потоке.

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad (8.3)$$

Так как в нашем случае два сегмента находятся на одинаковой высоте ($h_1 = h_2$), уравнение 8.2 можно записать в виде

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 \quad (8.4)$$

Поскольку давление в сегменте 2,

Это соотношение показывает, что в то время как скорость потока в сегменте 2 увеличивается, давление в этом сегменте уменьшается.

$$P_2 = P_1 - \frac{1}{2}\rho v_1^2 \left[\left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 - 1 \right] \quad (8.5)$$

(Paul Davidovits “Physics in Biology and Medicine” 2013, стр. 95-96)

Жидкие среды составляют наибольшую часть организма, поэтому свойства жидкостей представляют особый интерес для биологии и медицины.

Реология- это раздел физики, изучающий течение жидкостей и необратимые остаточные деформации.

Биореология- раздел биофизики, изучающий течение биологических жидкостей (крови, синовиальной, плевральной и др. жидкостей), а также деформации клеток, мышц, костей и кровеносных сосудов человека и животных. Изучение реологических свойств различных тканей и органов лежит в основе таких диагностических методов как реогепатография, реокардиография, реопульмонография, реоэнцефалография и т.д.

Закон вязкости и Пуазейля

Важнейшим свойством жидкостей и газов, в том числе и биологических, является **вязкость**. Лабораторные измерения зависимости скорости течения крови *in vitro* от вязкости используются в диагностике заболеваний системы кровообращения.

Вязкостью или внутренним трением называют явление возникновения касательных сил трения между двумя слоями жидкости или газа, перемещающимися параллельно друг другу с различными по величине скоростями.

Причиной внутреннего трения является перенос молекулами **импульса** (или количества движения *mv*) из одного слоя жидкости в другой.

Вязкость обусловлена сцеплением между молекулами. Сила внутреннего трения выражается законом **Ньютона**:

$$(1), \quad F_{\text{в.тр.}} = \eta \frac{\Delta v}{x} \cdot S$$

где η - коэф. вязкости, $\Delta v/x$ - градиент скорости, S - площадь соприкосновения слоев. Из формулы (1) определим η :

$$(2). \quad \eta = \frac{F_{\text{в.тр.}}}{\Delta v/x \cdot S}$$

откуда определим единицы ее измерения

$$\eta \rightarrow \frac{H \cdot c}{m^2} = Pa \cdot c \quad (СИ) \quad \text{или} \quad \frac{dH \cdot c}{cm^2} = Пуаз \quad (СГС)$$

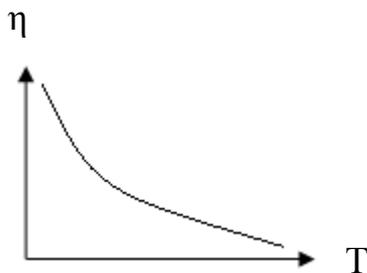
Градиентом скорости называют отношение изменения скорости между слоями Δv к расстоянию x между ними

Вязкость жидкостей с ростом t° экспоненциально уменьшается.
Согласно

закону Френкеля $\eta_T = A \cdot e^{\frac{W_a}{KT}}$ где η_T - вязкость при температуре T ,
 A - const, e - основание натуральных логарифмов, W_a - энергия активации,
 $K = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{Дж}{К}$ (постоянная Больцмана).

С ростом температуры расстояние между молекулами увеличивается и силы

График этой зависимости



сцепления уменьшаются, поэтому вязкость уменьшается. С ростом концентрации жидкости расстояние между молекулами уменьшается, а силы сцепления между ними возрастают, поэтому вязкость увеличивается.

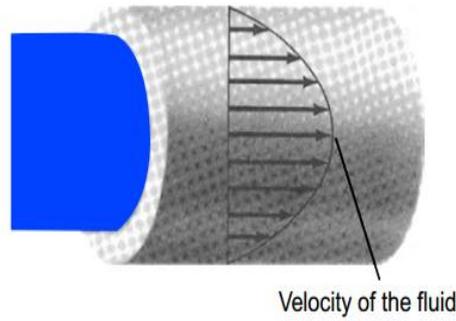
У большинства жидкостей коэффициент вязкости не зависит от градиента скорости, а зависит только от их природы и температуры. Такие жидкости (вода, истинные растворы и др.) называются **ньютоновскими**.

У некоторых жидкостей (растворы полимеров, дисперсных систем-сuspензии, эмульсии) вязкость зависит также от режима течения-давления и градиента скорости. Такие жидкости называются **неньютоновскими**. Строго говоря кровь с ее форменными элементами следует называть неньютоновской жидкостью, т.к. она есть суспензия клеток в плазме. Однако вязкость крови невелика, поэтому ее считают условно ньютоновской жидкостью.

В результате внутреннего трения трения, скорость текучей среды, протекающей через трубы варьируется в зависимости от размера трубы. Скорость является самой высокой в центре и уменьшается по краям.

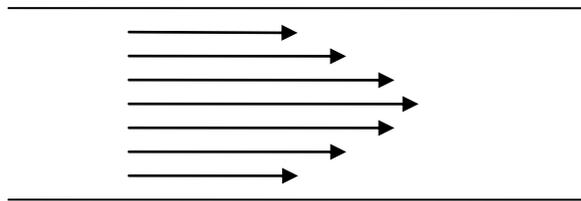
Сегмент 2 $A_2 v_2 v_1 A_1$

На рисунке

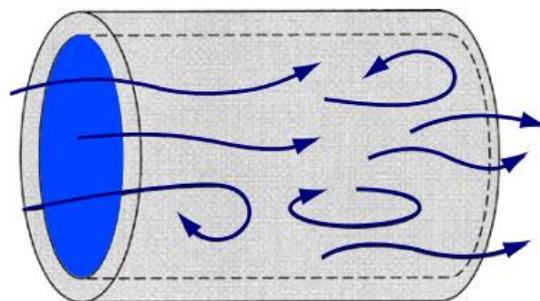


поток жидкости текущей через трубу с двумя сегментами разного размера.

Ламинарным течением жидкости называют слоистое течение, при котором слои движутся с различными скоростями, не перемешиваясь друг с другом.



Турбулентным течением называется течение, при котором слои перемешиваются между собой, что наблюдается при больших скоростях течения. Турбулентному течению присущ вихревой характер со звуковыми явлениями. Оно возникает в местах изменения просвета трубы, разветвлениях и шероховатостях стенок. В кровеносных сосудах, пораженных атеросклеротическими бляшками, возникают шероховатости внутренних эндотелиальных слоев, и ламинарный режим течения крови может перейти в турбулентный.



Для характеристики характера течения жидкости вводится безразмерная величина, называемая числом Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{v \cdot l}{\nu} = \frac{\rho v \cdot l}{\eta} \quad ,$$

где ρ - плотность, v -скорость течения, l -линейный размер или диаметр трубы, ν (ню) кинематическая вязкость.

Единицей измерения ν является м²/с (СИ) и см²/с=стокс (СГС)
 $1 \text{ Ст} = 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$. Число Рейнольдса, при котором ламинарный режим течения переходит в турбулентный, называется критическим. Для круглых гладких труб

$$Re = 2000 - 3000$$

$Re_{\text{крит}} \approx 2300$. Объем

откуда

$$V = \frac{4 \cdot V_{\text{сек}}}{\pi d^2} \quad , \text{ следовательно}$$

$$Re = \frac{v \cdot l}{\nu} = \frac{4 \cdot V_{\text{сек}} \cdot d}{\pi d^2 \cdot \nu} = \frac{4 \cdot V_{\text{сек}}}{\pi d \cdot \nu}$$

Если вязкость принимается во внимание, можно показать что скорость ламинарного потока текущей по цилиндрической трубки радиусом R и длиной L

определяется законом Пуазейля,

$$Q = \frac{\pi R^4 (P_1 - P_2)}{8\eta L} \text{ см}^3/\text{сек} \quad V_{\text{сек}} = S \cdot v = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v$$

Вязкость уменьшает среднюю скорость течения

где жидкости по трубе: $V = \frac{\Delta p}{l} \cdot \frac{r^2}{8\eta}$ (закон Пуазейля),

$\Delta p/l$ - grad p (градиент давления, r - радиус трубы)

Объем жидкости, протекающей через трубу за время Δt равен:

где S - площадь трубы или

$$V = S \cdot v \cdot \Delta t = \pi r^2 \cdot v \cdot \Delta t$$

$$V = \frac{\pi r^4}{8\eta l} \cdot \Delta p \cdot \Delta t$$

(формула Гагена-Пуазейля)

Величину $f = \frac{8\eta l}{\pi r^4}$

называют гидравлическим сопротивлением. Таким образом, объем жидкости, протекающей по трубе пропорционален четвертой степени радиуса трубы, времени и градиенту давления и обратно пропорционален коэффициенту вязкости.

где $P_1 - P_2$ разность давлений текучей среды на обоих концах цилиндра.
 η - коэффициент вязкости, измеряется в единицах $\text{дин} \cdot \text{Сек} / \text{см}^2$

Вязкости некоторых жидкостей приведены в таблицу 8.1. В общем, вязкость является функцией температуры и возрастает по мере охлаждения жидкости. Существует принципиальная разница между невязкой и вязкой жидкостью. Невязкая жидкость будет течь непрерывно без внешней силы, приложенной к нему. Этот факт следует из уравнения Бернулли, которое показывает, что если высота и скорость жидкости остается постоянной, нет никакого падения давления вдоль (8.6) $Q = \pi R^4 (P_1 - P_2) / 8\eta L$ см³/сек Скорость жидкости

РИСУНОК 2 ламинарного потока. Длина стрелок указывает величину скорости жидкости.

TABLE 8.1 Viscosities of Selected Fluids

Fluid	Temperature °C	Viscosity (poise)
Water	20	0.01
Glycerin	20	8.3
Mercury	20	0.0155
Air	20	0.00018
Blood	37	0.04

(“Physics in Biology and Medicine” 2013, стр. 96-98)

Вязкость цитоплазмы клеток определяется в пределах 2-50 мПа·с и зависит от периодов клеточного цикла. С увеличением температуры выше 40-50°C и уменьшением ниже 12-15 °C вязкость цитоплазмы увеличивается. Вязкость крови в норме у мужчин равна **4,3 - 5,3 Пуаз (0,43-0,53 Па · с)**

У женщин **3,9 - 4,9 Пуаз (0,39-0,49 Па · с)**

При патологии вязкость крови может как снижаться до 2-3 Пуаз, например, при анемии, так и повышаться до 15-20 Пуаз при полицитемии или тяжелых инфекционных болезнях. Вязкость сыворотки крови (плазмы) в норме – 1,64 – 1,69 П, при патологии пределы колебаний растут до 1,5 - 2,0

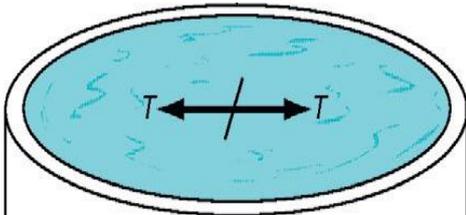
Поверхностное натяжение.

Молекулы поверхностного слоя жидкости стремятся втянуться внутрь объема жидкости и тем самым сокращают свободную ее поверхность. Поверхностный слой находится поэтому в напряженном

состоянии, что называется *поверхностным натяжением* и вызвано оно силами сцепления между молекулами этого слоя.

Коэффициент *поверхностного натяжения* численно равен силе *поверхностного натяжения*, действующей на единицу длины контура, ограничивающего поверхность, т.е.

$$\sigma = \frac{F}{l} \left[\frac{H}{M} \right] - \text{СИ} \quad \text{или} \quad \left[\frac{dH}{cm} \right] - \text{СГС}$$



С ростом температуры взаимодействие между молекулами ослабляется и расстояние между ними увеличивается, а силы сцепления ослабевают, поэтому δ уменьшается. Связь между δ и температурой вдали от критической температуры следующая:

$$\sigma_t = \sigma_0 \cdot (1 - \alpha t) \quad \text{При } t = t_{кр}. \sigma = 0. \text{ Поэтому}$$

$$\sigma = 0 \text{ при } t = \frac{1}{\alpha} \quad \text{Следовательно} \quad \frac{1}{\alpha} = t_{кр}$$

Можно переписать формулу и так:

$$\sigma_t = \sigma_0 \cdot \left(1 - \frac{t}{t_{кр}}\right)$$

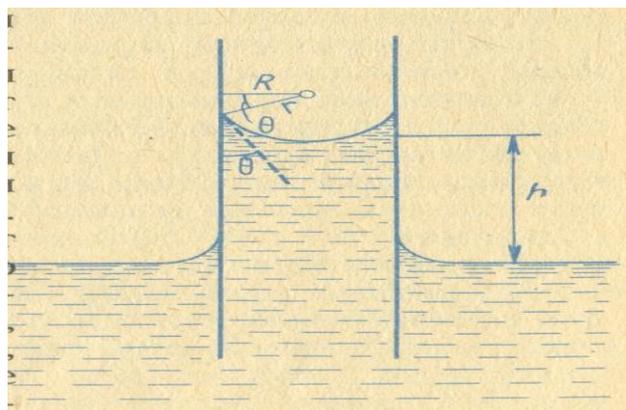
Капиллярность.

Явление поднятия или опускания уровня жидкости в узкой капиллярной трубке в связи с образованием мениска называется *капиллярным*. Свободная поверхность жидкости в узком капилляре является сферической (либо выпуклой, либо вогнутой). Капиллярные явления обусловлены *поверхностным натяжением*, благодаря чему давление под мениском отличается на величину Δp от внешнего давления p газа или пара над жидкостью. Это дополнительное давление Δp в зависимости от формы мениска может способствовать поднятию или опусканию уровня жидкости в капилляре. По формуле Лапласа:

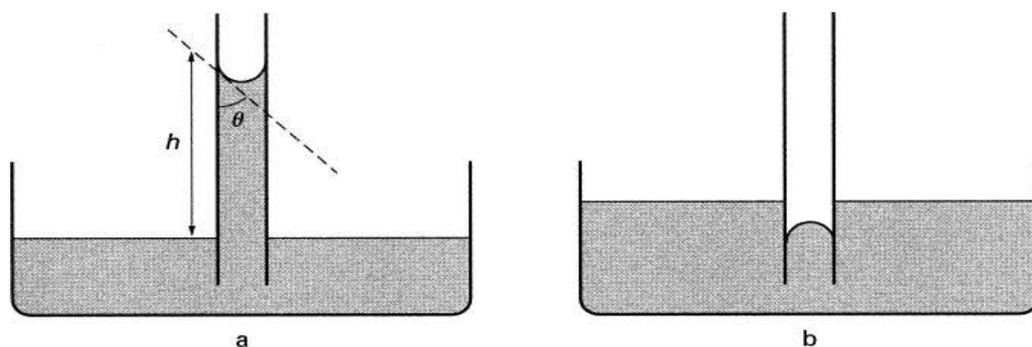
$$\Delta p = \pm \frac{2\sigma}{R} \quad , \text{ где } + \text{ соответствует выпуклому мениску или не смачиванию (жидкость опускается в трубке),}$$

- соответствует вогнутому мениску или смачиванию

(жидкость поднимается в капилляре) R – радиус кривизны мениска



Вогнутый и выпуклый мениски.

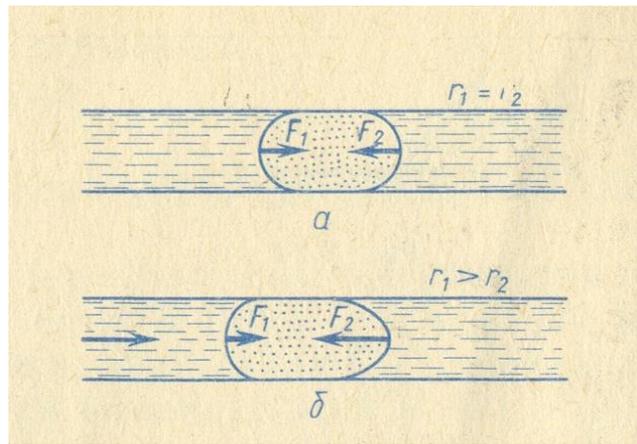


Смачиванием называется явление, при котором силы притяжения между молекулами жидкости и стенок капилляра **больше**, чем между молекулами самой жидкости. В обратном случае наблюдается **несмачивание**.

Угол между стенкой капилляра и касательной, проведенной к мениску в точке его пересечения со стенкой называется **краевым углом**. Для смачивающих жидкостей краевой угол острый, для несмачивающих- тупой.

Paul Davidovich "Physics in Biology and Medicine" 2013, стр. 83-85)

Пузырек воздуха при попадании в кровеносный сосуд небольшого диаметра вследствие того, что он ограничен с обеих сторон менисками, под которыми образуется дополнительное давление, может привести к закупорке сосуда. Это явление называют **воздушной эмболией**. Если пузырек газовый (например газообразного азота, образующегося в крови при быстром подъеме из глубины на поверхность), то эмболия называется **газовой**.



Циркуляция крови. Работа и мощность сердца.

Кровообращении циркуляция крови через тело часто сравнивают с водопроводным. Система с сердцем является насосом. При сокращении сердечной мышцы кровь выбрасывается из сердца в аорту и отходящие от нее артерии. Упругость стенок сосудов приводит к тому, что во время систолы кровь, выталкиваемая сердцем, растягивает аорту, артерии и артериолы. Кровь это не просто жидкость; она содержит клетки, которые усложняют поток, особенно когда проходы становятся узкими. Кроме того, вены и артерии не являются жесткими трубами, они упругие и изменяют свою форму. жидкость. Тем не менее, можно проанализировать кровеносную систему с разумными подходами (концепций), разработанных для простых жидкостей, протекающих в жестких трубах. Кровь в кровеносной системе приносит кислород, питательные вещества, а также различные другие жизненно важные вещества. Рисунок системы кровообращения человека

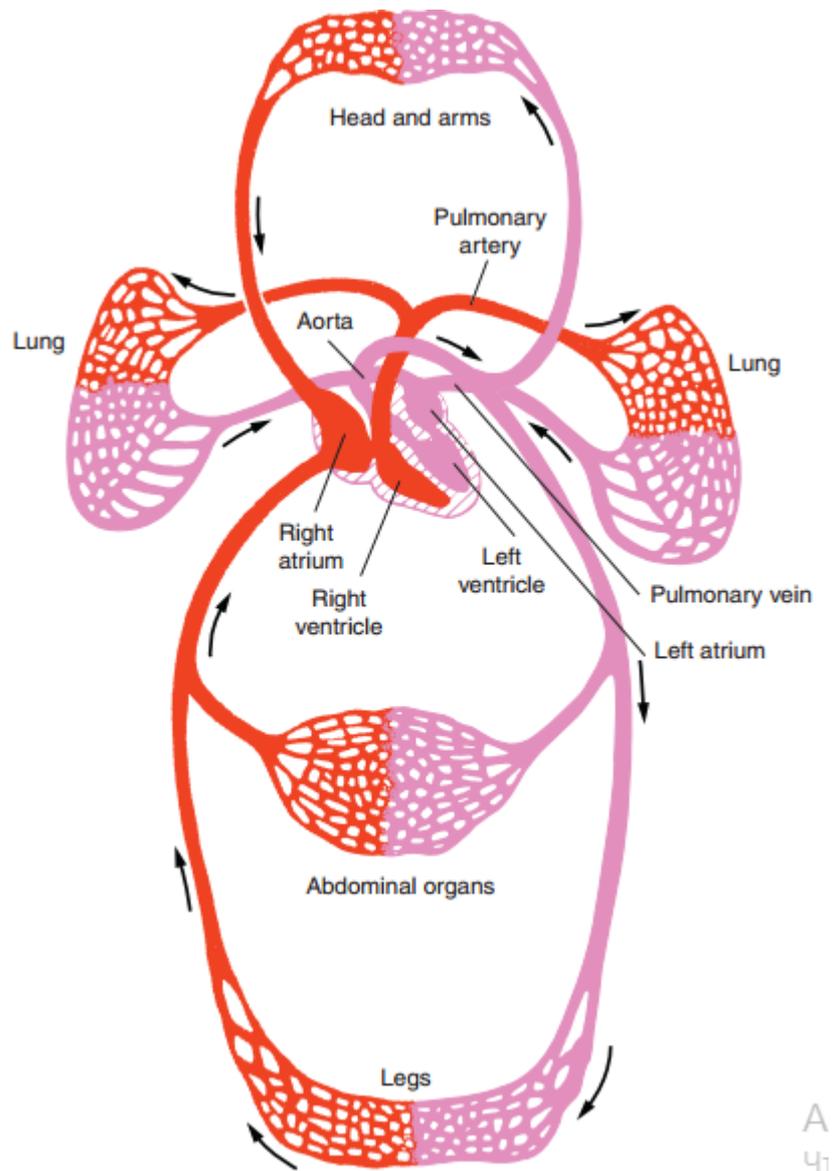


РИСУНОК Принципиальная электрическая схема, показывающая различные маршруты циркуляции.
(*Physics in Biology and Medicine* 2013, стр. 99)

Работа сердца A_c состоит из суммы работ левого и правого желудочков:
Работа левого желудочка затрачивается на преодоление сил давления и сообщение крови кинетической энергии, т.е.

$$A_l = p_{y0} + \frac{mv^2}{2} = p_{y0} + \rho_{y0} \frac{v^2}{2} = p_{y0} \left(p + \frac{\rho v^2}{2} \right)$$

$A_{np} = 0.2A_l$. Поэтому :

$$A_c = A_{np} + A_l = 0,2A_l + A_l = 1,2A_l = 1,2 p_{y0} \left(p + \frac{\rho v^2}{2} \right)$$

Мощность сердца, развиваемая за 1 систолу равна:

$$N = \frac{A_c}{t_{cис}} = \frac{1 Дж}{0,3 сек} \approx 3,3 \text{ Вт}$$

С позиций механики сердце является многокамерным насосом, нагнетающим кровь в большой (левый желудочек) и малый (правый желудочек) круги кровообращения. Насосы соединены последовательно, поскольку выход одного (ЛЖ-БК-ПП) является входом другого (ПЖ-МК-ЛП)

Лекционное занятие №3

Тема: “БИОЭНЕРГЕТИКА”

Технология обучения лекционного занятия

Время– 2 часа	Число студентов 15-40
Вид лекции	Информационно-визуальная
Структура учебного занятия	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Организационный ➤ Постановка темы и цели урока ➤ Изложение материала ➤ Укрепление материала ➤ Подведение итогов
Цель: Дать понятие о термодинамики, ознакомить студентов с законами термодинамики; привить будущим специалистам прочных теоретических знаний.	
Задачи педагога: - - сформировать основы теоретико-прикладного мышления	Результат обучения: -узнают о звуке ; -узнают о ламинарном и турбулентном течении; -ознакомятся с законами Ньютона и Пуазейля - узнают о реологических свойствах биологических жидкостей. - получают нужную информацию и изучает данный материал
Методика и техника обучения	Лекция, решение ситуационных задач, графический органайзер: кластер
Средство обучения	Проектор, графический органайзер
Вид обучения	Коллективное, индивидуальное
Условия обучения	Аудитория оснащенная проектором
<i>Мониторинг</i>	Устный контроль: ответы на вопросы

Технологическая карта лекционного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организац ионная часть 10 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план лекции. 1.3 Даёт ключевые слова 1.4. Объясняет мониторинг	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы

		контроля освоения данной темы.	
2.	Определение исходных знаний по теме 5 мин.	организует беседу по технологии «Дискуссия» При этом задаёт вопросы <ul style="list-style-type: none"> • Основные параметры термодинамических систем. • Знаете ли Вы 1-е начало термодинамики? 	1. По теме вспоминает основные понятия. 2. Активно участвует при дискуссии
3.	Объяснение темы 60 мин.	Объясняет тему по плану: <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные определения. 2. 1-е начало термодинамики. 3. Применение 1-го начала термодинамики к газовым процессам 4. 1-го начала термодинамики и живой организм. 5. 2-е начало термодинамики. 6. Свободная и связанная энергии. 7. Энтропия. Формула Больцмана. 8. 2-е начало и живые организмы. 9. Энерготраты организма. Основной обмен. 	Слушают Записывают
4.	Укрепление темы 10 мин.	- Систематизирует данный материал - уточняет основные моменты - отвечает на вопросы .	Задают вопросы
5.	Домашнее задание 5 мин.	Задаёт домашнее задание и объявляет название следующей лекции	Записывает домашнее задание

План лекции.

- 1.. Основные определения.
2. 1-е начало термодинамики.
3. Применение 1-го начала термодинамики к газовым процессам
4. 1-го начала термодинамики и живой организм.
5. 2-е начало термодинамики.
6. Свободная и связанная энергии.
7. Энтропия. Формула Больцмана.
8. 2-е начало и живые организмы.
9. Энерготраты организма. Основной обмен.

Термодинамика - исследование отношений между высокой температурой, работой и связанной энергией. После многих десятилетий опыта с тепловыми явлениями ученые сформулировали два фундаментальных закона как основа термодинамики.

Биоэнергетика занимается изучением процессов обеспечения организма за счет внешних энергетических ресурсов. Изучение этих механизмов на молекулярном и субмолекулярном уровнях составляет сущность молекулярной и квантовой биофизики, если же на микроскопическом уровне то биологической термодинамики

***Биотермодинамика-** это раздел биофизики, устанавливающий количественные закономерности взаимопревращения между теплотой и другими формами энергии в биосистемах в различных явлениях.*

***Термодинамическая система-** это тело или группа тел, в которой процессы сопровождаются как переходом теплоты в другие виды энергии, так и обратным процессом.*

*Термодинамическая система называется **изолированной**, если отсутствует обмен между нею и внешней средой как веществом, так и энергией.*

*Система называется **изолированной** в тепловом отношении (или адиабатически изолированной), если между нею и внешней средой отсутствует теплообмен.*

Если имеется только обмен энергией, то система называется замкнутой.

Если между средой и системой имеется обмен и веществом и энергией, то система называется открытой.

Первый Закон Термодинамики заявляет, что энергия, которая включает высокую температуру, сохранена; то есть, одна форма энергии может быть преобразована в другого, но энергия не может ни быть создана, ни

разрушена. Это подразумевает, что общая сумма энергии во вселенной - константа I , которая второй закон, более сложный, чем first, может быть заявлен многими способами, которые, хотя они появляются different, как могут показывать, эквивалентны. Возможно, самое простое состояние - tent Второго Закона Термодинамики - то, что непосредственное изменение в природе происходит от состояния порядка к состоянию беспорядка.

Первый закон термодинамики

Один из первых кто заявил закон энергосбережения был немецкий врач Роберт Майер (1814-1878). В 1840 Майер был врачом на шхуне Ява, которая приплыла в Ост-Индию. В то время как на борту судна, он читал трактат французским ученым Лораном Лавуазье, в котором Лавуазье предположил, что высокая температура, произведенная животными, происходит из-за медленного сгорания еды в их телах. Лавуазье далее отметил, что меньше еды сожжено телом в горячей окружающей среде, чем в холодной.

It был показан теорией относительности, что закон о сохранении должен включать вопрос, который конвертируем в энергию.

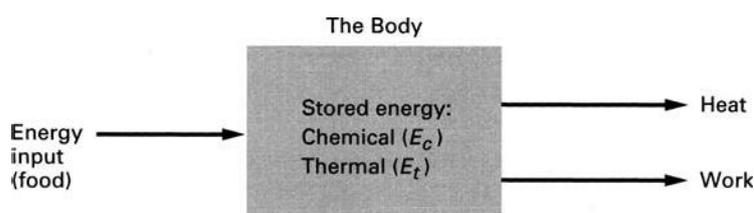


РИСУНОК «энергетика тела».

Когда судно достигло тропиков, многие его члены команды стали больными с лихорадкой. Применяя обычное лекарство от лихорадки, Майер отобрал у своих пациентов. Он заметил, что венозная кровь, которая обычно темно-красная, была почти столь же красной как артериальная кровь. Он считал это verification предложения Лавуазье. Поскольку в тропиках меньше топлива сожжено в теле, содержание кислорода продажной крови высоко, давая ему более яркий цвет. Майер тогда пошел вне теории Лавуазье и предположил, что в теле есть точный баланс

энергии (который он назвал силой). Энергия, выпущенная едой, уравновешена потерянным теплом тела и работой, сделанной телом. Майер написал в статье, опубликованной в 1842, “Однажды существующая сила [энергия] не может быть уничтожена - это может только изменить свою форму”.

Значительно больше доказательств должно было быть представлено, прежде чем сохранение энергии было принято как закон, но интересно, что такой *fundamental* физический закон был сначала, предложенным от наблюдения за человеческой физиологией.

Сохранение энергии неявно во всех наших вычислениях энергетического баланса в живущих системах. Рассмотрим, например, энергетику для функционирования животного. Тело животного содержит внутреннюю тепловую энергию U , который является продуктом массы и высокой температуры *specific* и химического энергетического ES , сохраненного в ткани тела. С точки зрения энергии действия животного состоят из простой еды, работы и отклонения избыточной высокой температуры посредством различных механизмов охлаждения (радиация, конвекция, и т.д.). Не входя в подробные вычисления, *first* закон позволяет нам делать некоторые выводы об энергетике животного. Например, если внутренняя температура и вес животного должны остаться постоянными (т.е., ES и U постоянный), за установленный срок времени, потребление калорий должно быть точно равно сумме сделанной работы и высокая температура, потерянная телом.

Формулировка 1-го начала: Все количество теплоты, переданное системе, расходуется на изменение внутренней энергии системы и на совершение системой работы

$$Q = \Delta U + A \quad (1)$$

(Paul Davidovits “Physics in Biology and Medicine” 2013, стр. 126-127)

В дифференциальной форме (1) записывается так:

$$dQ = dU + dA \quad (2)$$

Если система периодически возвращается в исходное состояние, то $\Delta U = 0$ и тогда из (1) $\rightarrow Q = A$, что означает: нельзя создать машину, совершающую работу больше получаемой энергии, т.е. нельзя создать вечный двигатель 1-го рода.

Для газов элементарная работа $dA = pdV$, где p - давление, dV - элемент объема. Полная работа A равна определенному интегралу от pdV , т.е.

$$A = \int_1^2 p dV$$

Для изобарического процесса ($p=\text{const}$) все подводимое к системе тепло частично идет на увеличение ее внутренней энергии, частично - на совершение работы расширения газа, т.е.

$$dQ = dU + pdV$$

Для изохорического процесса $V=\text{const}$, поэтому $dV=0$ и

$dA = p \cdot 0 = 0$, т.е. при изохорическом процессе газ не совершает механической работы и все подводимое тепло идет на увеличение его внутренней энергии. В этом случае 1-е начало записывается так:

$$dQ = dU$$

Для изотермического процесса $T=\text{const}$, следовательно $U=\text{const}$, а $dU=0$. Подводимое к газу тепло целиком превращается в работу расширения:

$$dQ = dA$$

Для адиабатического процесса $Q=\text{const}$ и значит $dQ=0$.

Тогда из (1) $\rightarrow dA = -dU$ (а) или $-dA = dU$ (б). Выражение (а) означает: внутренняя энергия уменьшается, газ охлаждается и работа при адиабатическом расширении совершается за счет внутренней энергии. Выражение (б) означает: при адиабатическом сжатии внутренняя энергия увеличивается, газ нагревается за счет работы, совершаемой внешними силами (работа газа отрицательна. Уравнение адиабаты: (уравнение Пуассона) $pV^\varphi = \text{const}$

где $\varphi = C_p/C_v$

1-е начало применительно к организму:

Энергия химических связей пищевых продуктов, выделившаяся в организме при усвоении пищи, расходуется на компенсацию потерь теплоты в окружающую среду ΣQ_i

и ΣA_j на совершение работы при $\Delta U=0$

Теплопотери организма связаны с поддержанием постоянной температуры тела и различных форм работы, совершаемой человеком.

Второй закон термодинамики

Есть много вообразимых явлений, которые не запрещены Первым Законом Термодинамики, но все еще не происходят. Например, когда объект падает со стола на землю, ее потенциальная энергия, преобразовывается в кинетическую энергию; тогда, поскольку объект

останавливается на земле, кинетическая энергия преобразована в теплоту. Первый Закон Термодинамики не запрещает обратный процесс, посредством чего высокая температура от пола передалась бы в объект и была бы преобразована в кинетическую энергию, вызвав объект подскочить назад на стол. Все же это событие не имеет места. Опыт показал, что определенные типы событий необратимы. Сломанные объекты не исправляются само собой. Пролитая вода не возвращается назад в руки, в контейнер. Необратимость этих типов событий глубоко связана с вероятностным поведением систем, состоявших из многочисленного числа подсистем.

Одно из определений Второго закона термодинамики - направление непосредственного изменения в системе от расположения меньшей вероятности к расположению большей вероятности; то есть, от порядка к беспорядку. Это заявление, может казаться, так очевидно, что тривиально, но, как только универсальная применимость второго закона признана, его значения, как замечается, огромны. Мы можем вывести из второго закона ограничения на информационную передачу, значение последовательности времени, и даже судьбу вселенной. Эти предметы, однако, выходят за рамки нашего обсуждения.

Одно важное значение второго закона - ограничение на довод «против» - версия высокой температуры и внутренней энергии работать. Это ограничение может быть понято, исследовав зависимость между теплотой и другими формами энергии.

(Paul Davidovits "Physics in Biology and Medicine" 2013, стр. 127-128)

Второе начало термодинамики: Невозможен механизм, который все получаемое от нагревателя количество теплоты, целиком передавал бы в работу, т.к. часть этого количества теплоты рассеивается в окружающую среду, т.е. считается потерянной для человека. Математическая форма записи:

$$A=Q_1-Q_2$$

где Q_1 - теплота, полученная от нагревателя, Q_2 - теплота, рассеянная в окружающую среду.

Воображаемый механизм, преобразующий в работу все количество теплоты, называется вечным двигателем 2-го рода. Поэтому вторая формулировка 2-го начала звучит так: **Вечный двигатель 2-го рода невозможен.** Для характеристики обесцененности теплоты введем понятие энтропии: Энтропия- это физическая величина, характеризующая связанной энергией системы, приходящейся на единицу абсолютной температуры:

$dS \geq \frac{dW_{cs}}{T}$ где знак равенства относится к обратимым, а неравенства - к необратимым (реальным) процессам.

Формулировка 2-го начала:

Все реальные процессы превращения энергии в замкнутых системах протекают так, что общая энтропия системы увеличивается, т.е. $dS > 0$. В реальном процессе теплота всегда переходит от более нагретого к менее нагретому телу.

Связанная энергия - это часть внутренней энергии системы, которая не может быть преобразована в работу.

Свободная энергия - это часть внутренней энергии системы, которая может быть преобразована в работу.

Практическая ценность энергии тем выше, чем большую часть этой энергии можно преобразовать в работу, т.е. чем меньше доля связанной энергии, мерой которой служит энтропия. Следовательно, чем ниже энтропия системы, тем выше ценность свойственной ей внутренней энергии.

Формула Больцмана: $S = K \cdot \ln P_{m.o.}$, где K - пост. Больцмана, а $P_{m.o.}$ - термодинамическая вероятность, которая характеризует беспорядок системы.

2-е начало для организма, т.е. для открытых систем: для открытых систем $S = \text{const}$, а $dS = 0$, поскольку есть обмен веществ. Если лишить организм воды, пищи, кислорода, то система становится изолированной, энтропия возрастает и наступает смерть, т.е. резко возрастает неупорядоченность системы.

Энтропия любого организма не возрастает, а остаётся постоянной за счет неравновесных процессов, связанных с обменом веществ. Неживые системы → к состоянию равновесия, что сопровождается увеличением энтропии.

2-е начало справедливо только для изолированных систем. Живой организм - это открытая система, которая в результате размножения, самовоспроизведения, создает упорядоченную систему из неупорядоченной. Иначе говоря, организм в своем развитии за счет обмена веществ создает из менее упорядоченной более упорядоченную систему.

Теорема Пригожина: В стационарном состоянии при фиксированных внешних параметрах скорость продукции энтропии в системе постоянна во времени и минимальна по величине, т.е.

$$\frac{d_i S}{dt} \rightarrow \min$$

Термодинамический критерий стационарного состояния организма: Продукция энтропии организмом равна потоку энтропии из организма в окружающую среду при $U=const$, т.е.

$$\frac{d_i S}{dt} = - \frac{d_e S}{dt}$$

где i - *internus*, e – *externus*

Теплота и жизнь

Степень теплоты или температура, является одним из самыми важными факторами окружающей среды, в функционировании живых организмов. Темпы метаболических процессов, необходимых для жизни, таких как клеточное деление и ферментативные реакции, зависят от температуры. Обычно нормы увеличиваются с температурой.

Поскольку жидкая вода - важная составляющая живых организмов, поскольку мы знаем их, метаболическая функция процессов только в пределах относительно узкого предела температур, от приблизительно 2°C к 120°C. Только самые простые из живых организмов могут функционировать около крайностей этого диапазона 1, Крупномасштабные системы проживания ограничены намного более узким диапазоном температур.

Функционирование большинства живых систем, растений и животных, сильно ограничено сезонными изменениями в температуре. Жизненные процессы у рептилий, например, замедляются в холодной погоде, где они по существу прекращают функционировать. В жаркие солнечные дни эти животные должны находить тенистый приют, чтобы снизить температуру тела.

Для данного животного обычно есть оптимальный уровень для различных метаболических процессов. Теплокровные животные (млекопитающие и птицы) развили методы для поддержания их внутренних температур тела в почти постоянном градусе. В результате теплокровные животные в состоянии функционировать на оптимальном уровне по широкому диапазону внешних температур. Хотя эта температура регулирование требует дополнительных расходов энергии, достигнутая адаптируемость оправдывает эти расходы.

ТАБЛИЦА 1 Скорости метаболизма для некоторых действий

Деятельность	Скорость метаболизма (Cal/m ² -hr)
Сон	35
Во время пробуждения (утром)	40
В положении сидя	50
В положении стоя	60
Ходьба (3 мили в час)	140
Легкая физическая работа	150
Велосипедный спорт	250
Управление	600
Дрожание	250

В этой главе мы исследуем потребление энергии, нагревание теплом и температурный контроль у животных. Хотя большинство наших примеров будут специфичны людям, принципы вообще применимы ко всем животным.

Энергетическая потребность людей

Всем живым системам нужна энергия функционировать. У животных эта энергия используется, чтобы распространить кровь, получить кислород, для обновления клеток, и так далее. В результате даже при полном отдыхе в комфортных условиях, тело требует энергии чтобы поддержать его жизненные функции. Например, человек, весящий 70 кг, лежащий спокойно не спящий, потребляет приблизительно 70 кал/ч (1 кал = 4,18 Дж; 1 000 кал = 1 ккал; 1 ккал/ч = 1,16 Вт). Конечно, энергетические расходы увеличиваются с деятельностью.

Сумма энергии, расходуемой человеком, зависит от веса человека, и роста. Было найдено, однако, что сумма энергии, расходуемой человеком во время данной деятельности, разделенной на площадь поверхности тела человека, является приблизительно тем же самым для большинства людей.

Поэтому, энергия, расходуемая для различных действий, обычно указывается в кал/м²-час. Этот уровень известен как скорость метаболизма. Скорости метаболизма для некоторой деятельности человека показывают в Таблице 1. Чтобы получить потребление полной энергии в час, мы умножаем скорость метаболизма на площадь поверхности человека. Следующая эмпирическая формула приводит к хорошей оценке для площади поверхности.

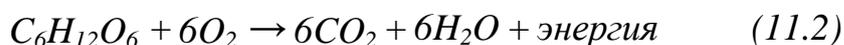
$$\text{Площадь (м}^2\text{)} = 0,202 \times W^{0.425} \times H^{0.725} \quad (1)$$

Здесь W - вес человека в килограммах, и H - высота человека в метрах.

Площадь поверхности 70-килограммового человека высотой 1,55 м является приблизительно 1,70 м². Его скорость метаболизма в покое - поэтому $(40 \text{ кал/м}^2\text{-ч}) \times 1.70 \text{ м}^2 = 68 \text{ кал/час}$ или приблизительно 70 кал/час, как заявлено в нашем более раннем примере. Эта скорость метаболизма в покое названный интенсивностью метаболизма.

Энергия от еды

Химическая энергия, используемая животными, получена из окисления продовольственных молекул. Молекула сахара глюкозы, например, окислена следующим образом:



Для каждого полученного грамма глюкозы, 3,81 кал энергии выпущены для метаболического использования.

Калорийность за вес единицы отличаются для различных продуктов. Мера - показывает, что в среднем углеводы (сахар и крахмалы) и про - оловянные амальгамы обеспечивают приблизительно 4 кал/г; липиды (жиры) производят 9 кал/г, и окисление алкоголь производит 7 Cal/g.2

Окисление еды, которая выпускает энергию, не происходит спонтанно при нормальных экологических температурах. Для окисления, чтобы продолжиться в температуре тела, катализатор должен способствовать реакции.

В процессе получения энергии от еды всегда потребляется кислород. Было найдено, что, независимый от типа используемой еды, 4,83 кал энергии произведены для каждого литра потребляемого кислорода. Зная эти отношения, можно измерить с относительно простыми методами скорость метаболизма для различных действий.

Ежедневные продовольственные требования человека зависят от его или ее действий. Типовой график и связанные метаболические энергетические расходы за квадратный метр показывается в Таблице 2. Принятие, как прежде, что площадь поверхности

человек, действия которого показывают в Таблице 11.2, является $1,7 \text{ m}^2$, его/ее общим количеством энергетические расходы составляют 3 940 кал/день. Если бы человек потратил половину дня, спя и половины дня, отдохнув в постели, то ежедневные энергетические расходы составили бы только 1 530 кал.

Для большинства людей энергетические расходы уравновешены рационом питания. Например, ежедневные энергетические потребности человека, действия которого показывают

Высокая калорийность алкоголя представляет проблему для людей, которые пьют запоем. Тело использует полностью энергию, выпущенную окислением алкоголя. Поэтому, люди, которые получают часть метаболической энергии из этого источника, уменьшают свое потребление обычных продуктов. В отличие от других продуктов, однако, алкоголь не содержит витамины, полезные и другие вещества, необходимые для надлежащего функционирования. В результате хронические алкоголики часто страдают от болезней вызваны пищевой недостаточностью.

ТАБЛИЦА 2 *Метаболические энергетические расходы одного дня*

Деятельность	Энергетические расходы (Cal/m²)
Сон с 8 часами (35 Cal/m ² -hr)	280
Умеренный физический труд с 8 часами (150 Cal/m ² -hr)	1200
Чтение с 4 часами, написание, телевизионное наблюдение (60 Cal/m ² -hr)	240
1 час тяжелое упражнение (300 Cal/m ² -hr)	300
Одежда с 3 часами, питаясь (100 Cal/m ² -hr)	300
Общие расходы	2320

Если избыток определенных веществ, таких как вода и соль, тело в состоянии устранить его. У тела нет механизма, однако, для устранения потребленной избыточной калории. В течение времени избыточная энергия используется телом, чтобы произвести дополнительную ткань. Если потребление избыточной еды происходит одновременно с тяжелым упражнением, энергия может быть используется, чтобы увеличить вес мышц. Чаще всего, однако, избыточная энергия сохранена в жировой ткани, которая произведена телом. С другой стороны, если потребление калорий ниже, чем требование, тело потребляет свое собственное - чтобы восполнить дефицит. В то время как поставка длится, тело сначала использует свой сохраненный жир. Для каждых 9 кал дефицитных энергии, используется приблизительно 1 г жира. При серьезном голодании,

когда жир израсходован, тело начинает потреблять свой собственный белок. Каждый грамм потребляемого белка приводит приблизительно к 4 ккал. Потребление белка тела приводит к ухудшению функций тела, конечно. Относительно простое вычисление показывает, что средний здоровый человек может выжить без еды, но с соответствующей водой приблизительно до 50 дней. Люди с лишним весом могут добиться большего успеха, конечно. “Книга Гиннеса Мировых рекордов” заявляет, что Ангус Барбьери Шотландии постился с июня 1965, до июля 1966, потребляя только чай, кофе и воду. Во время этого периода его вес уменьшился с 472 фунтов до 178 фунтов.

Для женщины энергетические требования увеличиваются несколько во время беременности из-за роста и метаболизма зародыша.

Теплопотери в условиях умеренного климата составляют примерно 1700 ккал в сутки, что распределяется следующим образом:

1. Теплопроводность и конвекция - 20% (340 ккал)
2. Излучение - 50% (850 ккал)
3. Испарение - 30% (510 ккал)

Если прибавить 600-800 ккал, эквивалентных совершаемой организмом механической работе (для лиц умственного труда), то получится суточный расход: $1700 + (600 \sim 800) = 2300 \sim 2500$ ккал.

Энерготраты организма - это полное количество тепла, отдаваемое организмом окружающей среде. Энерготраты меняются в зависимости от условий и характера деятельности человека, т.е. от интенсивности его мышечной работы.

Энерготраты бодрствующего организма в условиях исключения действия на него факторов внешней среды, т.е. в состоянии покоя, называются основным обменом. Таким образом, основной обмен - это минимальные энерготраты организма (в нашем примере 1700 ккал в сутки)

У женщин основной обмен на **7-10%** ниже, чем у мужчин вследствие относительно слабого развития мускулатуры. У мускулистых людей основной обмен выше, чем у тучных при одной и той же массе тела. С возрастом величина основного обмена снижается. У здоровых людей колебания величины основного обмена не превосходят **5-7%**. Большие колебания указывают на патологию организма. При тяжелых физических нагрузках энерготраты могут более чем в **15 раз** превосходить величину основного обмена.

Лекционное занятие №4

Тема: “БИОАКУСТИКА”

Технология обучения лекционного занятия

Время– 2 часа	Число студентов 15-40
Вид лекции	Информационно-визуальная
Структура учебного занятия	<ul style="list-style-type: none">➤ Организационный➤ Постановка темы и цели урока➤ Изложение материала➤ Укрепление материала➤ Подведение итогов
Цель: Дать понятие о звуке, ознакомить студентов с звуковыми методами исследования в клинике, привить будущим специалистам прочных теоретических знаний.	
Задачи педагога: -объяснить что такое звук; - дать частотный диапазон звуковых колебаний; -объяснить физические и психофизические характеристики звука; -ознакомит со звуковыми методами исследования в клинике; - сформировать основы теоретико-прикладного мышления	Результат обучения: -узнают о звуке ; -ознакомятся с характеристиками звука; - узнают о звуковых методах исследования; - получают нужную информацию и изучает данный материал
Методика и техника обучения	Лекция, решение ситуационных задач, графический органайзер: кластер
Средство обучения	Проектор, графический органайзер
Вид обучения	Коллективное, индивидуальное
Условия обучения	Аудитория оснащенная проектором
<i>Мониторинг</i>	Устный контроль: ответы на вопросы

Технологическая карта лекционного занятия

№	Этап урока ка время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа- ционная часть 10 мин	1.1. Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план лекции. 1.3. Даёт ключевые слова 1.4. Объясняет мониторинг контроля освоения данной темы.	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние ис- ходных знаний по теме 5 мин.	организует беседу по технологии «Дискуссия» При этом задаёт вопросы <ul style="list-style-type: none"> • Что такое колебание? • Что такое звук? • Какие частоты воспринимает человеческое ухо? 	1. По теме вспоминает основные понятия. 2. Активно участвует при дискуссии
3.	Объясне- ние темы 60 мин.	Объясняет тему по плану: <ol style="list-style-type: none"> 1. Звук. Основные характеристики звука. 2. Интенсивность и громкость звука. Закон Вебера-Фехнера 3. Звуковые методы исследования в клинике. 4. Ультразвук и инфразвук, использование их в медицине и биологии. 5. Вибрации и их действие на организм 6. Эффект Доплера 7. Орган слуха. Слуховой аппарат. 	Слушают Записывают

4.	Укрепление темы 10 мин.	- Систематизирует данный материал - уточняет основные моменты - отвечает на вопросы .	Задают вопросы
5.	Домашнее задание 5 мин.	Задает домашнее задание и объявляет название следующей лекции	Записывает домашнее задание

План лекции:

1. Волны. Звук. Основные характеристики звука.
2. Интенсивность и громкость звука. Закон Вебера-Фехнера
3. Звуковые методы исследования в клинике.
4. Ультразвук и инфразвук, использование их в медицине и биологии.
5. Вибрации и их действие на организм
6. Эффект Доплера
7. Орган слуха. Слуховой аппарат.
8. Пьезоэффект костной ткани

Волны и звук

Большая часть информации о нашем физическом окружении приходит к нам через наши чувства слуха и зрения. В обоих случаях мы получаем информацию об объектах, без физического контакта с ними. Информация передается нам в первом случае, с помощью звука, во втором случае под действием света. Хотя звук и свет очень разные явления, они оба волны. Волна может быть определена как возмущение, которое переносит энергию из одного места в другое без переноса массы. Энергия, переносимая волнами стимулирует наши сенсорные механизмы. В этой главе мы сначала кратко объясним природу звука, а затем рассмотрим некоторые общие свойства волнового движения, применимые как к звуку и свету. С помощью этого фона мы рассмотрим процесс слушания и некоторые другие биологические аспекты звука.

СВОЙСТВА ЗВУКА

Звук представляет собой механическую волну производимой вибрирующим телом. Например, когда объект, такой как камертон или голосовые связки

человека устанавливается в колебательное движение, окружающие молекулы воздуха встревожены и вынуждены следовать за движением колеблющегося тела. Вибрирующие молекулы в свою очередь, передают их движение соседним молекулам, вызывая колебательное возмущение распространяющееся от источника. Когда колебания воздуха достигают уха, они вызывают у барабанной перепонки вибрации; это вызывает нервные импульсы, которые интерпретируются мозгом.

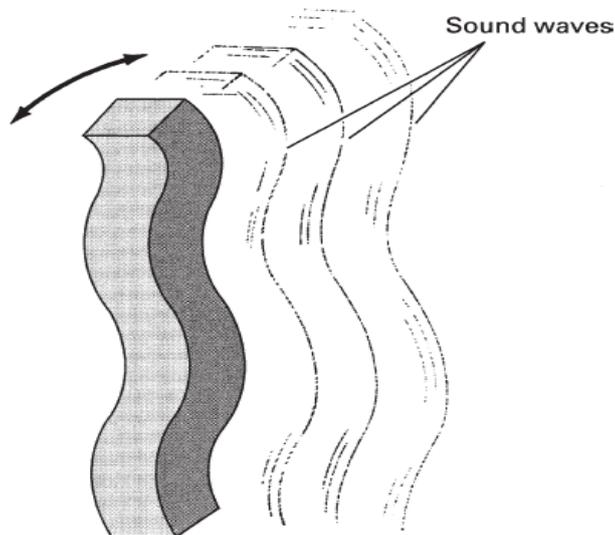
Всю информацию, передает звук в некоторой степени, но материальная среда, необходима между источником и приемником для распространения звука. Об этом свидетельствует хорошо известный эксперимент колокола в банке. Когда колокол в движении, его звук отчетливо слышен. Поскольку воздух откачивают из банки, звук колокола уменьшается и, наконец, колокол становится неслышным.

Распространяющиеся возмущения в звукопроводящей среде в виде чередующихся сжатий и разрежений среды, которые первоначально вызваны вибрацией источника звука. Эти сжатия и разрежения просто отклонения в плотности среды от среднего значения. В газе, вариации плотности эквивалентны изменениям давления.

Есть две важные характеристики звука: интенсивность, которая определяется величиной сжатия и разрежения в среде, в которой распространяется звук и частота, которая определяется как частые сжатия и разрежения. Частота измеряется в циклах в секунду, которая обозначается единичным герц в честь ученого Генриха Герца. Единица измерения для данной величины- Гц. (1 Гц = 1 цикл в секунду.)

Колебательное движение объектов может быть весьма сложным (см. 1.1), в результате чего звук имеет сложный состав. Тем не менее, полезно проанализировать свойства звука с точки зрения простых синусоидальных колебаний, таких как он будет создан с помощью вибрирующего камертона (см. 1.2). Тип простого рисунка звука показано на рис. 1.2. Он называется чистым тоном. Когда чистый тон распространяется через воздух, колебания давления из-за сжатий и разрежений имеют синусоидальную форму. Если бы мы могли были принять «снимок» звука в данный момент времени, мы увидели бы изменения давления в пространстве, которые также являются синусоидальными. (Такие картины на самом деле могут быть получены с помощью специальных методик.) В такой картине расстояние между ближайшими точками на равных звуковых волнах называется длиной волны λ . Скорость звуковой волны V зависит от материала, распространяющего звук. В воздухе при температуре 20°C , скорость звука составляет около $3,3 \times 10^4$ см / сек, и в воде, он составляет около $1,4 \times 10^5$ см / сек. В общем,

соотношение между частотой, длиной волны и скоростью распространения определяется следующим уравнением: (1.1) сложная колебательная картина

$$v = \lambda f$$


1.1 Некоторые свойства волн

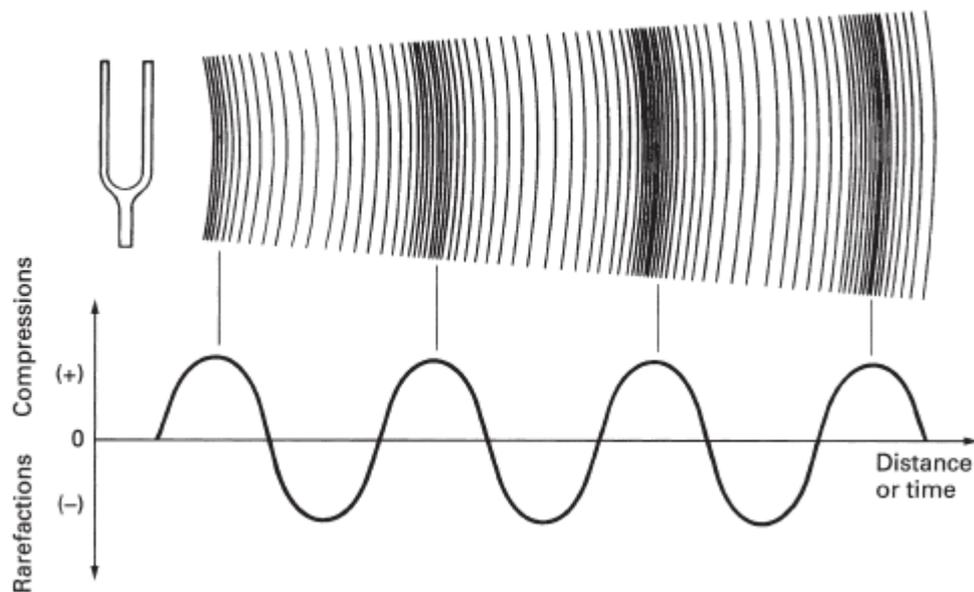


РИСУНОК 1.2 Синусоидальный звуковой сигнал, получаемый с помощью вибрирующего камертона.

Это соотношение между частотой, длиной волны и скоростью верно для всех типов волновых движений. Изменения давления в связи с распространяющимся звуком накладываются на давление окружающего воздуха. Таким образом, общее давление в канале синусоидальной звуковой волны имеет вид

$$P = P_a + P_o \sin 2\pi ft \quad (1.1)$$

где P_a давление окружающего воздуха (которое на уровне моря при 0°C составляет $1,01 \times 10^5 \text{ Па} = 1,01 \times 10^6 \text{ дин} / \text{см}^2$), P_o максимальное изменение

давления из-за звуковой волны, и F является частотой звука. Количество энергии, передаваемой с помощью синусоидальной звуковой волны в единицу времени через каждую единицу площади, перпендикулярной к направлению распространения звука называется интенсивностью I и дается формулой

$$I = P^2 / 2\rho v \quad (1.2)$$

Здесь ρ плотность среды, v есть скорость распространения звука.

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ВОЛН

Все волны, в том числе звук и свет, демонстрируют явления отражения, преломления, интерференции и дифракции. Эти явления, которые играют важную роль для слуха и зрения, они подробно описаны в большинстве основных текстов по физике. Здесь мы рассмотрим их лишь вкратце.

Отражение и преломление

Когда волна попадает на одну среду от другой, часть волны отражается на границе раздела, и его часть входит в среду. Если граница раздела между двумя средами является гладкой в масштабах длины волны (то есть неровности поверхности раздела меньше, чем λ), отражение является зеркальным (как зеркало). Если поверхность имеет неровности, которые больше, чем длина волны, отражение рассеивается. Примером является диффузное отражение света, отраженного от бумаги.

Если волна падает на границу под косым углом, направление распространения прошедшей волны в новой среде изменяется. Это явление называется рефракцией. Угол отражения всегда равен углу падения, но угол преломленной волны, в общем, зависит от свойств двух сред. Доля энергии, передаваемой из одной среды в другую снова зависит от свойств сред и от угла падения. Для звуковой волны, падающей перпендикулярно к границе раздела, то отношение интенсивностей дается формулой:

$$I_t / I_i = 4\rho_1 v_1 \rho_2 v_2 / (\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2)^2 \quad (1.3)$$

где индексными величинами являются скорость и плотность в двух средах. Решение уравнения 1.2.4 показало, что, когда звук распространяется в воздухе, он падает перпендикулярно к поверхности воды, только около 0,1% звуковой энергии входит в воду; 99,9% отражается. Доля звуковой энергии, поступающей в воду еще меньше, когда угол падения скошен. Вода является, таким образом, эффективным барьером для звука.

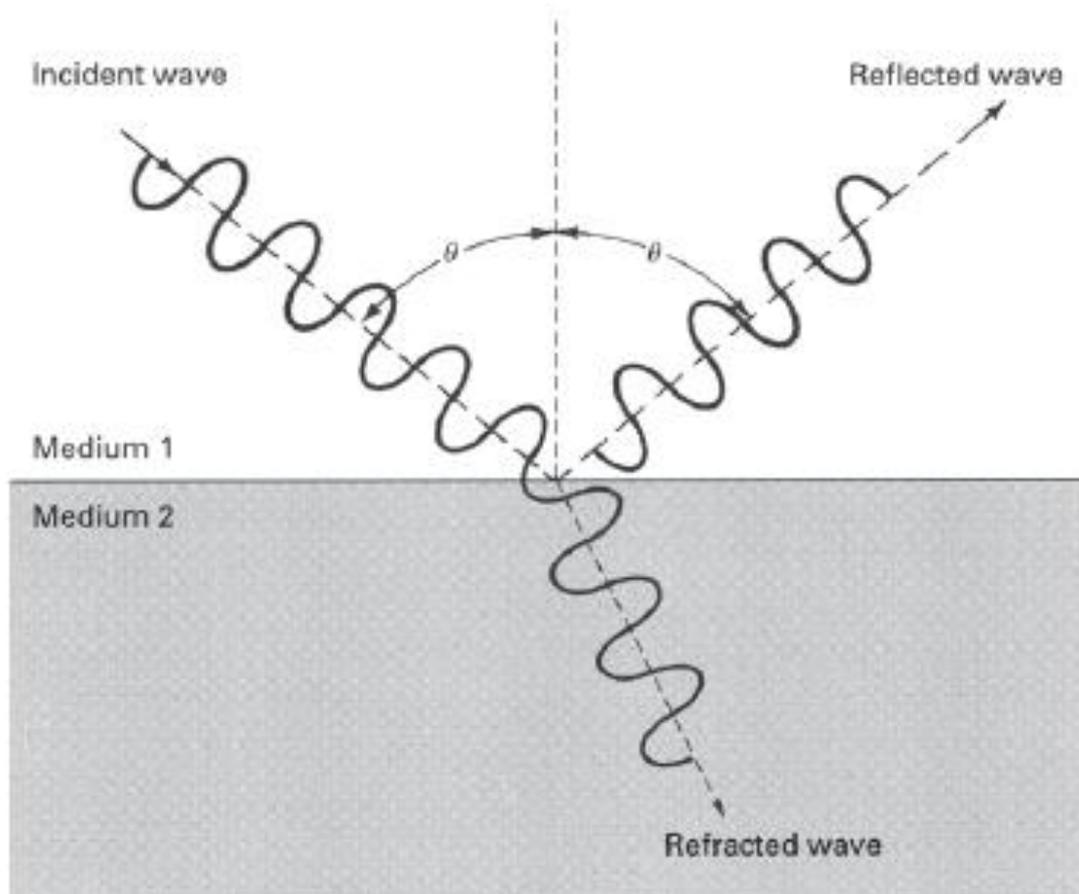


РИСУНОК 1.3 Иллюстрация отражения и преломления. (Оявляется угол падения.)

Особый тип помех производится двумя волнами той же частоты и величины, распространяющиеся в противоположных направлениях. Полученная волновая картина находится в неподвижном состоянии в пространстве и называется стоячей волной. Такие стоячие звуковые волны образуются в полых трубах, таких как флейта. Можно показать, что в данной структуре, стоячие волны могут существовать только на определенных частотах, которые называются резонансными частотами. В течение двух (или более) волн вмешиваются конструктивно или деструктивно фазы одной волны по отношению к другому и должны быть четко определены во времени и пространстве. Другими словами, фаза возмущений, создаваемых волнами, должна быть коррелирована во времени и пространстве. Наборы волн, проявляющих такую корреляцию называют когерентным.

Дифракция

Волны имеют тенденцию к распространению, так как они распространяются через среду. В результате, когда волна сталкивается с препятствием, она распространяется в область за препятствия. Это явление называется дифракцией. Величина дифракции зависит от длины волны: Чем больше дли-

на волны, тем больше распространение волны. Значительная дифракция в область за препятствие возникает, только если размер препятствия меньше, чем длина волны. Например, человек, сидящий за колонной в зрительном зале слышит исполнителя, потому что длинноволновые звуковые волны распространяются за колонной. Так как длина волны света, намного меньше, чем колонны, и, следовательно, свет не рассеивается в область за колонной. Объекты, размер которых меньше длины волны не дают существенного отражения. Это тоже из-за дифракции. Волна просто дифрагирует вокруг небольшого препятствия. Обе волны: световая волна и звуковая волна могут быть сфокусированы изогнутыми отражателями и линзами. Существует, однако, ограничение на размер сфокусированного пятна. Можно показать, что диаметр сфокусированного пятна не может быть меньше, чем приблизительно $\lambda / 2$. Эти свойства волн имеют важные последствия в процессе слуха и зрения.

Слух и ухо.

Ощущение слуха производится реакцией нервов в ухо, чтобы оказать давление изменения в звуковой волне. Нервы в ухе не являются единственными, которые реагируют на давление, так как большая часть кожи содержит нервы, которые давления чувствительны к регистру. Тем не менее, ухо гораздо более чувствителен к изменениям давления, чем любой другой части тела.

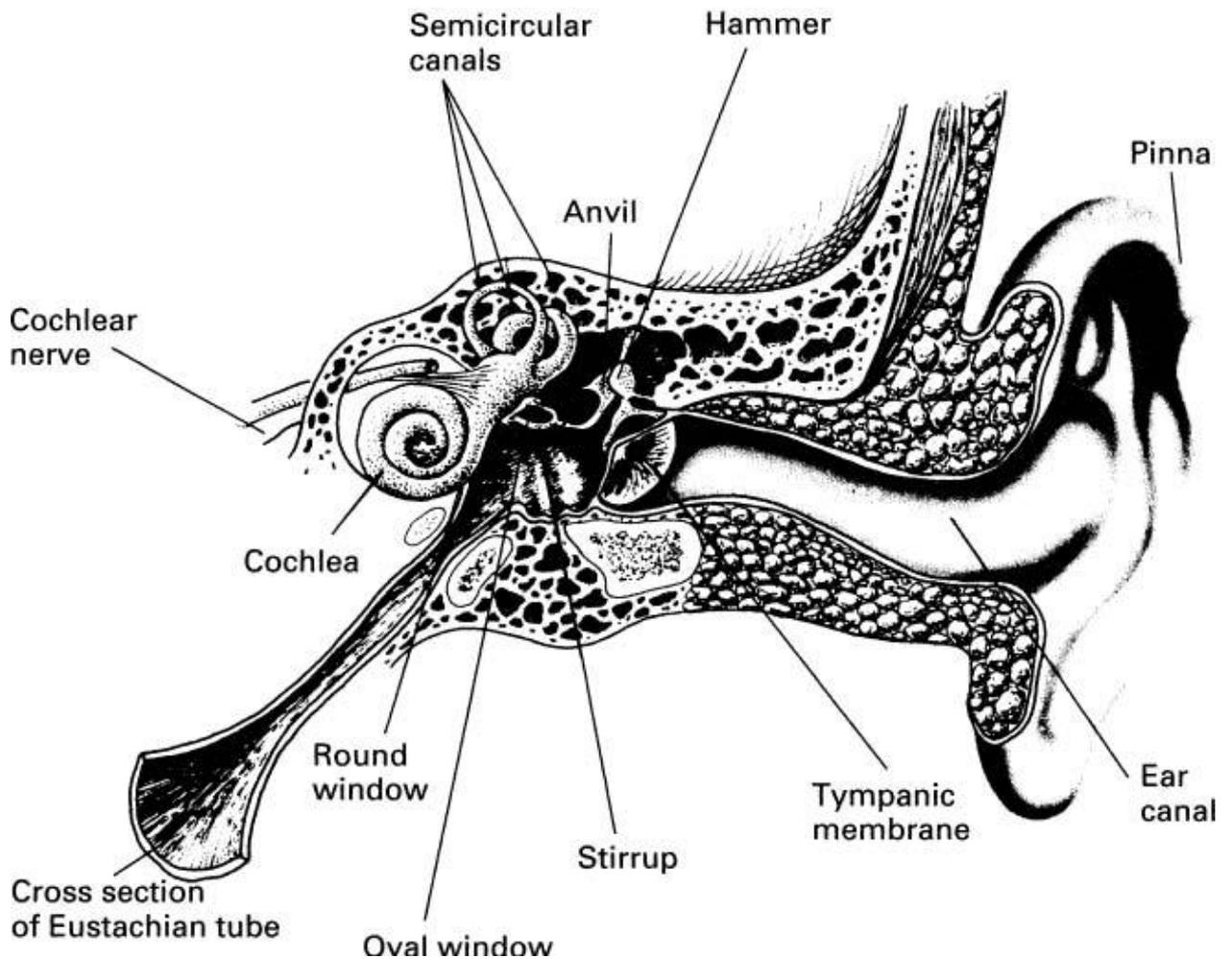


РИСУНОК 1.4 Полу схематичный рисунок уха с различными структурами срезаны и упрощены, чтобы показать основные соотношения более четко. Мышцы среднего уха, были опущены.

Рисунок 1.4 представляет собой рисунок человеческого уха. Для целей описания, ухо, как правило, делится на три основные части: наружное ухо, среднее ухо и внутреннее ухо. Чувствительные клетки, которые преобразовывают звук в нервные импульсы, расположены в заполненной жидкостью внутреннем ухе.

Основная функцией наружного и среднего уха является проведение звука во внутреннее ухо.

Наружное ухо состоит из внешнего закрывка называемой ушной раковиной и слуховым каналом, оканчивающимся барабанной перепонкой.. У многих животных ушная раковины является большой и может быть повернута в сторону источника звука; это помогает животному локализовать источник звука. Тем не менее, у людей ушная раковины фиксирована и настолько мала, что кажется, она не в значительной мере способствует процессу слуха.

Ушной канал среднего взрослого человека составляет около 0,75 см в диаметре и длиной 2,5 см, конфигурация, которая является резонансной для звуковых волн на частотах около 3000 Гц. Это отчасти объясняет высокую чувствительность уха к звуковым волнам в этом диапазоне частот.

Для животных, которые воспринимают звук, звук должен быть соединен с воздухом сенсорными клетками, которые находятся в окружающей среде жидкости внутреннего уха. Ранее нами было показано, что прямая связь звуковых волн в жидкости является неэффективным, поскольку большая часть звуковой энергии отражается на границе раздела.

Среднее ухо обеспечивает эффективный проводящий канал для звуковых волн из воздуха в жидкость внутреннего уха. Среднее ухо представляет собой заполненное воздухом полость, которая содержит связь из трех костей, называемых косточками, которые соединяют барабанную перепонку во внутреннем ухе. Три кости называются молотом, наковальней и стремечком. Ударник прикрепляется к внутренней поверхности барабанной перепонки, а бугель присоединен к овальному окну, которое является покрытым мембраной отверстием во внутреннем ухе.

Когда звуковые волны производят колебания в барабанной перепонке, колебания передаются слуховыми косточками в овальное окно, которое, в свою очередь настраивает изменения давления в жидкости внутреннего уха. Косточки подключены к стенкам среднего уха с помощью мышц, которые также выступают в качестве регулятора громкости. Если звук слишком громкий, эти мышцы, а также мышцы вокруг барабанной перепонки застывают и уменьшают передачу звука к внутреннему уху.

Среднее ухо служит еще одной цели. Она изолирует внутреннее ухо от помех создаваемых движениями головы, жевании, а также внутренних колебаний, производимых собственным голосом человека. Чтобы быть уверенным, некоторые из колебаний голосовых связок передаются через кости во внутреннее ухо, но звук сильно ослабевает. В основном звук достигает наших барабанных перепонок с внешней стороны. Это можно проиллюстрировать, разговаривая с ушами закрытыми ушами

Евстахиева труба соединяет среднее ухо к верхней части горла. Воздух просачивается через эту трубу для поддержания среднего уха при атмосферном давлении. Движение воздуха через евстахиеву трубу облегчается при глотании. Быстрое изменение давления внешнего воздуха, например, может произойти во время полета вызывает дисбаланс давления по обе стороны барабанной перепонки. Результирующая сила на барабанную перепонку вызывает болезненные ощущения, которое длится до тех пор пока давление в

среднем ухе не доводят до внешнего давления. Боль бывает особенно тяжелой и длительной, если евстахиева труба блокирована путем набухания или инфекции.

Преобразование звуковых волн в нервные импульсы происходит в улитке, которая находится во внутреннем ухе. Улитка представляет собой спиралевидную полость - по форме напоминает раковину улитки. Широкий конец улитки, которая содержит овальные и круглые окна, имеет площадь около 4мм². Улитку образуют в спираль с около 23 4 витков. Если улитка была бы размотана, её длина составляла около 35 мм.

Внутри улитки есть три параллельных воздухопроводов; они показаны в упрощенном чертеже развернутой улитки на рис. 12.6. Все три протоки заполнены жидкостью. Вестибулярные и барабанные каналы соединены в вершине улитки узким отверстием под названием геликотрема. Кохлеарный канал изолирован от двух каналов с помощью мембран. Один из этих мембран, называется базилярной мембраной и поддерживает слуховые нервы.

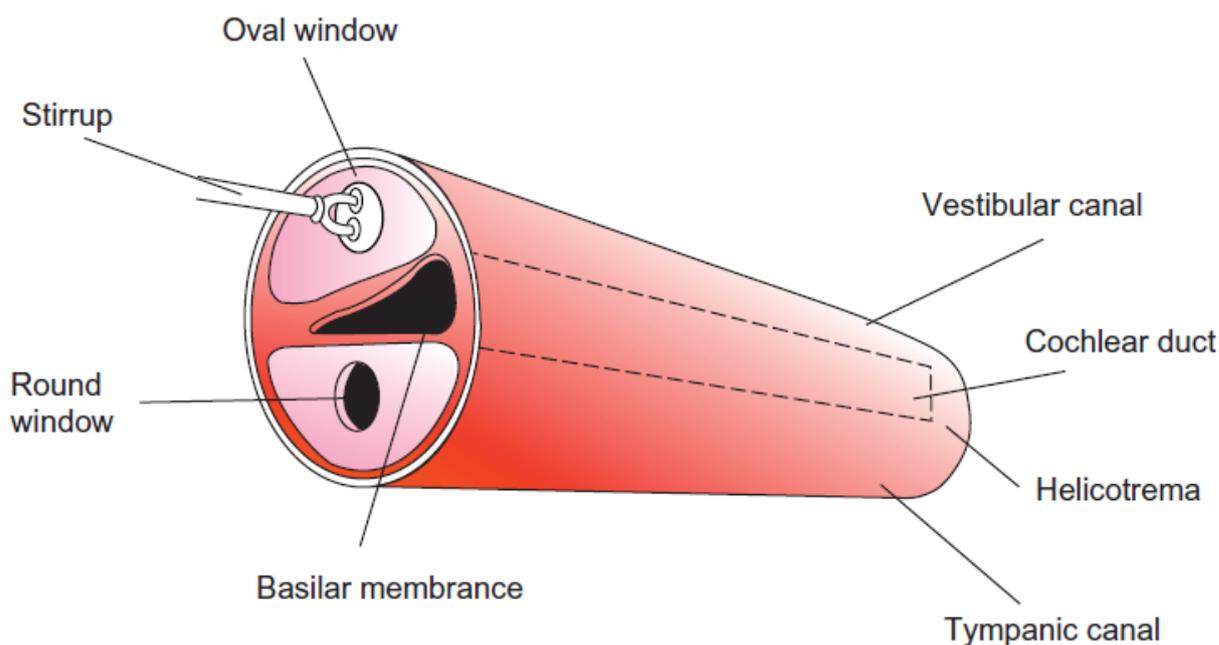


РИСУНОК 1.5 завивки вид улитке.

Колебания овального окна устанавливает звуковую волну в жидкости, заполняющей вестибулярный канал. Звуковая волна, которая движется вдоль вестибулярного канала и через геликотрему проходит в барабанный канал, производит колебания базилярной мембраны, которые стимулируют слуховые нервы. Они передают электрические импульсы в мозг (см. главу 13). Избыток энергии в звуковой волне рассеивается при движении круглого окна в конце барабанного канала.

Внутреннее ухо также служит ключевой функцией обеспечения нашего чувства равновесия. Пространственная информация дополняется визуальными сигналами, а также сигналами, подаваемыми положением наших конечностей по отношению к туловищу.

Биосинтез кристаллов карбоната кальция и ассоциированной матрицы происходит в период внутриутробного развития. Его строительство и техническое обслуживание на протяжении всей жизни еще не до конца изучены.

Производительность уха

Нервные импульсы вызывают в мозге субъективное ощущение звука. Тонкомпенсация, шаг, и качество некоторых терминов, которые мы используем, чтобы описать звуки, которые мы слышим. Это большой вызов для физиологов, чтобы связать эти субъективные ответы с физическими свойствами звука, такие как интенсивность и частота. Некоторые из этих отношений в настоящее время хорошо изучены; другие все еще находятся предметом для исследования.

В большинстве случаев волновые структуры звука, производимого инструментами и голосами, являются очень сложными. Каждый звук имеет свой характерный рисунок. Это было бы невозможно оценить влияние звуковых волн на слуховую систему человека, если ответ на каждый звуковой картины должны были быть проанализированы по отдельности. К счастью, эта проблема не так уж сложно. Около 150 лет назад, Ж. Б. Дж. Фурье, французский математик, показал, что сложные волновые формы могут быть проанализированы в простых синусоидальных волн различных частот. Другими словами, сложная волновая картина может быть построена путем сложения достаточного количества синусоидальных волн на соответствующих частот и амплитуд. Таким образом, если мы знаем ответ уха к синусоидальной волны в широком диапазоне частот, мы можем оценить реакцию уха до волнового узора любой сложности.

Анализ формы волны вее синусоидальных компонентов показан на рис. 1.6. Самая низкая частота в виде волны называется фундаментальной, а более высокие частоты называются гармониками. Рисунок 1.6, показывает картину звука для конкретной ноты, сыгранной различными инструментами. Это содержание гармоник звука, который отличает один источник звука от другого. Для данной ноты, которую играют различные инструменты, показанные на рис. 1.6, основная частота такая же, но содержание гармоник волны различна для каждого инструмента.

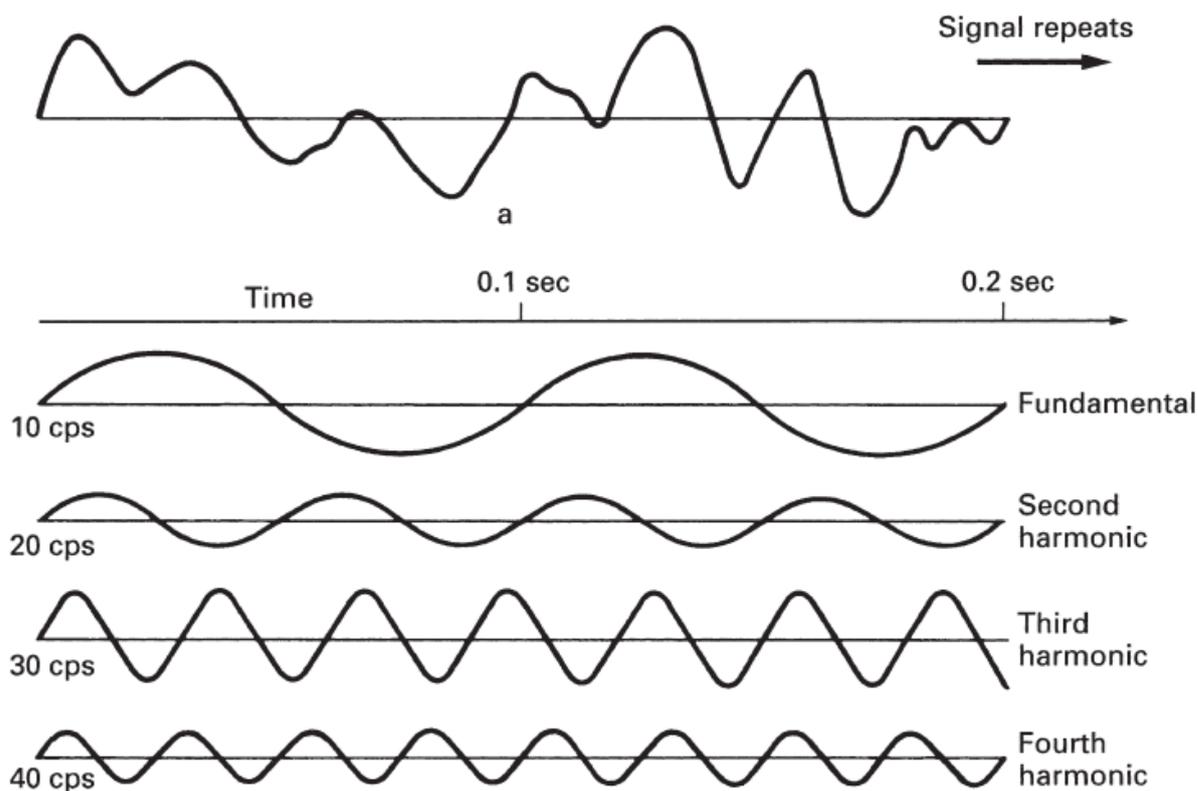


Рисунок 1.6 Анализ сложной формы волны (а), в его синусоидальные компоненты (б). Добавление точка за точкой основной частоты синусоидальной волны и частоты гармоник синусоид дает форму волны, показанную в (а).

Раздел физики, изучающий звуковые явления, называется акустикой. Акустика подразделяется на общую, физиологическую (биоакустика), архитектурную, музыкальную и т.д.

Звук – это колебания частиц в упругих средах, совершающиеся с частотой, воспринимаемых человеческими органами слуха, т.е. в диапазоне 16-20000 Гц. Звуки частотой менее 16 Гц называются инфразвуками (ИЗ), а более 20000 Гц – ультразвуками (УЗ). ИЗ и УЗ органами слуха человека не воспринимаются. Скорость распространения звука в различных средах различна и зависит от упругих свойств и плотности среды следующим образом:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

где E – модуль Юнга, ρ - плотность.

В твердых телах звуковые колебания распространяются в форме продольных и поперечных волн с $v=2-5$ км/с.

В жидкостях могут распространяться практически только продольные волны сжатия и растяжения с $v=0,7-2$ км/с.

В воде $v_{зв} \approx 1,34 \text{ км/с}$. Эта скорость принимается как средняя для мягких тканей тела человека.

В воздухе при 0° C $v = 331,5 \text{ м/с}$. С повышением температуры на 1° C скорость увеличивается примерно на $0,5 \text{ м/с}$ и при $t = 20^\circ \text{ C}$ $v_{зв} \approx 340 \text{ м/с}$.

Скорость звука не зависит от частоты колебаний.

Звуковой тон (колебание с постоянной или закономерно изменяющейся во времени частотой) характеризуется **частотой, амплитудой и формой колебания** (гармоническим спектром). Звуковая волна характеризуется интенсивностью ($J \sim A^2$) и звуковым давлением ($J \sim \Delta p^2$). Это физические характеристики.

Физической характеристике частоте соответствует психофизическая или субъективная характеристика **высота звука**. Малым частотам соответствуют низкие тоны, большим – высокие.

Физической характеристике **интенсивности** звука соответствует психофизическая под названием **громкость**. Громкость звука – субъективное понятие, зависящее от чувствительности и частоты. Синонимы интенсивности – сила звука, плотность потока энергии, вектор Умова. Интенсивность – это количество энергии волны, переносимой за единицу времени через единицу площади, расположенной перпендикулярно направлению волны. Обозначение J . Это векторная величина, совпадающая с направлением скорости перемещения.

$$\text{Единица измерения } J \rightarrow \text{Дж/с} \cdot \text{м}^2 = \text{Вт/м}^2;$$

$U = \Omega \cdot v = 1/2 \rho \omega^2 A^2 \cdot v$, где ρ – плотность среды, ω – круговая частота, A – амплитуда.

Физической характеристике «**гармонический спектр**» соответствует психофизическая характеристика под названием **тембр**.

Тембр – это качественная характеристика слухового ощущения. Тембр звука – это его «окраска». Сложные тоны одинаковой основной частоты могут отличаться по форме колебания или по его гармоническому спектру. Тогда они различаются по тембру.

Интенсивность и громкость звука связаны между собой законом **Вебера-Фехнера**:

Если раздражение (т.е. интенсивность звука) возрастает в геометрической прогрессии, то ощущение этого раздражения (т.е. громкость) растет в арифметической прогрессии.

Формула закона:

где k – коэффициент пропорции, $E = k \lg \frac{J}{J_0}$ – громкость, J – интенсивность данного звука, J_0 – нулевая интенсивность или порог слышимости $J_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$

Для характеристики интенсивности звука принимают десятичный логарифм следующего

отношения: $\beta = \lg \frac{J}{J_0}$, где β -уровень интенсивности.
 β – измеряется в дБ.

Уровень интенсивности $\beta=2$ Б соответствует интенсивности звука ,

т.к. $J = 100 J_0 = 10^{-10} \text{ Вт/м}^2$
 $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$, $v = 340 \text{ м/с}$, $J_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$

$$10^\beta = \frac{J}{J_0}$$

Отсюда если $\beta=2$, то $10^2 = \frac{J}{J_0}$, $J = 100J_0 = 100 \cdot 10^{-12} = 10^{-10}$

Порог слышимости или нулевая интенсивность – это минимальная интенсивность звука, вызывающая слуховое ощущение при частоте 1 кГц.

Звуковым давлением называется максимальное добавочное давление, избыточное над средним давлением окружающей среды, образующееся в участках сгущения частиц в звуковой волне и обозначается Δp . Связь J и Δp следующая:

$$J = \frac{\Delta p^2_{\text{эф}}}{\rho v}$$
 , где $\Delta p_{\text{эф}} = \frac{\Delta p_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$

следовательно $J = \frac{\Delta p^2_{\text{max}}}{2\rho v}$ ϕ - эффективное значение

Δp ; Δp_{max} -амплитудное значение, ρ -плотность среды, v -скорость звука, ρv - наз. удельным акустическим сопротивлением среды.

Клиническое использование звука

Самое знакомое клиническое использование звука находится в анализе звуков тела со стетоскопом. Выслушивание звуков, самостоятельно возникающих в органах, называется **аускультацией**. Для выслушивания используется стетоскоп, фонендоскоп. Метод основанный на аускультации – фонокардиография, т.е. запись звуков сердца.

Перкуссия- метод исследования внутренних органов через постукивание по поверхности тела и анализа возникающих при этом ответных звуков. За генерацию и восприятие звуков в человеческом организме существует ряд органов и систем: полость рта, зубы, губы, гортань, уши и т.д.

Существует специальность оториноларинголог – специалист по уху (ото), горлу (ларингс - глотка) и носу (рино).

Кроме того есть узкие специальности: логопед – лечение заик, сурдолог – лечение слуха, фоониатр- лечение певцов.

Аудиометрия – метод исследования остроты слуха, сущность которого заключается в определении точек кривой порога слышимости при частотах, пограничных между октавами. Потеря слуха устанавливается сравнением полученной кривой с нормальной. Кривая называется аудиограммой, прибор – аудиометром.

Октава – это интервал высоты тона, в котором отношение крайних частот равно двум.

Шум – это сочетание большого числа сложных тонов, частота, амплитуда и длительность которых **быстро и беспорядочно** меняются (аплодисменты, шорохи, скрипы, согласные звуки речи и т.д.)

Шум вредно действует на организм, поэтому разрабатываются специальные методы для борьбы с ним (путем устранения источника шума или ослабления его мощности применением звукопоглощающих материалов).

Вредность шума связана с его частотой: высокочастотные шумы вреднее, чем низкочастотные. Предельно допустимый уровень для высокочастотных шумов составляет 75-80 дБ, а для низкочастотных – 90-100 дБ. Нормальный уровень 40-50 дБ. Для объективной оценки громкости шума применяют **шумомеры**, состоящие из микрофона (для преобразования звуковых колебаний в электрические), усилителя, выпрямителя и микроамперметра со шкалой, градуированной в децибелах.

Ультразвук, его использование в медицине и биологии

Упругие колебания, частота которых $>20\text{кГц}$, распространяющиеся в форме продольных волн, называются ультразвуком.

Д Верхний предел частоты ультразвука не ограничен. Скорость звуковых и ультразвуковых волн приблизительно одинакова. Учитывая, $\nu_{\text{уз}} \gg \nu_{\text{зв}}$ можно заключить: ультразвуковая волна имеет значительно большую интенсивность, чем звуковая, что используется на практике, в том числе и в медицине. $\omega = 2\pi \nu$.

Поэтому
$$J = \frac{1}{2} \rho 4\pi^2 A^2 \nu^2$$

Для генерации УЗ волн высокой частоты используется явление обратного пьезоэлектрического эффекта, сущность которого заключается в попеременном удлинении и укорочении кристаллической пластинки (кварц, сегнетова соль, титанат бария), помещенной в высокочастотное электрическое поле. Эти колебания размеров пластины вызывают в окружающей жидкой или газообразной среде упругую УЗ волну. Действие УЗ на вещество (ткани) связано с деформациями из-за сгущения и разряжения его частиц, вызываемых УЗ.

Эти деформации могут быть как незначительными, так и разрушающими, что связано с мощностью УЗ.

Действием УЗ можно ускорить некоторые химические реакции, особенно процессы окисления, что связано с активацией молекул воды, которые под действием УЗ распадаются на активные радикалы Н и ОН. УЗ используется в хирургии для разрушения злокачественных опухолей, дробления камней в мочевом пузыре, распиливания костей, создания мелкодисперсных лекарственных эмульсий и аэрозолей. При незначительных мощностях УЗ повышает проницаемость клеточных мембран, активирует процессы обмена. Кроме того – микромассаж.

Поглощение УЗ зависит от свойств среды. Это позволяет использовать УЗ для изучения молекулярных свойств веществ (молекулярная акустика).

Отражение УЗ на границе раздела двух сред с различной плотностью позволяет определить расположение и размер неоднородных включений, полостей, внутренних органов, что лежит в основе УЗ-диагностики заболеваний.

Для УЗ – локационных методов используется импульсный режим излучения УЗ. Излучатель в промежутке между импульсами используется в качестве приёмника УЗ и на основе прямого пьезоэффекта УЗ – колебания преобразуются в электрические сигналы, которые затем с помощью ЭОП - в видимое изображение органов на мониторе.

Наблюдение отраженных сигналов может производиться либо при неподвижном расположении УЗ – датчика (одномерный метод), либо при его перемещении и покачивании (двумерный метод).

УЗ терапевтические методы широко применяются в клинике при лечении самых различных болезней, прежде всего неврологического происхождения: ишиасов, радикулитов, люмбаго, а также для лечения контрактур, болезни Бехтерева и др. Частоты УЗ, используемые в терапии- 0,8-3МГц

Глубина проникновения УЗ в ткани связана с частотой - с увеличением частоты растет поглощение УЗ и поэтому уменьшается глубина проникновения. При ν УЗ проникает на 1,5-2,0 см, а при $0,8-0,9 \text{ МГц} = 1,6-2,6 \text{ МГц}$ кроме того имеет значение и акустическое сопротивление $z = \rho v$. Поэтому при $\nu = 0,88 \text{ МГц}$, глубина проникновения УЗ в костную ткань=0,3 см, в жировую- 10 см, а в мышечную- 5 см.

Действие УЗ на ткани объясняется огромными ускорениями, превышающими ускорение свободного падения тел g в 10^5 раз и значительными переменными давлениями, испытываемыми частицами среды при УЗ - колебаниях.

Ткани, выполняющие опорную функцию и ткани, испытывающие и передающие механическое напряжение, обладают большей способностью к по-

глощению (следовательно, и нагреванию), чем паренхиматозные. Малые потери энергии УЗ в жировой ткани и незначительный их нагрев при достаточном проникновении энергии в мышцы обеспечивают хорошие условия для терапевтического применения УЗ.

Основными дозиметрическими параметрами УЗ-терапии являются мощность, интенсивность, режим воздействия и экспозиция. Мощность- это энергия, излучаемая всей УЗ головкой в ед. времени

Интенсивность- это энергия, прох $\frac{Джс}{с} = Вт$. ед. времени через ед. площади излучателя (Вт/см²). Интенсивность УЗ, применяемую на практике, условно подразделяют на малую (0,05-0,4 Вт/см²), среднюю (0,6-0,8 Вт/см²) и высокую (1,0-1,2 Вт/см²)

В связи с большей, чем звук частотой, УЗ обладает малыми длинами волн, поэтому легче фокусируется. Режим воздействия может быть непрерывным и импульсивным. Чем короче импульс, тем меньшей эффективностью обладает УЗ. В силу большого поглощения в воздухе, в лечебной практике воздействие осуществляется через безвоздушную контактную среду- глицерин, вазелиновое масло, вода и т.д.

В механизме действия УЗ на ткани выделяется три фактора:

1. Механический
2. Тепловой
3. Физико-химический.

Механический фактор вызывается переменным акустическим давлением и проявляется микровибрацией или «микромассажем» тканей, что увеличивает проницаемость клеточных мембран, усиливает диффузию и осмос, изменяет кислотно-основное состояние и пространственное взаимоотношение субклеточных структур.

Тепловой фактор связан с тем, что тепло, выделяющееся в тканях при поглощении энергии УЗ-волн, усиливает биологические процессы, следовательно, утилизация шлаков и разрешение патологических очагов проходит интенсивнее.

Физико-химический фактор УЗ связан с пространственной перестройкой внутриклеточных молекулярных комплексов. Повышается активность некоторых ферментов и интенсивность окислительно-восстановительных процессов; увеличивается митотическая активность клеток, в тканях образуются биологически активные вещества- гепарин, гистамин, серотонин др.

Механизм терапевтического действия УЗ складывается из местных и общих реакций, реализуемых нейрорефлекторным и гуморальным путями, протекающих фазно с выраженным последствием.

УЗ в малых дозах оказывает болеутоляющее, сосудорасширяющее, противовоспалительное, спазмолитическое, рассасывающее действие. Активизируется крово- и лимфообращение, особенно в зоне воздействия, повышается фагоцитоз, ускоряются процессы регенерации и репарации, улучшаются симпатико-адреналовая, глюкокортикоидная функции, наблюдается гипотензивный эффект УЗ, нормализуется функция внешнего дыхания, улучшается моторная, всасывающая, эвакуаторная функции желудка и кишечника, повышается диурез, улучшается трофическая и адаптационная функции тканей. В физиотерапии применяют следующие типы УЗ-аппаратов: УТС-1, УТП-1, УТП-3М, УЗТ-101 (для лечения заболеваний внутренних органов, костно-мышечной и нервной системы), УЗТ-102 (для лечения стоматологических заболеваний), УЗТ-103 (в урологии), УЗТ-104 (в офтальмологии), УЗТ-31 (в гинекологии), ЛОР-1А, ЛОР-2, ЛОР-3 (в оториноларингологии). Эти аппараты имеют разнообразные по форме и площади излучатели.

Приведем технические характеристики аппарата УЗТ-31. Помимо акушерско-гинекологической клиники может использоваться в ЛОР, стоматологии, дерматологии и др. областях медицины. Частота 2,64 МГц \pm 0,1%. Интенсивность УЗ регулируется от 0,05 до 1 Вт/см², площадь большого излучателя 2см², малого- 0,5 см², предусмотрен также импульсный режим работы.

Для измерения мощности УЗ используют ИМУ-3, работающий в диапазоне частот 0,4-3МГц. В основе работы - измерение давления, которое оказывает УЗ на препятствие. Давление \sim мощности. В качестве измерителя давления использованы высокочувствительные рычажные весы.

Сущность эффекта заключается в изменении частоты, воспринимаемой наблюдателем при относительном перемещении источника волн и наблюдателя. Формула эффекта:

$$V^* = \frac{(v \pm v_n) \cdot v}{v \mu v_u}$$

где V* - воспринимаемая частота, v - частота источника, v-скорость волн, v_n - скорость движения наблюдателя, v_u-скорость движения источника.

Верхние знаки в формуле относятся к сближению наблюдателя и источника, а нижние знаки к удалению.

Эффект Доплера справедлив для волн любой природы. Он наблюдается при приближении и удалении поезда как изменение высоты тона (частоты) сирены. Эффект используется для определения скорости кровотока в сосудах человека.

Инфразвук, его характеристики и действие на организм

Инфразвуки – низкочастотные колебания от тысячных долей герца до 16 Гц, не слышимые человеческим ухом.

Источники ИЗ – различные природные явления – ветер, грозовые разряды, землетрясения, обвалы, взрывы, цунами, тайфуны и проч. ИЗ сопровождают также работу различных промышленных установок и транспортных средств.

Особенность ИЗ – **малое поглощение в воздухе, земной поверхности**, в связи с чем высокая способность распространяться на большие расстояния. На этом основан метод локализации эпицентра взрывов, землетрясений и т.д., а также предсказание стихийных бедствий на море – тайфунов, цунами.

Невысокая и средняя интенсивность ИЗ вызывает головокружение, тошноту, затруднение дыхания, боли в области живота, чувство психического угнетения, подавленность и страх. При увеличении интенсивности появляется ощущение сухости во рту, кашель, чувство удушья (при $\beta > 150$ дБ). Особенно неблагоприятно длительное повторное действие ИЗ.

Наряду с общим действием есть и местное действие ИЗ на орган слуха – гиперемия барабанной перепонки, чувство давления в ухе, слуховой дискомфорт, боль, повышение порога слышимости. В эксперименте на животных показано, что при $\beta = 170$ дБ наблюдается перфорация барабанной перепонки.

Вибрации и их действие на организм

Вибрации в медицине – это механические колебания отдельных органов, частей тела и тела в целом под действием внешних факторов с частотой ИЗ, звуковых и УЗ колебаний. Вибрации облегчают циркуляцию жидкости, вызывают перестройки в хромосомном аппарате клетки (при больших интенсивностях), повышая сорбционные свойства протоплазмы, ускоряют ферментативные реакции, увеличивая проницаемость мембран, повышают лабильность нервно-мышечного аппарата, интенсифицируют окислительно-восстановительные процессы, деятельность системы гипофиз-кора надпочечников, щитовидной железы.

Положительный эффект действия умеренных доз вибраций применяется для лечения ряда внутренних болезней и известен как **метод вибротерапии**.

Увеличение дозы вибраций ведет к прогрессивным функциональным и морфологическим нарушениям в организме. При этом страдает регуляция тонуса периферических кровеносных сосудов, а также нервно-мышечный аппарат. При длительном воздействии развивается вибрационная болезнь, известная под названием «синдром белых пальцев».

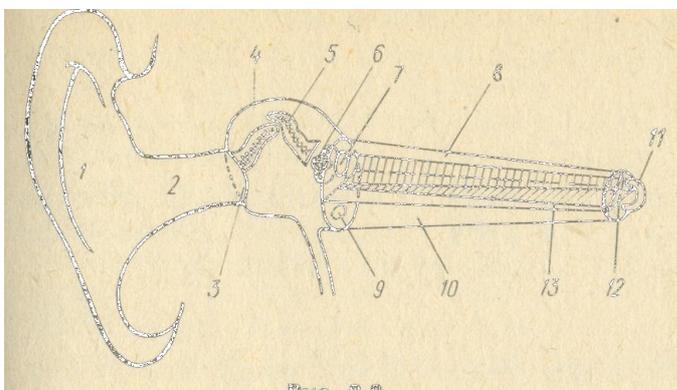
Оценка степени вредности вибраций производится по специальному ГОСТу, в котором указаны предельно допустимые уровни интенсивности при рабо-

тах с ручным инструментом при частотах 8-2000Гц и на рабочих местах при частотах 1-250Гц.

Профилактика вибраций на рабочих местах – виброгасящие рукавицы, спецобувь, виброгасящие насадки на инструменты и т.д.

Для генерации звуков в организме существует **голосовой аппарат**, представляющий собой совокупность голосовых связок, мягкого неба, языка, губ. В звукообразовании также участвуют легкие, бронхи, трахея, а также глоточная, ротовая и носовая полости. Носовая и ротовая полости являются резонаторами и меняя их форму с помощью языка, губ, зубов можно усиливать или ослаблять звуки. При произнесении гласных звуков голосовые связки колеблются наиболее сильно. Согласные звуки образуются с помощью мягкого неба, кончика языка, губ и голосовых связок.

Для приема звуков существует парный орган слуха, называемый ухом. В органе слуха выделяют три части: наружное, среднее и внутреннее ухо. Слуховые рецепторы (волосковые клетки) сосредоточены во внутреннем ухе, тогда как вспомогательные элементы, способствующие слуховой рецепции, присутствуют во всех частях органа слуха.



Наружное ухо состоит из ушной раковины и слухового прохода, служащего усилителем колебаний, т.е. резонатором.

Границей между наружным и средним ухом является барабанной перепонкой. Наружное ухо защищает перепонку от механических повреждений и поддерживает оптимальные микроклиматические условия (t° , влажность), стабилизируя её механические свойства.

По среднему уху звук проводится цепочкой слуховых косточек – молоточком, наковальной и стремечком. Внутреннее ухо заполнено жидкостью, называемой перилимфой и эндолимфой.

Система барабанной перепонки и слуховых косточек среднего уха является связующим звеном между атмосферой и внутренним ухом и обеспечивает согласование акустических импедансов воздуха и жидкости, вследствие чего

уменьшаются потери интенсивности звуковой волны при переходе из атмосферы во внутреннее ухо.

Основной элемент внутреннего уха – костная полость в форме лабиринта (улитки), заполненная жидкостью. Спиральные ходы улитки разделены перегородкой, состоящей из эластичных волокон. К основанию волокон примыкают разветвления слухового нерва и волосковых клеток. Волосковые клетки выполняют роль слуховых рецепторов и в них под действием звука возникают нервные импульсы (электрические потенциалы), которые затем передаются в соответствующую зону коры головного мозга, где и формируются звуковые ощущения.

Во внутреннем ухе находится также **вестибулярный аппарат**, сигнализирующий в ЦНС о положении и перемещении головы в пространстве.

Таким образом, слуховой аппарат человека состоит из проводящей и воспринимающей звук частей. Звукопроводящая часть состоит из наружного уха, слухового прохода и среднего уха. Звуковоспринимающая часть находится во внутреннем ухе, расположенном в пирамидальной части височной кости в глубине основания черепа.

Пьезоэффект костной ткани

Сущность заключается в возникновении разности потенциалов на поверхности кости под действием механических напряжений или деформаций. Пьезоэффект свойственен также сухожилиям, коже, мышцам. Механические напряжения в этих тканях, вызывая электрические заряды, изменяют активность клеток и приводят к структурным изменениям. Считается, что пьезоэффект важен для жизнедеятельности тканей, в частности для костной ткани. Предложена гипотеза механизма формирования кости, согласно которой рост костной ткани регулируется пьезоэффектом, зависящим от распределения механических напряжений.

В.Ф. Чепель (1977) объясняет механизм возникновения электрических зарядов в коллагеновых волокнах поворотом диполей пептидных участков молекулы коллагена под действием механического напряжения.

В экспериментах на кроликах и собаках показано, что регенерация костной ткани в месте перелома ускоряется под действием отрицательного электрода, вживляемого в область перелома. **Делается вывод:** механизм заживления переломов связан с пьезоэффектом. Поэтому больным с переломами нижних конечностей настоятельно рекомендуют уже на раннем этапе госпитализации начинать ходить, т.е. нагружать костный аппарат (механические напряжения вызовут согласно пьезоэффекту образование электрических зарядов).

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по
предмету «БИОФИЗИКА»

Лекционное занятие № 5

Тема: “БИОМЕМБРАНАЛОГИЯ”

Технология обучения лекционного занятия

Время– 2 часа	Число студентов 15-40
Вид лекции	Информационно-визуальная
Структура учебного занятия	<ul style="list-style-type: none">➤ Организационный➤ Постановка темы и цели урока➤ Изложение материала➤ Укрепление материала➤ Подведение итогов
Цель: Дать понятие о модели строения и функции биомембран, привить будущим специалистам прочных теоретических знаний	
Задачи педагога: -ознакомить с моделями строения биомембран; -рассказать о важнейших свойствах биомембран; - дать основные понятия; -объяснить явления диффузии; -дать физические основы транспорта веществ через мембран - сформировать основы теоретико-прикладного мышления	Результат обучения: - узнают -о строении и функции биомембран; -о характеристиках биомембран; -о транспорте веществ через мембрану; - узнают о реологических свойствах биологических жидкостей. - получают нужную информацию и изучает данный материал
Методика и техника обучения	Лекция, решение ситуационных задач, графический органайзер: кластер
Средство обучения	Проектор, графический органайзер
Вид обучения	Коллективное, индивидуальное
Условия обучения	Аудитория оснащенная проектором
<i>Мониторинг</i>	Устный контроль: ответы на вопросы

Технологическая карта лекционного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организац ионная часть 10 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план лекции. 1.3 Даёт ключевые слова 1.4. Объясняет мониторинг контроля освоения данной темы.	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние исходных знаний по теме 5 мин.	организует беседу по технологии «Дискуссия» Задаёт несколько вопросов.	1. По теме вспоминает основные понятия. 2.Активно участвует при дискуссии
3.	Объясне- ние темы 60 мин.	Объясняет тему по плану: 1. Биологические мембраны - основа жизненной деятельности организма. 2. Модели биомембран. Строение биомембран, структура и функция, физико- химические свойства биомембран. 3. Транспорт веществ в организме 4. Пассивный транспорт 5. Диффузия. Коэффициент диффузии. Уравнение Фика 6. Активный транспорт. Виды активного транспорта 7. Мембранные потенциалы Ионные каналы 8. Возбужденные и невозбужденные мембраны	Слушают Записывают

4.	Укрепление темы 10 мин.	- Систематизирует данный материал - уточняет основные моменты - отвечает на вопросы .	Задают вопросы
5.	Домашнее задание 5 мин.	Задаёт домашнее задание и объявляет название следующей лекции	Записывает домашнее задание

Тема: «Биомембранология»

План лекции:

1. Биологические мембраны - основа жизненной деятельности организма.
2. Модели биомембран. Строение биомембран, структура и функция, физико-химические свойства биомембран.
3. Транспорт веществ в организме.
4. Пассивный транспорт
5. Диффузия. Коэффициент диффузии. Уравнение Фика
6. Активный транспорт. Виды активного транспорта
7. Мембранные потенциалы. Ионные каналы
8. Возбужденные и невозбужденные мембраны

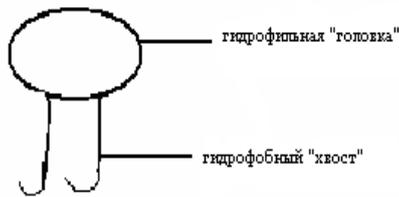
Важной частью клетки являются биологические мембраны. Они ограничивают клетку от окружающей среды, защищают ее от вредных внешних воздействий, управляют обменом веществ между клеткой и ее окружением, способствует генерации электрических потенциалов, участвуют в синтезе универсальных аккумуляторов энергии АТФ в митохондриях и т.д. По существу, мембраны формируют структуру клетки и осуществляют ее функции. Многие заболевания (атеросклероз, отравления и др.) связаны с нарушением структуры и функции мембран.

Мембраны окружают все клетки (плазматические или наружные клеточные мембраны). Без мембраны содержимое клетки просто бы «растеклось», диффузия привела бы к термодинамическому равновесию, что означает отсутствие жизни. Можно сказать, что первая клетка появилась тогда, когда она смогла отгородиться от окружающей среды мембраны. Внутриклеточные мембраны подразделяют клетку на ряд замкнутых отсеков (компартаментов), каждый из них выполняет определенную функцию.

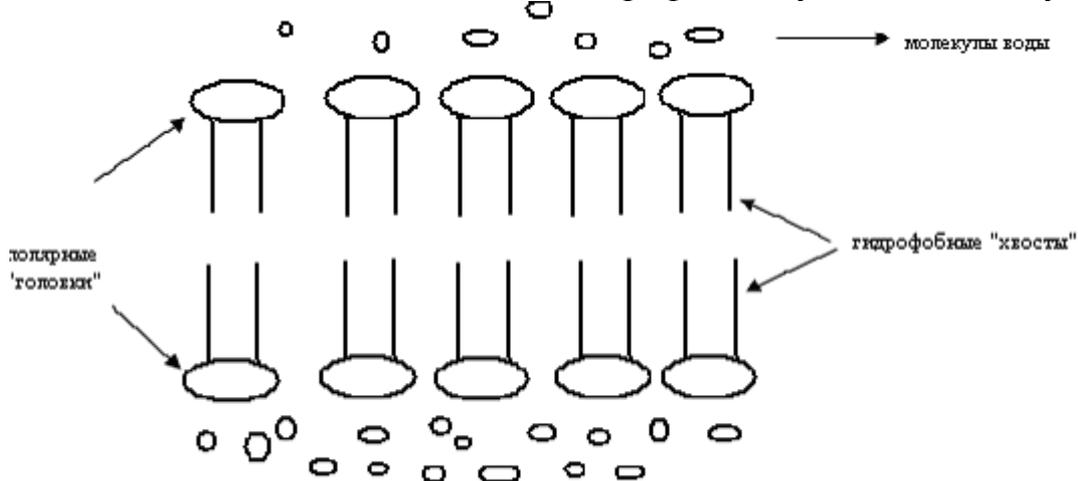
Толщина мембраны порядка несколько нанометров, поэтому ее нельзя увидеть в оптический микроскоп, но можно рассмотреть в электронный микроскоп.

Основу структуры любой мембраны представляет двойной липидный слой (в значительной степени фосфолипиды). Молекулы липидов, образующие

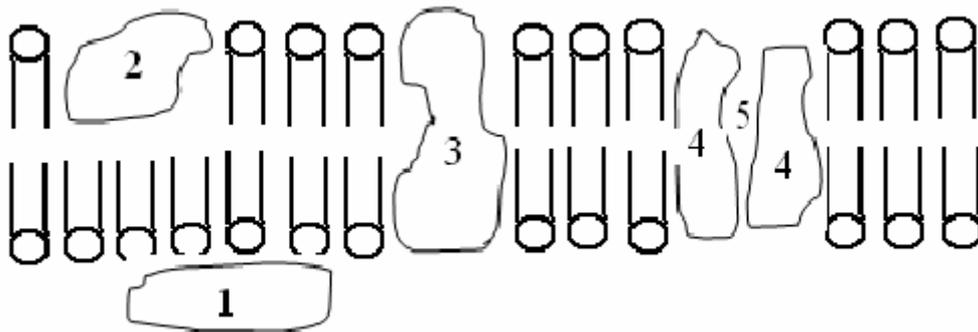
мембрану, являются амфипатическими соединениями, т.е. состоят из двух функционально различных частей: полярный «головки» и неполярного гидрофобного «хвоста».



Двойной липидный слой образуется из двух монослоев липидов так, что гидрофобные «хвосты» обоих слоев направлены внутрь. При этом обеспечивается наименьший контакт гидрофобных участков молекул с водой.



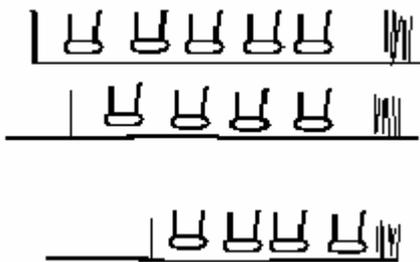
В настоящее время наибольшее распространение имеет предложенная в 1972 году Синджером и Николсоном жидко - мозаичная модель, в основе которой лежит вся та же липидная бислойная мембрана. Эта фосфолипидная основа представляет собой как бы двумерный растворитель, в котором плавают более или менее погруженные белки. За счет этих белков полностью или частично осуществляются специфические функции мембран – проницаемость, активный перенос через мембрану, генерация электрического потенциала и т.д. Схематично жидко – мозаичная структура мембраны показана на следующем рисунке:



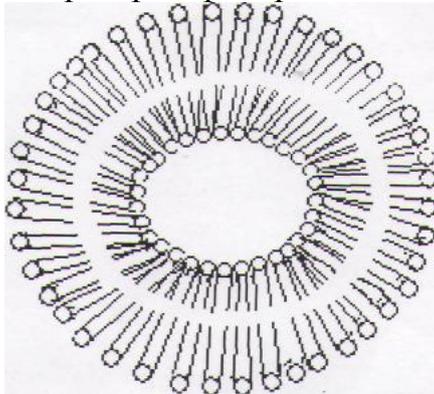
1 – поверхностные белки; 2 – полупогруженные белки; 3 – полностью погруженные белки; 4 – белки, формирующие ионный канал; 5 – ионный канал.

Строение биомембран и изучение ее свойств оказалось возможным при использовании физико-химических моделей мембраны (искусственные мембраны). Наибольшее распространение получили три таких моделей.

Первая модель – монослой фосфолипидов на границе раздела вода – воздух или вода – масло. На таких границах молекулы фосфолипидов расположены так, что гидрофильные головки находятся в воде, а гидрофобные хвосты в воздухе или в масле. Если постепенно уменьшать площадь, занимаемую монослоем то, в конце концов, удастся получить монослой, в котором молекулы расположены так же плотно, как и в одном из бислоев мембраны.



Второй распространенной моделью биомембран являются – липосомы.



это мельчайшие пузырьки (везикулы) состоящие из билипидной мембраны и полученное обработкой смеси воды и фосфолипидов ультразвуком. На них проводятся эксперименты по изучению влияния различных факторов, например состава фосфолипидов на свойства мембраны, или наоборот, влияние мембранного окружения на свойства белков.

Третьей моделью, позволившей изучать некоторые свойства биомембран прямыми методами, была билипидная (бислоевая липидная) мембрана. Впервые такая модельная мембрана была создана в 1962 году П. Мюллером с сотрудниками.

Мембраны выполняют две важные функции: матричную, которая является основой для удержания белков и выполняющих разные функции, и барьерную – защищает клетку и отдельные компортаменты от проникновения нежелательных частиц. Если эти функции мембран

нарушается, то происходит изменение нормального функционирования клеток и, как следствие, заболевание организма.

Диффузия в мембране

Как мы уже рассмотрели диффузия происходит в жидкости но клетки образующие жизнь находятся вокруг мембраны. Кислород, элементы питания и другие продукты мешают свободной диффузии, это должно переходить через мембрану. Простой пример: биологическая мембрана считается с отверстием, в этом она в размере и плотности двигается по мембране. Если молекулы диффузии меньше размера отверстий, эффект мембраны уменьшают пространство диффузии и это уменьшает процент диффузии. Если молекулы диффузии больше, течение молекулы по мембране ограничивается.

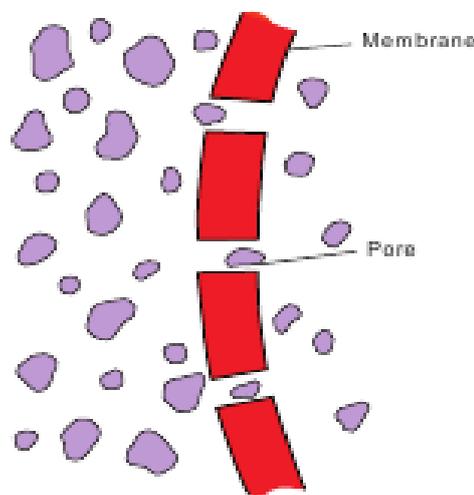


рис.

Некоторые молекулы постоянно могут двигаться через мембраны Движение молекулы обозначаются J , проницаемость мембраны p .

$$J = p (C_1 - C_2)$$

Это равенство похоже например 9.14, только D занимает проходимость P . Здесь ΔX плотность мембраны берет на себя коэффициент диффузии.

Проницаемость, конечно связано с видом мембраны и диффузией молекулы. Проподимость может быть близким к «0» (Если молекулы не проходят между мембраны) или могут быть выше 10^{-2} . Многие мембрана, переходящие в воду, но не растворяющиеся в ней молекулы не проходят. В результате вода входит в молекулы, но компоненты молекулы с неё не выходят. Односторонняя проходимость называется osmosis.

Мы говорили с вами о диффузионном движении, движение молекулы связано с термо-кинетической энергией. Некоторые материалы проходящие по мембрану при помощи электрического поля могут быть причиной изменения мембраны

Важным элементом функционирования мембран является их способность пропускать или не пропускать молекулы (атомы) и ионы.

Существенно, что вероятность такого проникновения частиц зависит как от направления их перемещения, например в клетку или из клетки, так и от разновидности молекул и ионов.

120-121

Эти вопросы рассматриваются в разделе физики, относящемся к явлениям переноса. Таким термином называются необратимые процессы, в результате которых в физической системе происходит пространственное перемещение (перенос) массы, импульса, энергии, заряда или какой-либо другой физической величины.

К явлениям переноса относят диффузию (перенос массы вещества), вязкость (перенос импульса), теплопроводность (перенос энергии), электропроводность (перенос электрического заряда). Здесь рассматриваются наиболее существенные для биологических мембран явления: перенос вещества и перенос энергии. Как синоним переноса частиц в биофизике широкое распространение получил также термин *транспорт частиц*.

В живой клетке простая диффузия обеспечивает прохождение кислорода и углекислого газа.

Однако подобная простая диффузия протекает достаточно медленно и не может снабдить клетку в нужном количестве питательными веществами. Поэтому есть и иные механизмы пассивного переноса вещества в мембране, к ним относятся, диффузия через канал (пору) и облегченная диффузия (в комплексе с переносчиком).

Порой или *каналом* называется участок мембраны, включающий белковые молекулы и липиды, который образует в мембране проход. Этот проход допускает проникновение через мембрану не только малых молекул, например молекул воды, но и более крупных ионов. Диффузия через поры также описывается диффузионными уравнениями, однако наличие пор увеличивает проницаемость. Каналы могут проявлять селективность (избирательность по отношению к разным ионам, это проявится и в различии проницаемости для разных ионов).

Еще одно «облегчение» диффузии – это перенос ионов специальными молекулами-переносчиками. Наиболее известна способность молекулы валиномицина (антибиотик) переносить через модельные биослойные мембраны ион калия. Эта молекула «захватывает» ион K^+ , образует растворимый в липидах комплекс и проходит через мембрану. За способность переносить ионы через мембраны валиномицин и другие родственные соединения получили названия *ионофоров*.

Диффузия комплекса молекулы валиномицина и иона калия также описывается общим уравнением диффузии.

Перенос ионов через мембраны исследовал В.Ф.Антонов.

Уравнение диффузии, которая обычно записывают в виде (уравнение Фика)

$$I = -D d_c/d_x$$

Знак « - » показывает, что суммарная плотность потока вещества при диффузии направлено в сторону уменьшения концентрации (в сторону, противоположную градиенту концентрации), D – коэффициенты диффузии, применительно к рассмотренному примеру диффузии жидкости он равен

$$D = 1/3 \delta^2/\tau$$

Как видно единица коэффициента диффузии $1\text{ м}^2/\text{с}$.

В уравнении можно использовать как массовую ($\text{кг}/\text{м}^3$), так и молярную ($\text{моль}/\text{м}^3$) концентрации. Плотность потока вещества имеет единицы $1 \text{ кг}/(\text{м}^2 * \text{с})$ или $1 \text{ моль}/(\text{м}^2 * \text{с})$. Уравнение диффузии можно записать и виде

$$I = - D d_n/d_x$$

118-120

Единица плотности потока частиц при этом $1 \text{ част.}/(\text{м}^2 * \text{с})$.

А.Эйнштейн показал, что коэффициент диффузии пропорционален температуре:

$$D = u_m RT, \text{ или } u_m = D/RT$$

В данной формуле u_m – подвижность диффундирующих молекул (частиц), выраженная для моля. Вообще говоря, подвижностью диффундирующей частицы (молекулы, атома, иона, электрона) u называют коэффициент пропорциональности между скоростью v частицы и силы f ,двигающей частицу, в том случае, когда на частицу действуют другие силы (например, трение или соударение с другими частицами) и она перемещается равномерно:

$$v = u * f \text{ или } u = v/f$$

Единица подвижности $1 \text{ м}/(\text{с} * \text{Н})$. Величины u_m и u связаны с соотношением через постоянную Авогадро:

$$u = u_m * N_A$$

Перенос ионов определяется двумя факторами: неравномерностью их распределения, т.е. градиентом их концентрации, и воздействием электрического поля:

$$J = - D d_c/d_x - u_m ZFc d_c/d_x$$

- уравнение Нернста – Планка. Используем выражение для подвижности преобразуем уравнение:

$$J = -D \frac{d_c}{d_x} - D/RT * ZFC * \frac{d_\phi}{d_x} = -D \left(\frac{d_c}{d_x} + ZFC/RT * \frac{d_c}{d_x} \right)$$

Это другая форма записи уравнения Нернста – Планка.

Живые ткани являются источниками электромагнитной энергии, поскольку обладают свойствами электролитов, диссоциирующих на ионы. В цитоплазме клеток преобладают ионы K^+ , тогда как в межклеточном пространстве гораздо выше концентрация ионов Na^+

Концентрация ионов K^+ внутри клеток в 20 – 40 раз выше, чем в окружающей клетку жидкости, поэтому они могут свободно диффундировать по концентрационному градиенту и заражают внешнюю поверхность положительно, тогда как внутренняя – отрицательно (анионы отрицательно заряжены и не могут диффундировать из цитоплазмы наружу)

Концентрация ионов Na^+ выше в 10 – 20 раз снаружи (ионов Cl^- также больше снаружи).

Для биоэлектrogenеза необходимы два условия :

1) существование концентрационного градиента электролитов на клеточной мембране

2) наличие неодинаковой проницаемости мембраны для катионов и анионов внутри и вне клеток.

Источником электромагнитной энергии в клетке служит концентрационный элемент, образованный растворами ионов, неравновесно распределенных между цитоплазмой и межклеточной средой и обладающих неодинаковой проницаемостью для катионов и анионов.

В силу различия концентрации ионов по обе стороны мембраны возникает Э.Д.С., определяемая уравнением Нернста:

$$E = \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{C_1}{C_2},$$

где C_1 - концентрация K^+ снаружи клетки,

а C_2 - концентрация K^+ внутри.

По другому это уравнение пишется так :

$$E = \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{P_k [K^+]_e}{P_k [K^+]_i}$$

где индекс e (externus) - относится к наружной части клетки, а i (internus) к внутренней.

В случае диффузии через плазмолемму всех ионов, используется уравнение Гольдмана - Ходжкина - Катца :

$$E = \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{P_K [K^+]_e + P_{Na} [Na^+]_e + P_{Cl} [Cl^-]_i}{P_K [K^+]_i + P_{Na} [Na^+]_i + P_{Cl} [Cl^-]_e}$$

Где $[K^+]$, $[Na^+]$, $[Cl^-]$ - концентрации соответствующих ионов

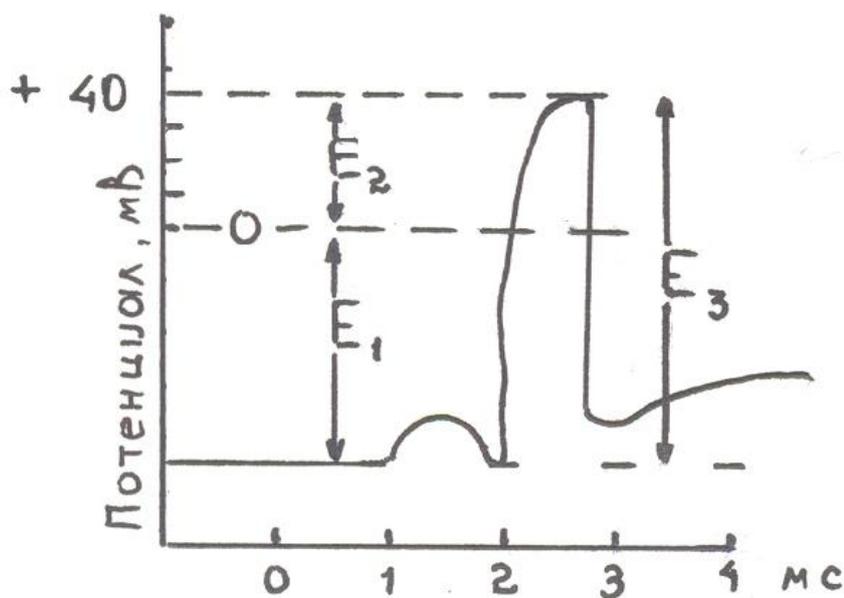
P_K , P_{Na} , P_{Cl} - коэффициенты проницаемости соответствующих ионов

Все клеточные мембраны подразделяются на возбудимые (электрогенные) и невозбудимые (неэлектрогенные). Неэлектрогенным мембранам присущ только потенциал покоя. Электрогенные же помимо потенциала покоя обладают еще потенциалами действия.

Возбудимыми тканями называют такие, клеточные структуры которых обладают возбудимыми мембранами. К ним относят нервную и мышечную ткани. Все остальные - невозбудимые генерируют только ПП.

При возбуждении мембрана становится хорошо проницаемой для всех ионов. Её сопротивление падает, ионные градиенты вследствие этого исчезают и разность потенциалов на мембране уменьшается до нуля и далее продолжает изменяться (см. рис.)

Показан потенциал действия нервного волокна кальмара (Ходжкин 1965 г.). В состоянии покоя на внутренней стороне мембраны – отрицательный потенциал = - 45 мВ. При возбуждении мембранный потенциал = + 40 мВ. Полное значение потенциала действия составляет 85 мВ. Е 1 - потенциал покоя. Е 2 – при возбуждении. Е 3 - потенциал действия



177-178

Явления переноса относятся к пассивному транспорту: диффузия молекул и ионов в направлении меньшей их концентрации, перемещением ионов в соответствии с направлением силы, действующей на них со стороны электрического поля.

Пассивный транспорт не связан с затратой химической энергии, он осуществляется в результате перемещения частиц в сторону меньшего электрохимического потенциала. Наряду с пассивным транспортом в мембранах клетки происходит перенос молекул и ионов в сторону большего электрохимического потенциала (молекулы переносятся в область большей их концентрации, ионы – против силы, действующей на них со стороны электрического поля).

Этот перенос осуществляется за счет энергии и не является диффузией – активный транспорт. Системы мембран, способствующие созданию градиентов ионов K^+ и Na^+ , получили названия натрий - калиевых насосов или, проще, натриевых насосов.

Натрий - калиевые насосы входят в состав цитоплазматических мембран, они работают за счет энергии гидролиза молекул АТФ с образованием молекул АДФ и неорганического фосфата (Φ_n):



Натрий - калиевый насос работает обратимо: градиенты концентрации ионов способствуют синтезу молекул АТФ из молекул АДФ и Φ_n :



Поверхностная мембрана клетки не одинакова, проницаема для разных ионов. Кроме того, концентрация каких-либо определенных ионов различна по разные стороны мембраны, внутри клетки поддерживается наиболее благоприятный состав ионов. Эти факторы приводят к появлению в нормально функционирующей клетке разности потенциалов между цитоплазмой и окружающей средой (*потенциал покоя*).

Основной вклад в создание и поддержание потенциала покоя вносят ионы Na^+ , K^+ и Cl^- . Суммарная плотность потока этих ионов с учетом их знаков выражается уравнением Гольдмана-Ходжкина-Катца.

$$E = \frac{RT}{ZF} \ln \frac{P_K [K^+]_e + P_{Na} [Na^+]_e + P_{Cl} [Cl^-]_i}{P_K [K^+]_i + P_{Na} [Na^+]_i + P_{Cl} [Cl^-]_e}$$

СИЛЛАБУС
на 2016/2017 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

Лекционное занятие № 6

Тема: Биоэлектродинамика-1

Технология обучения лекционного занятия

Время– 2 часа	Число студентов 15-40
Вид лекции	Информационно-визуальная
Структура учебного занятия	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Организационный ➤ Постановка темы и цели урока ➤ Изложение материала ➤ Укрепление материала ➤ Подведение итогов
Цель: привить будущим специалистам прочных теоретических знаний, ознакомить терминологией, законами биоэлектродинамики.	
<p>Задачи педагога:</p> <ul style="list-style-type: none"> - дать основные понятия биоэлектродинамики; - рассказать об электрических свойствах тканей организма; - сформировать основы теоретико-прикладного мышления 	<p>Результат обучения:</p> <ul style="list-style-type: none"> - узнают об электрических свойствах тканей организма; - получают нужную информацию и изучают данный материал
Методика и техника обучения	Лекция, решение ситуационных задач, графический органайзер: кластер
Средство обучения	Проектор, графический органайзер
Вид обучения	Коллективное, индивидуальное
Условия обучения	Аудитория оснащенная проектором
<i>Мониторинг</i>	Устный контроль: ответы на вопросы

Технологическая карта лекционного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организац ионная часть 10 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план лекции. 1.3 Даёт ключевые слова 1.4. Объясняет мониторинг контроля освоения данной темы.	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние исходных знаний по теме 5 мин.	организует беседу по технологии «Дискуссия» При этом задаёт вопросы • Что такое ток? • Какими электрическими свойствами обладают жидкости?	1. По теме вспоминает основные понятия. 2.Активно участвует при дискуссии
3.	Объясне- ние темы 60 мин.	Объясняет тему по плану: Электрический ток. Плотность тока. 2. Электрические и магнитные свойства организма. 3. Электрическая проводность биологических тканей. 4. Механизм влияния постоянного тока на организм. 5. Гальванизация и электрофорез.	Слушают Записывают
4.	Укрепле- ние темы 10 мин.	- Систематизирует данный материал - уточняет основные моменты - отвечает на вопросы .	Задают вопросы
5.	Домашнее	Задаёт домашнее задание и	Записывает домашнее

задание 5 мин.	объявляет следующей лекции	название	задание
-------------------	-------------------------------	----------	---------

План лекции:

1. Электрический ток. Плотность тока.
2. Электрическая структура живого организма
3. Электрические и магнитные свойства организма.
4. Электрическая проводимость биологических тканей.
5. Механизм влияния постоянного тока на организм.
6. Гальванизация и электрофорез.

Электричество

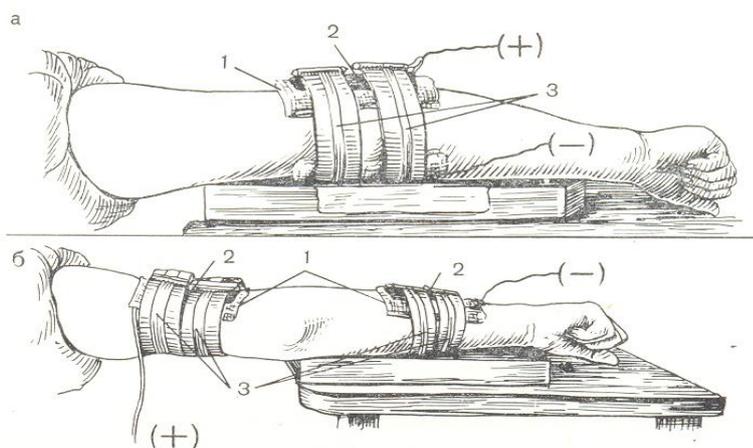
Электричество слова обычно вызывает изображение искусственной технологии, потому что мы обычно связываем электричество с устройствами, такими как усилитель, телевизор и компьютеры. Эта технология, конечно, играла важную роль в нашем понимании живущих систем, поскольку это обеспечило главные инструменты для исследования жизненных процессов. Однако самые важные жизненные процессы включают электрические явления. Нервной системой живых организмов и контролем мышечного движения, например, управляют электрические взаимодействия. Краткий обзор электрических характеристик тока.

- ▶ *Упорядоченное (направленное) движение носителей заряда любой природы называется электрическим током. Такое движение зарядов, за редкими исключениями, вызывается действием сил электрического поля, в результате которого носители заряда получают ускорения. Основной характеристикой электрического тока является скалярная величина — сила тока.*
- ▶ *Если за время dt перенесен заряд dq то сила тока может быть выражена как производная функции изменения заряда по времени*
- ▶ *Если ток по поверхности S распределен неравномерно, то определяют плотность тока j в каждой точке поверхности, которая численно равна отношению силы тока dI через достаточно малую площадку dS , расположенную в данной точке поверхности перпендикулярно направлению движения носителей зарядов, к величине площади:*
- ▶ *Если ток I через данную поверхность S распределен равномерно, то плотность тока $j=I/S=const$*

- ▶ В металлических проводниках ток представляет направленное движение электронов, перешедших на свободные уровни валентной зоны. Число n таких электронов в единице объема проводника (или концентрация электронов) для данного металла постоянно и почти не зависит от температуры ($n \approx 10^{22} \div 10^{23} \text{ см}^{-3}$).
Направление движения электронов обратно направлению электрического поля.
- ▶ В проводнике постоянного сечения S , содержащем n электронов в единице объема, при средней скорости и перемещения электронов под действием поля сила тока I , т. е. заряд, переносимый через сечение S в единицу времени:
где e — заряд электрона ($1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл), V — объем проводника, t — время. Плотность тока $j = I/S = env$.
- ▶ плотность тока в проводнике прямо пропорциональна напряженности электрического поля в нём
 $j = \gamma E$
- ▶ Коэффициент пропорциональности называется удельной электропроводностью проводника (для единицы объема в 1 см^3 измеряется в $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$).
- ▶ **Закон Ома для постоянного тока**
сила тока на участке проводника прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.
где R — сопротивление проводника
 ρ — удельное сопротивление, l — длина проводника,
 S — площадь поперечного сечения
Электрическая проводимость — величина, обратная сопротивлению.
Удельная электрическая проводимость — величина, обратная удельному сопротивлению. $\gamma = 1/\rho$ Удельная электрическая проводимость зависит:
 n — концентрация ионов
 q — количество заряда
 α — коэффициент диссоциации
 b — подвижность +, - ионов $b = V/E$
 V — скорость иона E — напряжённость поля

Постоянный ток плотностью не выше $0,1 \text{ мА/см}^2$ (для детей- $\leq 0,05 \text{ мА/см}^2$) и напряжением 60-80В используется как лечебный метод, называемый гальванизацией и осуществляется с помощью аппаратов - настенных АГН-1, АГН-2, портативных ГВП-3, АГП-33, для гальванизации полости рта ГР-2 и аппарата «Поток-1».

Аппарат для гальванизации представляет собой двухполупериодный выпрямитель с электрическим фильтром для сглаживания пульсаций. К больному ток поступает через свинцовые электроды толщиной 0,3-0,5 мм. Между телом и электродами устанавливаются гидрофильные прокладки толщиной 10 мм, смоченные теплой водой для уменьшения высокого омического сопротивления сухой кожи и устранения прижигающего влияния продуктов электролиза. Площадь электродов зависит от места наложения ($3-400 \text{ см}^2$)



Расположение электродов при гальванизации а-поперечное, б-продольное

Под влиянием гальванического тока в тканях усиливаются крово- и лимфообращение, стимулируются обменные процессы, проявляется болеутоляющее действие, нормализуется функциональное состояние центральной и вегетативной нервной системы, расширяются коронарные сосуды и повышаются тем самым функциональные возможности сердца. Кроме того постоянный ток увеличивает в тканях напряжение кислорода, содержание гликогена и АТФ в миокарде, стимулирует функцию желез внутренней секреции, влияет на возбудимость нервно-мышечного аппарата, т.к. раздражение током кожных и тканевых рецепторов передается в ЦНС, в результате чего возбуждаются вегетативные центры, эндокринные железы и т.д.

В электротерапии постоянный ток вышеуказанных параметров ($i \leq 0,1 \text{ мА/см}^2$, $U=60-80 \text{ В}$) используют для введения в организм ионов (ионофорез) или более крупных электрически заряженных частиц (электрофорез) лекарственных веществ, для чего прокладку под одним из

электродов смачивают раствором соответствующего фармакологического агента.

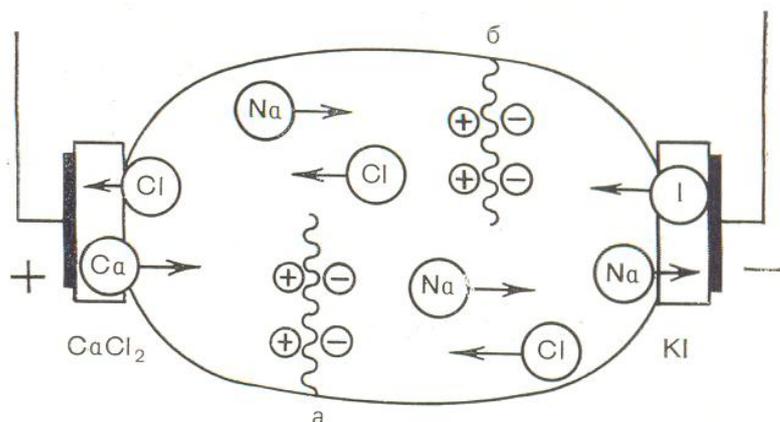


Схема движения ионов при электрофорезе

Лекарственные вещества вводят в соответствии со знаком их заряда: от положительного электрода вводят ионы металлов и положительно заряженных в растворе частицы сложных веществ (*хинин, новокаин* и т.д.), от отрицательного электрода - ионы кислотных радикалов и отрицательные частицы сложных веществ (*сульфидин, пенициллин* и др.)

При использовании сильнодействующих или дорогостоящих лекарств раствором пропитывают фильтровальную бумагу или марлю, подкладываемых под прокладку, которая смачивается водой. Для спец. целей, например, в глазной клинике применяются также наливные электроды, состоящие из ванночки с вмонтированным угольным или платиновым электродом. Ванночка прикладывается к глазу, заполняется лекарственным веществом, а второй электрод помещается на задней поверхности шеи.

Электрофорез осуществляется с помощью аппарата для гальванизации. При этом лекарственное вещество поступает в организм в электрически активном состоянии и в сочетании с действием постоянного тока, что обеспечивает повышенную фармакологическую эффективность лекарственных веществ.

Введенные ионы не проникают в организм на большую глубину, они задерживаются в коже и подкожной клетчатке в области расположения электродов, а затем в течении длительного срока путем диффузии переходят в общий ток крови и разносятся по всему организму. При этом ионы превращаются в атомы.

Нервная система

Самое уникальное использование электрических явлений в живых организмах найдено в нервной системе животных. Специализированные клетки назвали форму нейронов сложной сетью в пределах тела, которое получает, обрабатывает и передает информацию от одной части тела до другого. Центр этой сети расположен в мозге, у которого есть способность сохранить и проанализировать информацию. Основанный на этой информации, нервная система управляет различными частями тела. Нервная система очень сложна. Человеческая нервная система, например, состоит приблизительно из 10^{10} связанных нейронов. Изучение нервной системы была изучена более чем 180 сто лет, его функционирование в целом все еще плохо понято. Не известно, как информация хранится и обрабатывается нервной системой; и при этом не известно, как нейроны превращаются в специфические образцы выполняющие функции. Все же некоторые аспекты нервной системы теперь известны. В течение прошлых 40 лет, метод распространения сигнала через нервную систему было установлено твердо. Сообщения это - электрический импульс, переданный нейронами. Когда нейрон получает соответствующий стимул, он производит электрический импульс, который распространяется вдоль, подобно кабельной структуры. Импульс постоянный в величине и продолжительности, независимый от интенсивности стимула. Когда импульс достигает конца «кабеля», они активируют другие нейроны или мышечные клетки.

Нейрон

Нейроны, которые являются основными единицами нервной системы, могут быть разделены на три класса: сенсорные нейроны, моторные нейроны и межнейроны. Сенсорные нейроны получают стимулы от сенсорных органов, которые контролируют внешнюю и внутреннюю среду тела. В зависимости от их специализированной функции, сенсорные нейроны передают сообщения о факторах, таких как высокая температура, свет, давление, мышечное напряжение и аромат в более высокие центры в нервной системе для обработки. Моторные нейроны несут сообщения, которые управляют мышечными клетками. Эти сообщения основаны на информации, предоставленной сенсорными нейронами и центральной нервной системой, расположенной в мозге.

Межнейроны передают информацию между нейронами.

Каждый нейрон состоит из клеточного тела, к которому приложены входные концы, названные дендритами и длинным хвостом, названным аксоном, который размножает сигнал далеко от клетки. Дальний конец аксона ветвится в нервные окончания, которые передают сигнал через небольшие промежутки к другим нейронам или мышечным клеткам. Большинство нервных связей намного более сложно.

Аксон, который является расширением клетки нейрона, проводит электрические импульсы далеко от клеточного тела. Некоторые аксоны длинны действительно - у людей, например, аксоны, соединяющие позвоночник с пальцами ног, являются больше чем метром в длине. Некоторые аксоны покрыты сегментированными ножнами жирного материала, названного *миелином*.

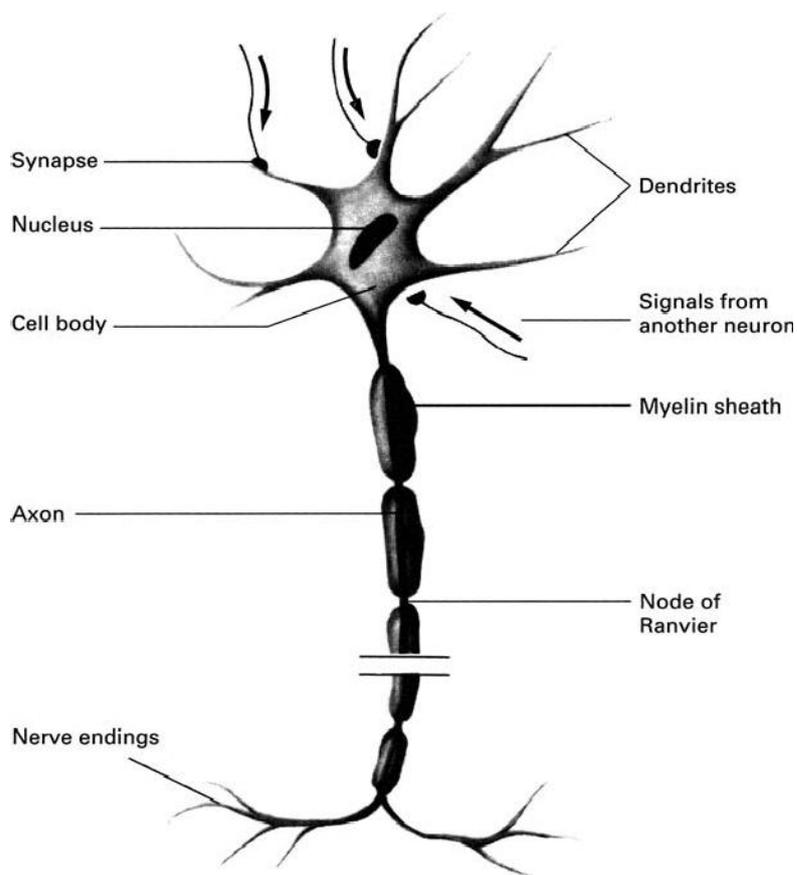


РИСУНОК 1 нейрон.

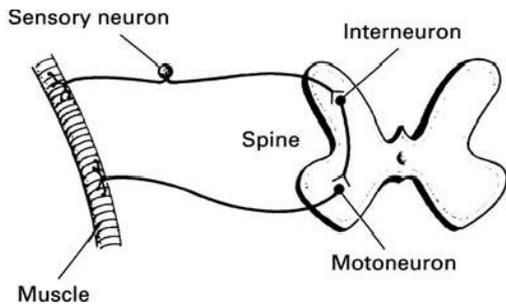


РИСУНОК 2 простая нервная схема.

Хотя каждый аксон размножает свой собственный сигнал независимо, много аксонов часто разделяют общий путь в пределах тела. Эти аксоны обычно группируются в связки нерва.

Способность нейрона передать сообщения происходит из-за специального электричества

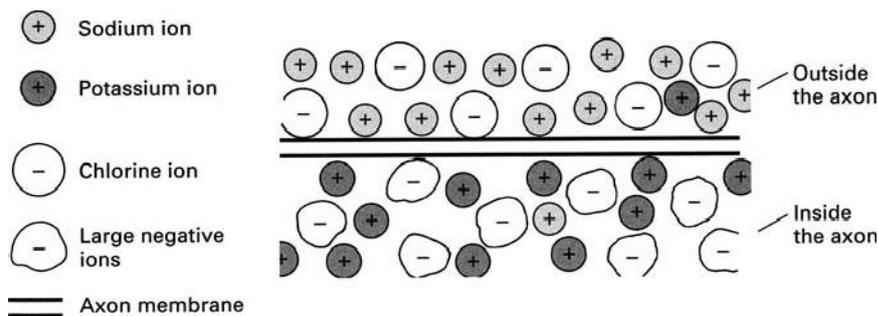


РИСУНОК 3 мембрана аксона и среда.

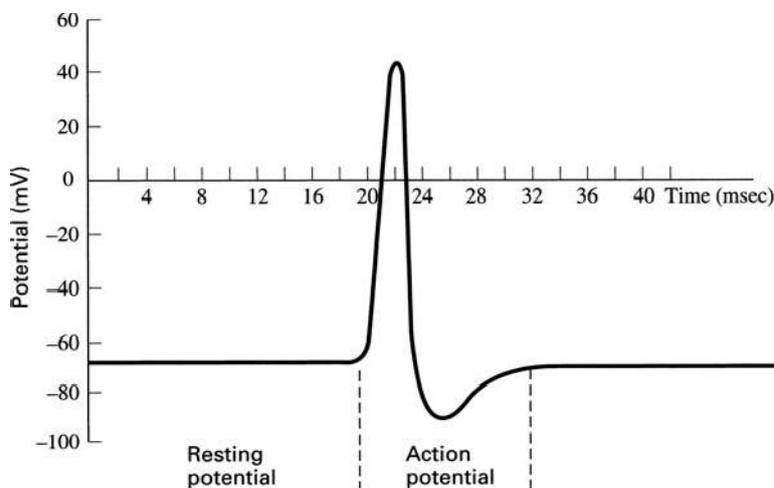


РИСУНОК 4 потенциал действия.

Электрическая структура живого организма

Существует на всех уровнях биологической организации как иерархическая структура, которая полностью соответствует обычной классификации в биологии, но регулируется определенными физическими подходами (рис. 1).

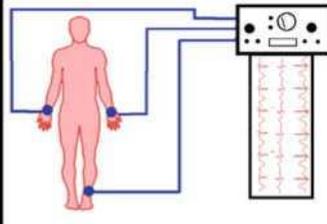
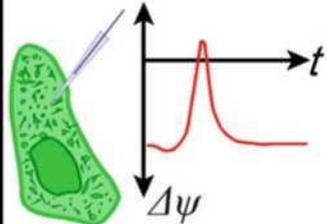
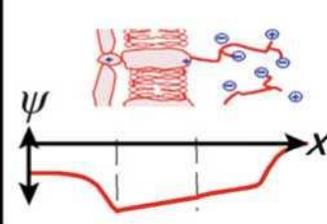
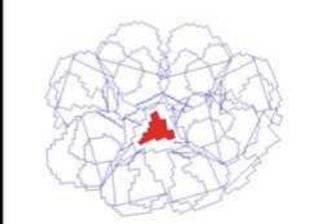
Organism		Electrodynamics <i>Maxwell equations</i>
Cell		Phenomenological thermodynamics <i>Nernst-Planck equation</i>
Supramolecular structures		Statistical thermodynamics <i>Poisson-Boltzmann equation</i>
Atomar, and molecular structures		Wave, and quantum mechanics <i>Schrödinger equation</i>

Рис. 1. Иерархическая система электрической структуры живого организма и соответствующие физические подходы

На атомном и молекулярном уровне, взаимодействия могут быть объяснены с использованием подходов волновой механики. В частности, уравнение Шредингера позволяет рассчитать электрические параметры при атомных размерах, определения энергии химических связей и молекулярных взаимодействий.

Учитывая надмолекулярные структуры, такие как мембраны, электрическая структура определяется фиксированной и мобильной связи зарядов и диполей, образующих двойных электрических слоев и регулирующих межмолекулярных взаимодействий.

Для рассмотрения клетки как термодинамической системы, были использованы подходы феноменологической термодинамики. Внутренняя и

внешняя сторона среды клеток и органелл можно рассматривать как фазы с особыми свойствами. Различия в электрических потенциалов между этими фазами, такими как трансмембранных потенциалов, может быть описана уравнением Нернста-Планка. Их свойства, динамика и биологическая значимость обсуждались в разделах биомембран.

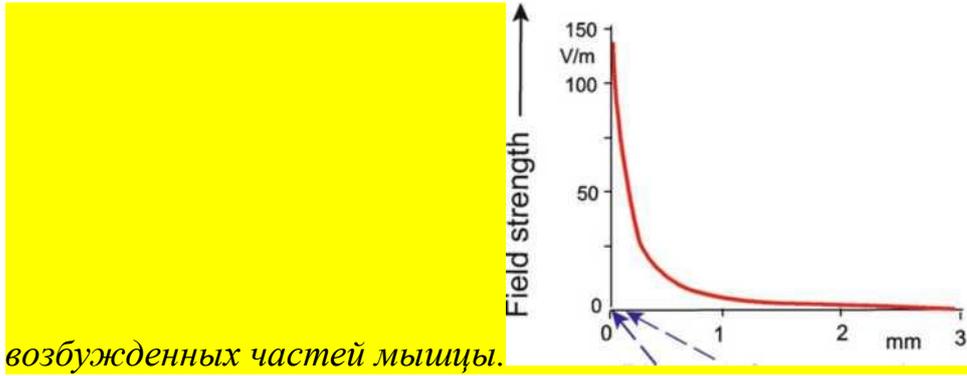
Несмотря на эти иерархических уровней структуры, следует еще раз отметить, что электрический потенциал является физически определенный параметром, независимо от его источника. Таким образом, существует только один электрический потенциал в один момент времени в одной точке в пространстве.

Roland Glaser "Biophysics" Springer, 2011, стр 185-187

Другим источником внеклеточных токов и полей различные мембранные возбуждения. Аксон нервной клетки может быть лучшим примером. Если потенциал действия распространяется вдоль аксона, небольшие участки этой мембраны станут деполяризованная. В отличие от части аксона с потенциала покоя, где внешняя сторона мембраны положительно заряженным по отношению к внутренней один, полярность мембран сторон потенциала действия противоположно. В результате бокового электрического тока от одной точки мембраны на другую (рис. 3.37). Такие локальные деполяризации возникают не только в нервах, но и в мышцах и других клетках.

В случае синхронизированного возбуждения пучком нервных или мышечных клеток, токи и поля отдельных клеток накладываются, и может быть измерена как электрокардиограммы (ЭКГ), электромиограммы (ЭМГ) и электроэнцефалограммы (ЭЭГ) на периферии тела. Использование электрического потенциала поверхностных различий в медицинской диагностике возникает вопрос: как электрические поля, генерируемого, например, бьющегося сердца, распространение в организме? Современные методы позволяют достаточно хорошую реконструкцию распределения электрического поля, используя параллельные записи ЭКГ одновременно в разных частях тела. Результаты measurable ЭКГ от возбуждения определенных частей сердечной мышцы в ритме бьющегося сердца. Следовательно, сердце становится осциллирующий диполь, ориентация

которого изменяется в зависимости от ориентации фактически



возбужденных частей мышцы.

Рис. 3.37 Схематическое изображение снимка возбужденного нерва. Красные области представляют фактическое положение деполяризованной мембраны (см также рис. 3.29)

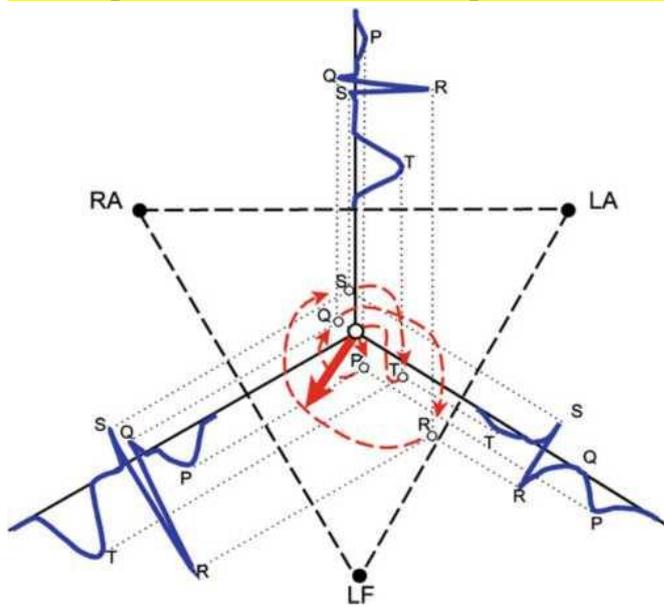


Рис. 3.38 Конструирование вектора кардиограмму в соответствии с треугольником Einthoven. Использование временной ход потенциальных

кривых (синий), ориентированных в виде равностороннего треугольника, вращающийся диполь (красная стрелка) может быть построена в центре. P, Q, R, S, T - являются соответствующие волны ЭКГ. RA правая рука, левая рука LA и LF ногой. The левой первым, кто предложил метод оценки ЭКГ был голландский физиолог Эйнтховен, который был удостоен Нобелевской премии за свою работу в 1924 году он предложил, что она должна быть обеспечена возможность локализовать возбужденный части сердца путем обнаружения потенциалов в трех точках на теле, которые являются более или менее равном расстоянии от сердца. Это так называемый Эйнтховен треугольник проиллюстрирован схематически на фиг. 3.38. Три кардиограммы, полученные из соответствующих точек, указывают на периодическую последовательность P, Q, R, S и T волн. Эти волны представляют собой последовательность возбуждения различных частей сердечной мышцы, начиная с возбуждением предсердий (P-волны). Если все предсердные волокна находятся в фазе плато, сегмент PQ достигается. В дальнейшем, возбуждение распространяется на желудочки, начиная с левой стороны от перегородки желудочков, распространяясь к вершине (QRS волны), и, наконец, достигает желудочков фазы восстановления (T волны). В результате проекции этих кривых, соответствующих геометрии равностороннего треугольника, появляется вращающийся вектор, начало которого находится в точке пересечения трех осей. Стрелочист движется периодически вдоль пунктирной линии. Из-за диэлектрической неоднородности тела, точная корреляция между результирующими дипольных векторов поля с анатомическим положением различных частей сердечной мышцы невозможно.

Roland Glaser "Biophysics" Springer, 2011, стр 189-191

Потенциал действия обусловлен скачкообразным изменением проницаемости мембраны, происходящим при возбуждении клетки. Его длительность- несколько микросекунд, амплитуда- 100мВ.

Электрическая активность миокарда, зарегистрированная на бумаге и выражающая ее физиологические свойства и функциональные особенности, наз. **электрокардиографией**, а прибор- **электрокардиографом**.

Для регистрации ЭКГ применяются электроды, представляющие собой металлические круглые или прямоугольные пластины (0,3-30 см²) и крепящиеся с помощью резиновых бинтов резиновыми присосками или специальным головным шлемом (для ЭЭГ)

Существуют также полостные электроды (в виде желудочных зондов или внутрисердечных катетеров), а также игольчатые, вводимые в исследуемую ткань.

Реоэнцефалография- метод исследования кровообращения головного мозга, основанный на регистрации ритмических изменений импеданса тканей при прохождении переменного тока до 10 мА, частотой 80-150кГц через кожные покровы головы, костную и мозговую ткань, что вызвано колебаниями кровенаполнения мозговых и внемозговых сосудов и скоростью движения крови.

Импеданс тканей складывается из активной (омической) и реактивной (емкостной) составляющих. Реактивная составляющая меняется в различных процессах незначительно. Значительны колебания активной компоненты, т.к. она связана с кровенаполнением сосудов.

Реограмма свидетельствует о состоянии сосудов, изменении их тонуса, т.е. эластичности, интенсивности кровенаполнения, размера просвета.

Уменьшение кровотока вследствие атеросклероза, аномалиях сосудистой стенки и др. проявляется на реограмме снижением амплитуды и уплощением волны, а также сглаженностью дополнительных колебаний.

Реография в зависимости от места приложения подразделяется на *реокардиографию, реопарадонтографию, реопульмографию, реогепатографию, реоэнцефалографию.*

Синонимом реографии является импеданс- *плетизмография.*

Метод электродиагностики- это исследование функционального или анатомического состояния периферических нервов и мышц при помощи раздражения их электрическим током. При этом изучается ответная реакция в виде сокращения мышц

Для здоровой ткани характерно *молниеносное сокращение* мышц. При развитии дегенеративных процессов мышца отвечает на раздражение *замедленным, вялым сокращением.* Это является диагностическим показателем.

При электродиагностике применяются два электрода- активный или точечный с малой площадью в точке нанесения раздражения и пассивный площадью не менее 150 см², располагающийся в межлопаточной области при исследовании верхней половины тела или в крестцово-поясничной – при исследовании нижней половины тела

Методы определения электрических свойств стоматологических материалов

К основным электрическим свойствам материалов следует в первую очередь отнести удельное сопротивление, а также температурный коэффициент сопротивления. Наиболее часто используется метод определения удельного сопротивления, который позволяет установить структурное и фазовое состояние, кинетику фазовых превращений, плотность дефектов строения материала. Точность этого метода достаточно высока, так как определяется точностью современных электроизмерительных приборов. Измерение электросопротивления осуществляется как контактными, так и бесконтактными методами.

Контактные методы измерения удельного электросопротивления хорошо известны и характерны тем, что в этих методах и источник питания и измерительные элементы контактно соединены с образцом.

Бесконтактные методы измерения удельного сопротивления основаны на явлении электромагнитной индукции. Их основное достоинство – это возможность проводить измерения в изолированных сосудах, при высоких температурах и т.д. Эти методы в свою очередь подразделяются на три вида: метод вращающегося магнитного поля, метод вихревых токов и метод, основанный на регистрации отражения энергии высокочастотных колебаний.

Суть первого метода заключается в том, что при вращении внешнего магнитного поля в образце возникает ЭДС индукции и начинает протекать индукционный ток. Этот ток, взаимодействуя с внешним магнитным полем, приводит к возникновению момента сил, который определяется по углу закручивания нити подвеса. Во втором методе образец помещают в вихревое магнитное поле, в результате чего в образце возникают вихревые токи, поле которых взаимодействует с внешним магнитным полем и вызывает изменение полного сопротивления. Изменение активной составляющей полного сопротивления характеризует удельное сопротивление образца. Третий метод применяют для полупроводников. Удельное сопротивление при этом определяется по изменению коэффициента отражения электромагнитных волн, зависящего от удельного сопротивления.

Для измерения диэлектрических свойств материалов применяют методы Q- метрии и резонансного смещения.

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

Лекционное занятие № 7
Тема: Биоэлектродинамика-2

Технология обучения лекционного занятия

Время– 2 часа	Число студентов 15-40
Вид лекции	Информационно-визуальная
Структура учебного занятия	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Организационный ➤ Постановка темы и цели урока ➤ Изложение материала ➤ Укрепление материала ➤ Подведение итогов
Цель: привить будущим специалистам прочных теоретических знаний, ознакомить терминологией, законами биоэлектродинамики.	
Задачи педагога: --рассказать об электрических свойствах тканей организма; - - сформировать основы теоретико-прикладного мышления	Результат обучения: -узнают о - получают нужную информацию и изучают данный материал
Методика и техника обучения	Лекция, решение ситуационных задач, графический органайзер: кластер
Средство обучения	Проектор, графический органайзер
Вид обучения	Коллективное, индивидуальное
Условия обучения	Аудитория оснащенная проектором
<i>Мониторинг</i>	Устный контроль: ответы на вопросы

Технологическая карта лекционного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организационная часть 10 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план лекции. 1.3 Даёт ключевые слова	Слушают, записывают Уточняют, задают вопро-

		1.4. Объясняет мониторинг контроля освоения данной темы.	сы
2.	Определение исходных знаний по теме 5 мин.	организует беседу по технологии «Дискуссия» При этом задаёт вопросы <ul style="list-style-type: none"> • Что такое переменный ток? • Какими электрическими свойствами обладают ткани? 	1. По теме вспоминает основные понятия. 2. Активно участвует при дискуссии
3.	Объяснение темы 60 мин.	Объясняет тему по плану: <ol style="list-style-type: none"> 1. Электростимуляция. 2. Низкочастотные импульсные токи. Электросон. 3. Электрокардиография. 4. Электрокардиостимуляция. Кардиостимуляторы. 5. Лечебное действие низкочастотного электрического поля. Франклиннизация (электростатический душ). 6. Аэроионотерапия. Аэрозольтерапия. Электроаэрозольтерапия. 7. ВЧ токи (д'арсонвализация, диатермия), ВЧ магнитное поле (индуктотермия), УВЧ электрическое поле (УВЧ-терапия), Электромагнитное поле СВЧ диапазона (СВЧ-терапия). 	Слушают Записывают
4.	Укрепление темы 10 мин.	- Систематизирует данный материал - уточняет основные моменты - отвечает на вопросы .	Задают вопросы
5.	Домашнее задание 5 мин.	Задаёт домашнее задание и объявляет название следующей лекции	Записывает домашнее задание

План лекции:

1. Электростимуляция.
2. Низкочастотные импульсные токи. Электросон.
3. Электрокардиография.
4. Электрокардиостимуляция. Кардиостимуляторы.
5. Лечебное действие низкочастотного электрического поля. Франклинизация (электростатический душ).
6. Аэроионотерапия. Аэрозольтерапия. Электроаэрозольтерапия.
7. ВЧ токи (д'арсонвализация, диатермия), ВЧ магнитное поле (индуктотермия), УВЧ электрическое поле (УВЧ-терапия), Электромагнитное поле СВЧ диапазона (СВЧ-терапия).

Электрическая Технология

Электрическая технология начало свое развитие, применяя некоторые из основных принципов физики к проблемам в коммуникациях и промышленности. Хотя эта технология была направлена прежде всего к промышленному применению и военным применениям, она сделала большие вклады в науку о жизни. Электрическая технология обеспечила инструменты для наблюдения за биологическими явлениями, которые были бы иначе недоступны. Это привело к созданию большинства современного клинического и диагностического оборудования, используемого в медицине.

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ В БИОЛОГИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ

Наше понимание мира было бы очень ограничено, если бы это базировалось только на наблюдениях, сделанных с помощью нашими лишёнными чувствами. Хотя наши чувства хорошо развиты, их ответы ограничены. Мы не можем слышать звук в частотах выше 20 000 гц. Мы не можем видеть электромагнитное излучение вне ограниченной области длины волны приблизительно между 400 нм и 700 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$). Даже в этом видимом диапазоне, мы не можем обнаружить изменения в интенсивности света, которые происходят при уровне быстрее чем приблизительно 20 Гц. Хотя многие из жизненных процессов в пределах наших тел являются электрическими, наши чувства непосредственно не могут обнаружить маленькие электрические поля. Электрическая технология обеспечила средства для того, чтобы они перевели информацию с многих областей в область наших чувств. Электрическая технология – обширный, мы просто рассмотрим в общих чертах общие методы, используемые в наблюдении жизненных процессов. Диаграмму типичной экспериментальной установки в биологии показывают в Рис. 1.

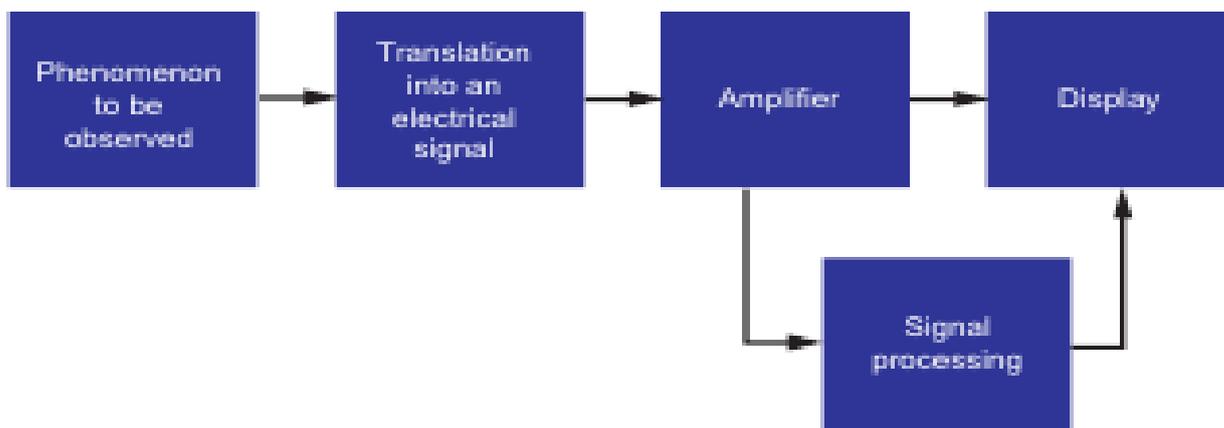
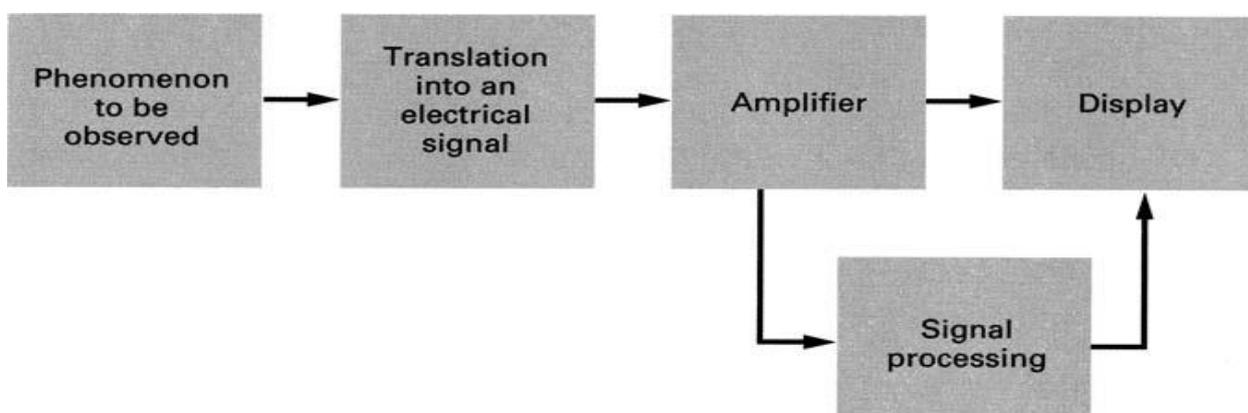


РИСУНОК 1. эксперимент в биологии.

Различные под единицы эксперимента показывают как блоки специализированных функций. Мы начинаем с явления, которое мы хотим наблюдать, но которое мы не можем обнаружить с нашими чувствами. Это может быть, например, высокочастотным звуком, испускаемым летучей мышью, электрохимической деятельностью клетки, тонким движением мускула, или светом, излучаемым флуоресцентной краской. Эти явления являются первыми переведенный на электрические сигналы, которые несут информацию об интенсивности и изменениях времени оригинального случая. Специализированные устройства обязаны выполнить эту задачу. Некоторые из этих устройств обычно находятся в нашем каждодневном технологии; другие являются довольно тайными. Звук, например, переведен на электрический сигнал микрофонами. Свет может быть переведен на электрический ток фотомножителями.

Электрические сигналы, произведённые таким образом, обычно слишком слабы, чтобы двигался заключительный инструмент, который показывает сигналы для нашего наблюдения, таким образом, власть и амплитуда сигнала увеличена устройством, названным усилителем. Усиленный сигнал идет к дисплейному блоку.



14.2 ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Большинство диагностического оборудования в медицине использует электрическую технологию в одной или иной форме. Даже традиционный стетоскоп теперь доступен с электронными модификациями, которые увеличивают его чувствительность. Мы опишем здесь только два из многих диагностических приборов которые нашли в современной клинической среде: электрокардиограф и электроэнцефалограф.

В результате ионных потоков, связанных с электрическими действиями в клетки, разности потенциалов произведены вдоль поверхности тела. Измеряя эти разности потенциалов между соответствующим точками на поверхности тела, возможно получить информацию о функционирование определенных органов. Поверхностные потенциалы являются обычно очень маленькими и, поэтому, должны быть усилены прежде, чем они смогут быть даны для анализа.

14.2.1 Электрокардиограф

Электрокардиограф (кардиограмма) является прибором, который делает запись поверхностных потенциалов связанных с электрической деятельностью сердца. Поверхностные потенциалы проводимый к прибору металлическими контактами называются электродами, которые установлены к различным частям тела. Обычно электроды присоединены к этим четырем конечностям и по сердцу. Напряжения измерены между двумя электродами за один раз. (См. Рис. 14.2.)

Типичный нормальный сигнал, зарегистрированный между двумя электродами, показывают в Рис. 14.3.

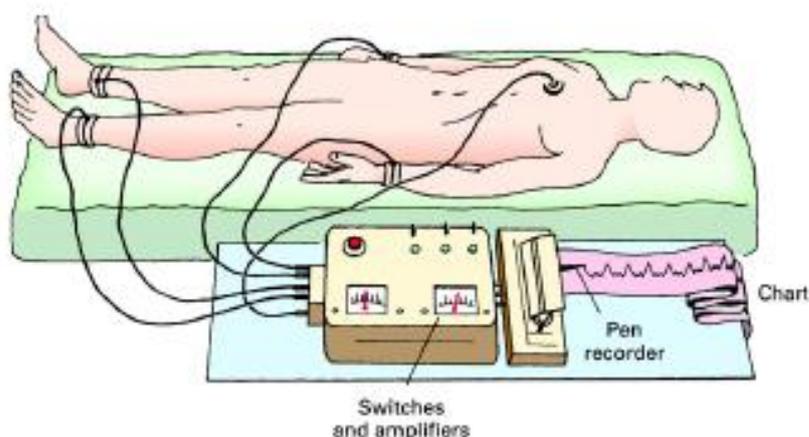


РИСУНОК 14.2 Электрокардиограф

Главные особенности этой формы волны идентифицированы буквами P, Q, R, S, и T. Форма этих особенностей меняется в зависимости от местоположения электродов. Обучаемый наблюдатель может диагностировать отклонения, признавая отклонения от нормальных образцов. Форма волны в Рис. 14.3 объяснена с точки зрения насосного действия сердце описано в Главе 8.

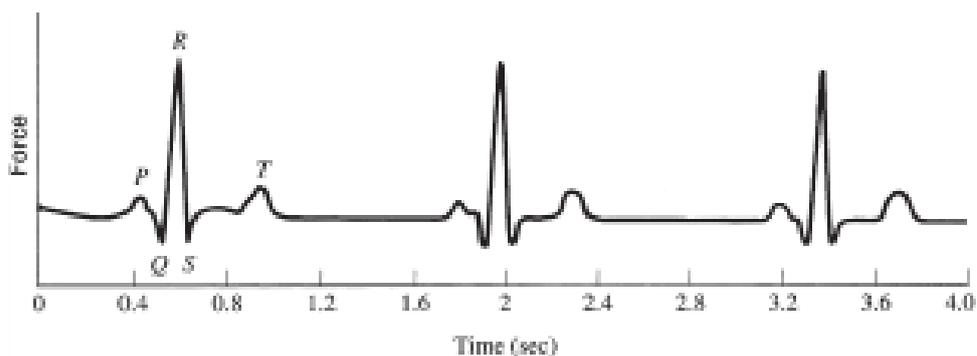


РИСУНОК 14.3 Электрокардиограмма

14.6.1 Слуховые аппараты

Основной принцип слуховых аппаратов прост. Микрофон преобразовывает звук в электрический сигнал. Электрический сигнал усилен и преобразовывается назад в звук как использование устройства типа спикера. Конечный результат - увеличение звук, который входит в ухо.

Первые слуховые аппараты стали коммерчески доступными в 1930-ых.

Они

были относительно большие тяжелые устройства, используя электронную лампу имеющую батарейное питание усилителя. Батарейки должны были ежедневно заменяться.

Намного меньшие транзисторные усилители, которые стали доступными в 1950-ых сделанные действительно реальные слуховые аппараты. Слуховые аппараты транзисторы были теперь маленькими достаточно чтобы поместились в ухо. Применение технологии компьютера к слуховым аппаратам было другое главное усовершенствование, которое позволило отдельному устройству, чтобы дать компенсацию за определенный дефицит слушания пользователя.

Используя различные сети обратной связи, современные слуховые аппараты автоматически приспособляются в объем звука так, чтобы тихие звуки можно было услышать и громкие звуки не были крайне подавляющими.

14.6.2 Кохлеарное Внедрение

Кохлеарное внедрение функционирует по-другому от слухового аппарата. Слуховой аппарат усиливает поступающий звук, дающий компенсацию за уменьшенное функционирование уха. Кохлеарное внедрение преобразовывает звук в электрические сигналы внутренним ухом в ответ на звук, который входит в ухо. Электрический сигнал с помощью беспроводных технологий передан к электродам, хирургическим путем внедренным во внутреннее ухо. Сигналы относившие к электродам, стимулируют слуховой нерв, чтобы

произвести сенсацию звука. Таким образом кохлеарное внедрение фактически подражает функциям из уха и может вернуть частичное слушание тугоухому. Эскиз кохлеарной системы внедрения показываюет в Рис. 14.10. Внешняя часть системы является достаточно маленькой, чтобы быть помещенной позади уха. Это состоит из микрофона, процессор сигнала, и передатчика. Внутренняя деталь состоит из приемника и множество внедренных электродов и рана через улитку уха.

Микрофон преобразовывает звук в электрический сигнал. Такие электрические сигналы, как произведены микрофоном, может самостоятельно стимулировать слуховой нерв, но нервные сигналы, произведенные таким возбуждением, не был бы интерпретируемый мозгом как звук. В нормальном ухе жидкость заполнила процессы улитки уха согласно частоте есть звуковой сигнал, таким образом что различная частота компонентов поступающего звука стимулируют нервные окончания вдоль различной части основной мембраны

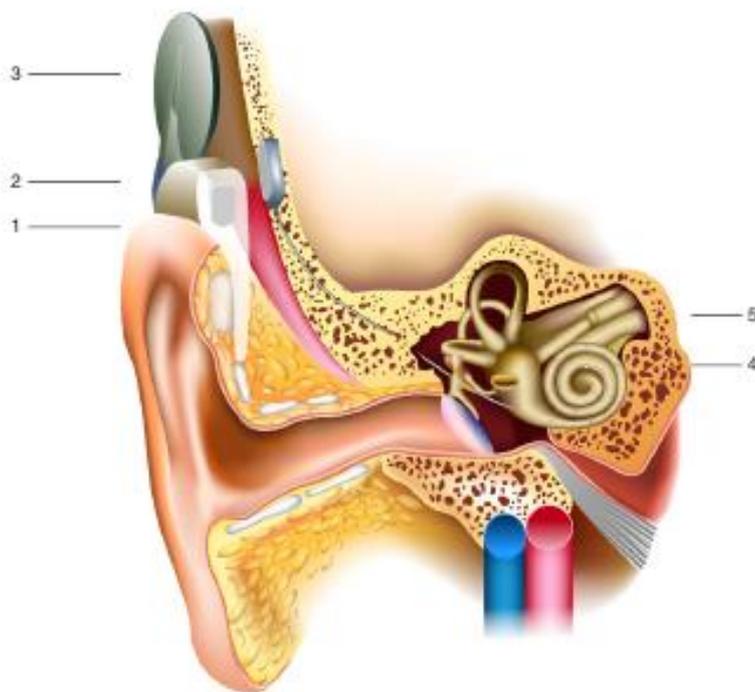


РИСУНОК 14.10 Кохлеарное внедрение.

1. Звуки усиленные микрофоном.

2. Сигнал тогда "закодирован" (преобразовался специальный образец электрического импульса).

3.

4. Внедрение посылает образец из электрического импульса к электродам в улитке уха.

5. Слуховой нерв усиливает электрический импульс и посылает их в мозг. Мозг признает эти сигналы звуком.

Этот тип отборного частотой возбуждения нейронной сети, обеспеченной улиткой уха, важен если сигнал состоит в том, чтобы интерпретировать

ся мозгом как звук. Одна из главных проблем в дизайне кохлеарных внедрений была развитие обрабатывающих сигнальных методов, которые дублировали действие нормальной улитки уха. Большая часть работы в этой области была сделана в 1950-ых и 60-ых.

Первые эксперименты с человеческими внедрениями начались в середине 1960-ых и продолжались в течение 1970-ых. В 1984 FDA одобрил внедрение во взрослых и в детей. Обычно человек, получающий внедрение, не в состоянии услышать звуки должным образом.

(Paul Davidovits “Physics in Biology and Medicine” 2013, ст.201-202)

Для поддержания жизнедеятельности нервно-мышечного аппарата при нарушениях иннервации или атрофии мышц применяется электрическое раздражение нервных стволов и мышц. Метод называется электростимуляцией. При этом электрическое раздражение подается ритмически с паузами для отдыха мышцы. Следует иметь в виду, что поврежденная мышца быстрее утомляется, поэтому паузы должны быть более длительными, чем в случае здоровой мышцы.

Электростимуляция применяется при лечении нарушений кровообращения, нарушении трофики тканей, для снятия болей, отеков, спастических явлений. Помимо раздражения импульсные токи определенных параметров вызывают в ЦНС и процессы торможения, что используется в методе «электросон». В его основе - воздействие на головной мозг импульсным током слабой силы, в итоге чего возникает разлитое торможение, переходящее в обычный сон.

Метод был предложен в 1948 г. советским ученым **Н.М.Ливенцевым** с сотрудниками. Слабый ритмический раздражитель представляет собой импульсный ток с прямоугольной формой импульсов частотой 1-130 Гц, малой силы, постоянной полярности, длительностью 0,2-2 мс. Такой диапазон частот близок к частоте биотоков, возникающих в процессе функционирования и, следовательно, наиболее комфортен для больных.

Расположение электродов при процедуре – глазнично -затылочное. Один электрод (отрицательный) накладывают на кожу век закрытых глаз, второй (положительный) - позади ушных раковин в области сосцевидных отростков височных костей.

Постепенное увеличение силы тока вызывает чувство «ползания мурашек» под глазничным электродом и легкую вибрацию в области сомкнутых век. Импульсный ток НЧ обладает свойством вызывать привыкание, поэтому вышеуказанные ощущения в дальнейшем пропадают.

Под влиянием электросна улучшаются вегетативные функции, нормализуется основной обмен, снижается уровень сахара в крови, повышается работоспособность, снимается утомление, повышается эффективность снотворных веществ при комбинированном лечении.

Лечебный механизм электросна, согласно В.С.Верещагину, В.М.Банищикову и др. состоит из двух фаз:

- 1) тормозной, связанной с активацией деятельности подкорковых образований и клинически проявляющейся дремотой, сонливостью, сном.
- 2) Растормаживающей, проявляющейся бодростью, хорошим настроением и повышением работоспособности.

Импульсный ток применяется также для электростимуляции сердца. Метод именуется электрокардиостимуляцией (ЭКС). Имплантируемый стимулятор ЭКС-4 применяется при нарушениях проводимости нервных путей сердца от синусного узла к желудочкам (атриовентрикулярная блокада) или других нарушениях автоматизма работы с целью искусственного поддержания нормального ритма сокращений путем электростимуляции.

Основные технические данные ЭКС-4: амплитуда прямоугольного импульса $4,5 \pm 0,5$ В, длительность $1,2 \pm 0,2$ мс, частота повторения 60-75 имп/мин. Габаритные размеры 50x51x21мм, масса не более 155г. Электроды для соединения ЭКС и сердца бывают: миокардиальные (вводятся в эпикард), или эндокардиальные (вводятся в полость сердца через вену). Источник питания – ртутно - цинковые батареи - 2 шт. Детали ЭКС и источник питания помещены в корпус из нержавеющей стали. Корпус является анодом (-), электрод является катодом (+).

К имплантируемым стимуляторам предъявляются чрезвычайно жесткие требования в отношении габаритов, массы, надежности, отсутствия токсичности, срока службы (зависит от источника питания). Современные химические элементы обеспечивают срок службы 2-3 года. Изотопные источники - 10 лет и более.

Существуют также **электростимуляторы (ЭС) желудочно-кишечного тракта, диафрагмы, мочеполовой системы, анального сфинктера** и др. Кроме имплантируемых (интракорпальных) бывают экстракорпоральные или внешние, а также смешанного типа. Внешние ЭС могут быть настольными, либо носимыми.

Метод воздействия постоянным электрическим полем называется электростатический душ или франклинизация. Проводится в виде местной или общей процедуры. Стул с больным соединен с (+), а электрод в вид полусферы, установленный на расстоянии 10-15 см над головой - с минусом. Min напряжение - 5 кВ, max при общей процедуре - 50 кВ, при местной - 15-20 кВ.

Напряженность электрического поля достаточна, чтобы вызвать явление поляризации молекул в тканях-диэлектриках и микротоки в тканях-проводниках. Эти процессы являются одним из первичных механизмов лечебного действия франклинизации. Аппарат для франклинизации - АФ-3-1.

Дозировка производится изменением напряжения на электродах. Расстояние между головой и электродом не меняется, т.к. при уменьшении расстояния может произойти искровой разряд на тело пациента, что недопустимо! Большую роль играет и аэроионный поток, образующийся вокруг (-) электрода, а также вдыхаемый пациентом ионизированный и частично озонированный воздух.

Аэроионотерапия - это вид лечения легкими (преимущественно отрицательно заряженными) аэроионами радиусом 10-4 мкм путем ингаляции или воздействия на открытую поверхность тела в рефлексогенных зонах, либо в области ран, язв, ожогов.

При ингаляции аэроионы оседают на слизистой поверхности верхних дыхательных путей и далее передается в кровь и лимфу. В результате электрохимических процессов, вызванных зарядами аэроионов, снижается местная возбудимость нервных окончаний, проявляется общее нормализующее действие на организм.

Тяжелые аэроионы, представляющие собой соединение легких ионов с мельчайшими твердыми и жидкими частицами (пыли, дыма, влаги и т.д.), взвешенными в воздухе радиусом 10-1 мкм отрицательно влияют на человека и их следует избегать.

В естественных условиях в нижних слоях атмосферы в 1 см³ содержится до 1000 легких и до десятков тысяч тяжелых аэроионов. Количество тяжелых аэроионов увеличивается с запыленностью атмосферы, пожарами и т.д.

Электроаэрозоли - это заряженные аэрозоли жидких лекарственных веществ. При введении в дыхательные пути они более полно осаждаются, что объясняется взаимным отталкиванием одинаково заряженных частиц. Ускоряется и всасывание лекарств по сравнению с незаряженными аэрозолями.

В основе лечебного эффекта ВЧ колебаний лежит их действие на электрически заряженные частицы (электроны, ионы), веществ, из которых состоят ткани организма. Сущность этого действия заключается в генерации тепла (за исключением дарсонвализации). Специфический эффект изучен недостаточно, рядом авторов отрицается и в настоящее время имеет характер гипотез.

Нагрев тканей токами и полями ВЧ происходит за счет непосредственного выделения теплоты внутри, в глубине тканей, а не путем передачи тепла, подведенного к поверхности тела. Это практически исключает теплоизолирующее действие кожи и подкожной жировой клетчатки, а также терморегуляционное действие системы кровообращения, ослабляющего передачу тепла вглубь с поверхности тела.

Количество теплоты, выделяющееся в тканях зависит как от параметров колебаний (главным образом частоты), так и от электрических свойств самих тканей. Подбирая указанные параметры, можно обеспечить термоселективность действия ВЧ колебаний, т.е. преимущественное выделение тепла в определенных тканях. При этом имеется возможность регуляции мощности колебаний и, следовательно, интенсивности теплового эффекта.

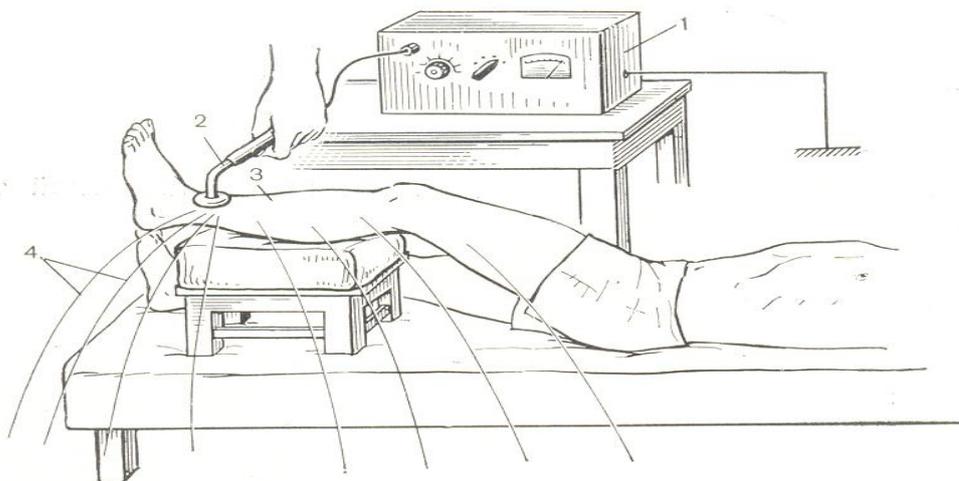
Действующими факторами и методами, основанными на них при использовании ВЧ колебаний являются:

- 1) ВЧ токи (дарсонвализация, диатермия)
- 2) ВЧ магнитное поле (индуктотермия)
- 3) УВЧ электрическое поле (УВЧ-терапия)
- 4) Электромагнитное поле СВЧ диапазона (СВЧ-терапия)

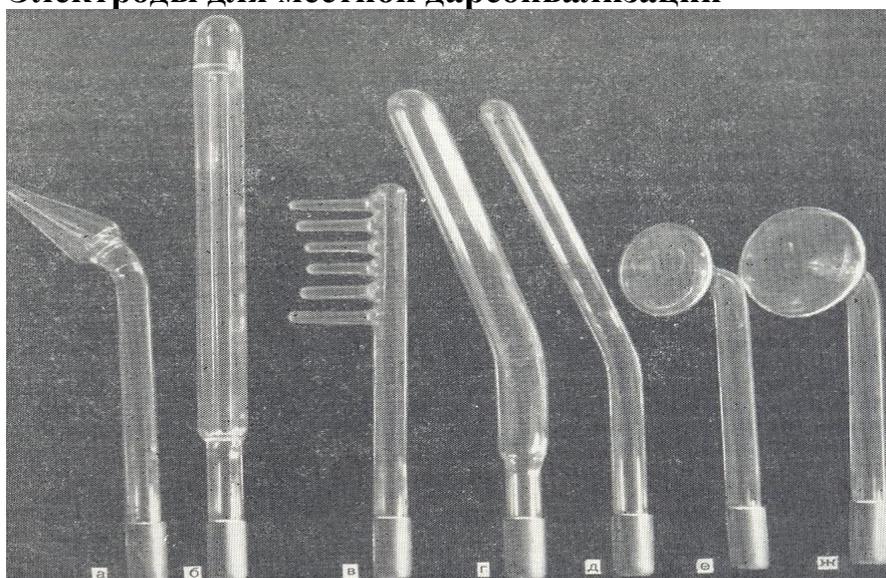
Сущность д'арсонвализации заключается в тонизирующем действии на нервные окончания электрических импульсных токов ВЧ и разрядов, возникающих между кожей пациента и электродом.

Для местной д'арсонвализации (аппарат «Искра-1») применяется ток 10-15 мА частотой 110 кГц \pm 7,5% с длительностью модулирующих импульсов 100 мкс, напряжением десятки кВ, мощностью 80 Вт, масса прибора- 9 кг.

Схема проведения процедуры местной дарсонвализации



Электроды для местной дарсонвализации



Для общей д'арсонвализации предназначен аппарат «Вихрь-1».

Частота генератора 440 кГц, длительность импульсов 20-30 мкс, частота следования- 100Гц, мощность- 500 Вт, масса аппарата- 60 кг, масса кровати- 20кг. Аппарат состоит из генератора ВЧ импульсных колебаний, блока запуска, блока питания, катушки пациента (кровати)

Диатермия - прогревание тканей ВЧ током частотой 1 МГц, проходящим между двумя наложенными на тело металлическими электродами. Ток- несколько ампер. Напряжение- 150В. Ионы электролитов, входящие в состав

тканей, приходят в колебательное движение, при этом их смещение становится чрезвычайно малым, поэтому раздражающее действие тока не проявляется.

При диатермии наблюдается крайне неравномерное распределение тепла между поверхностными и глубокорасположенными слоями тканей. Это недостаток метода. В настоящее время имеются более эффективные методы нагрева тканей, поэтому диатермия применяется редко. Кроме того при диатермии есть опасность поражения током при случайном искрении в месте наложения электродов или неисправности аппарата при двухполюсном касании объекта. Токи ВЧ используются также и в хирургических целях. Метод называется электрохирургия. Они позволяют прижигать, «сваривать» ткани (диатермокоагуляция) или рассекать их (диатермотомия). При коагуляции плотность тока $i=6-10$ мА/мм². При рассекании i доходит до 40 мА/мм². При большом выделении тепла электроскальпелем можно запросто рассекать ткани. Преимущество метода- нет кровоточивости, т.к. сосуды свариваются, нет опасности инфицирования или переноса злокачественных клеток с одного участка на другой, т.к. высокая концентрация тепла на концах электрода сохраняет его стерильность.

В электрохирургии коагулируются и окончания нервных волокон в области раны, в связи с чем значительно уменьшаются боли в послеоперационный период. Аппарат для ВЧ электрохирургии «ЭН-57М» представляет собой источник ВЧ тока, модулированного напряжением сети. Он предназначен для общей хирургии и обеспечивает как коагуляцию, так и резание мягких тканей ВЧ током.

Токи ВЧ используются также и в хирургических целях. Метод называется электрохирургия. Они позволяют прижигать, «сваривать» ткани (диатермокоагуляция) или рассекать их (диатермотомия). При коагуляции плотность тока $i=6-10$ мА/мм². При рассекании i доходит до 40 мА/мм². При большом выделении тепла электроскальпелем можно запросто рассекать ткани. Преимущество метода- нет кровоточивости, т.к. сосуды свариваются, нет опасности инфицирования или переноса злокачественных клеток с одного участка на другой, т.к. высокая концентрация тепла на концах электрода сохраняет его стерильность.

В электрохирургии коагулируются и окончания нервных волокон в области раны, в связи с чем значительно уменьшаются боли в послеоперационный период. Аппарат для ВЧ электрохирургии «ЭН-57М» представляет собой источник ВЧ тока, модулированного напряжением сети. Он предназначен для общей хирургии и обеспечивает как коагуляцию, так и резание мягких тканей ВЧ током.

Электрокоагуляция используется при удалении папиллом, бородавок, грануляций, в стоматологии - для умерщвления нерва зуба, косметологических и др целей. При электротомии активный электрод имеет форму тонкого лезвия, которым после включения ВЧ тока проводят без давления по поверхности тела

Вследствие интенсивного нагрева тканевая жидкость под электродом мгновенно со взрывом испаряется и разрывает ткань. Величина тока и скорость движения активного электрода определяют глубину разреза и степень коагуляции ткани.

ВЧ магнитное поле частотой $13,56 \text{ МГц} \pm 0,05\%$ используется для нагрева токопроводящих тканей вихревыми токами и называется индуктотермией. Аппарат для этого метода имеет марку ИКВ-4 и представляет собой ВЧ трехкаскадный генератор, нагруженный на сменный индуктор, магнитное поле которого используется для воздействия.

Электрическое поле ультравысокой частоты $40,68 \text{ МГц} \pm 2\%$ используется в медицине для прогревания тканей-диэлектриков и тканей-проводников возникающими токами смещения и токами проводимости, причем первые нагреваются больше вторых. Метод называется УВЧ-терапией.

Известно, что физические факторы, воздействующие на биообъект в импульсном режиме, обладают большей эффективностью. С учетом этого создан аппарат для импульсной УВЧ-терапии «Импульс-3». В нем имеется помехоподавляющее устройство (в отличие от «Импульса-2»). Частота импульсно-модулированных ВЧ колебаний $40,68 \text{ МГц} \pm 2\%$, частота следования импульсов 500 Гц, длительность импульсов - 2 мкс, потребляемая мощность - 400 Вт, выходная средняя мощность - 18 Вт.

Метод воздействия на ткани электромагнитным полем сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона называется СВЧ-терапией). СВЧ-терапия в зависимости от частоты подразделяется на:

- 1) сантиметроволновую (СМВ) или микроволновую терапию
- 2) дециметроволновую (ДМВ-терапия)

СВЧ-терапия - это метод воздействия на ткани организма электромагнитным полем сверхвысокочастотного диапазона, т.е. более 300 МГц. При этом в тканях возникают как токи проводимости, так и токи смещения. СВЧ-терапия подразделяется на *микроволновую* (или сантиметроволновую - СМВ) и *дециметроволновую* или ДМВ-терапию.

Большую роль играют токи смещения, обусловленные переориентацией молекул воды. В связи с этим максимальное поглощение энергии микроволн происходит в водосодержащих тканях, таких как мышцы, кровь, поэтому они больше нагреваются сравнительно с костной и жировой тканью.

СМВ-терапия проводится на частоте $2375 \text{ МГц} \pm 2\%$, что соответствует длине волны 12,6 см. Глубина проникновения волн в биологические ткани составляет 3-5 см от поверхности тела, а при ДМВ терапии- до 9 см.

ДМВ-терапия проводится на частоте $460 \text{ МГц} \pm 1\%$, что соответствует длине волны 65,2 см. Аппарат маркируется «Волна-2». Максимальная выходная мощность аппарата составляет 100 Вт и регулируется 9-ю ступенями. Аппарат снабжен измерителем выходной мощности, питание 220 В + 5% - 15%, потребляемая мощность- 600Вт, масса - 90 кг.

Электробезопасность медицинской аппаратуры

Основное требование - сделать недоступным касание частей аппаратуры, находящихся под напряжением. Для этого следует изолировать токонесящие части друг от друга и от корпуса приборов. При оценке электробезопасности необходимо знать пороговые значения токов, действующих на организм.

Порогом ощутимого тока называется наименьшая сила тока, раздражающее действие которого ощущает человек. Эта величина зависит от места, площади контакта тела с напряжением, частоты и индивидуальных особенностей человека - пола, возраста и т.д. У мужчин на участке предплечье-кисть при частоте 50 Гц порог ощутимого тока равен 1 мА.

Порогом неотпускающего тока называется минимальная сила такого тока, при котором происходит сгибание суставов пальцев и человек не может самостоятельно разжать руку и освободиться от проводника - источника напряжения. Ток меньшей силы называется **отпускающим**. Превышение порога неотпускающего тока является губительным для человека. Значение порога неотпускающего тока в верхнем примере равно **20-30 мА**.

Даже при изолировании частей аппаратуры, находящихся под напряжением, полную безопасность нельзя гарантировать по двум причинам:

1) Из-за **токов утечки** через тело человека при его касании корпуса в силу того, что R приборов переменному току, а также R между проводами и землей **не является бесконечным**.

2) Из-за **«пробоя на корпус»** благодаря порче изоляции и электрозамыканию внутренних частей с корпусом (наблюдается обычно при большой влажности и старении приборов)

Защита от поражения токами утечки предусматривается специальным ГОСТом, согласно которому имеется 4 типа изделий с различной степенью защиты: Н - изделия с нормальной степенью защиты (бытовые приборы), В - изделия с повышенной степенью защиты, ВF - изделия с повышенной степенью защиты и изолированной рабочей частью, SF - изделия с наивысшей степенью защиты и изолированной рабочей частью (изделия, контактирующие с сердцем)

При пробое на корпус части аппарата оказываются под напряжением. Защита предусматривает заземление и зануление.

Зануление - это когда корпус аппарата соединен с нулевым проводом сети. В случае пробоя на корпус возникает короткое замыкание, срабатывает предохранитель и аппарат отключается от сети.

Физические основы съема медико-биологической информации

Любое медико-биологическое исследование связано с получением и регистрацией определенной информации. Получение информации называется **съемом информации**.

Устройство съема преобразует информацию медико-биологического содержания в электронный сигнал.

В мед. электронике используются два вида устройств съема: **электроды и датчики**. Завершает измерительную цепь регистрирующее устройство. Меж-

ду устройством съема и регистратором имеются элементы, усиливающие начальный сигнал и передающие его на расстояние. Покажем схему.



Здесь x - измеряемый параметр биосистемы (например, давление крови), y - выходная величина, например сила тока, мА или смещение писчика, мм. Для вычисления должна быть известна зависимость $y=f(x)$

Электроды - это специальной формы проводники, служащие для соединения измерительной цепи с биосистемой и применяемые не только для съема электрического сигнала, но и подведения внешнего электромагнитного воздействия как с целью диагностики (например, реография), так и лечения (электростимуляция).

Требования к электродам - не раздражать ткань, быть прочными, надежными в работе, быстро фиксироваться и сниматься. Электроды делятся на следующие группы: 1) для кратковременного применения (например для ЭКГ), 2) для длительного применения (например для тяжелобольных), 3) для использования в подвижных объектах (спортивная, космическая медицина), 4) для экстренного применения (скорая помощь).

Типы электродов: 1) металлические пластины различной площади толщиной 0,3-0,5 мм чаще из свинца или станиоля, 2) игольчатые (для тяжелобольных, находящихся в бессознательном состоянии), 3) стеклянные, используемые в микроэлектродной технике и позволяющие прокалывать мембрану клетки с целью проведения внутриклеточных исследований (кончик электрода имеет $d=0,5$ мкм. Корпус - изолятор, а внутри - проводник в виде электролита)

Снимаемый электродами биоэлектрический сигнал может искажаться за счет: 1) возникновения гальванической ЭДС при контакте электродов с кожей, 2) электролитической поляризации электродов, при которой на них выделяются продукты реакции при прохождении тока, и возникает ЭДС, встречная по отношению к основной.

Для уменьшения переходного сопротивления «электрод-кожа» используются марлевые (фланелевые) салфетки, смоченные теплой водой и различные электропроводящие пасты. Толщина салфеток не менее 10 мм и они должны выступать на 10 мм за края электродов во избежание возможных ожогов при соприкосновении с ними кожной поверхности.

Датчики - это устройства, преобразующие измеряемую величину в сигнал, удобный для передачи, дальнейшего преобразования и регистрации. Датчики в медицине служат для преобразования неэлектрических величин физиологического происхождения в электрический сигнал.

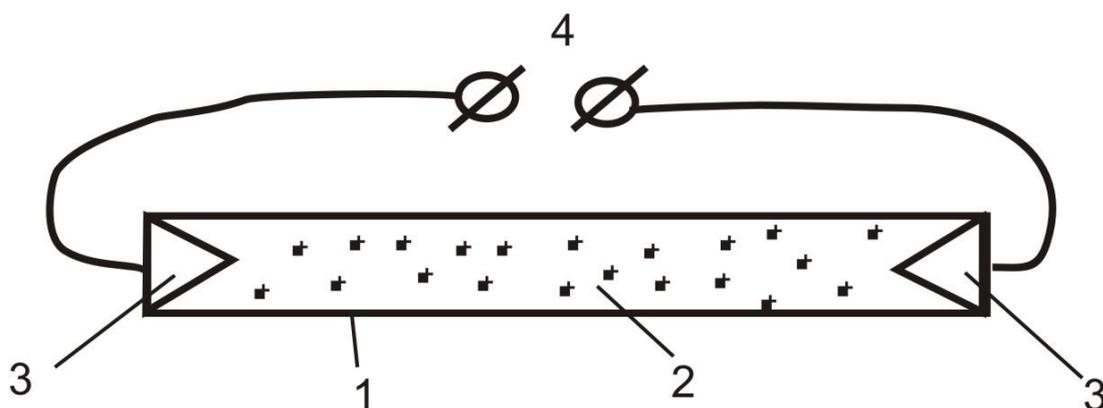
Датчики бывают: генераторные (пьезоэлектрические, термоэлектрические, фотоэлектрические, индукционные) и параметрические (емкостные, реостатные, индуктивные). Генераторные преобразуют измеряемый сигнал в напряжение или ток. Параметрические под действием измеряемого сигнала меняют какой-либо параметр, который затем легко фиксируется.

Датчики являются техническими аналогами рецепторов биологических систем.

Конструкции датчиков самые разнообразные - от простейших (типа *термопары*) до самых сложных *доплеровских*.

Рассмотрим простейший датчик частоты дыхания, называемый реостатным или резистивным.

Резиновая трубка 1 заполнена угольным порошком 2. С торцов вмонтированы электроды 3. Через уголь пропускается ток от источника постоянного тока 4.



МЕХАНИЗМ БИОЭЛЕКТРОГЕНЕЗА

Живые ткани являются источниками электромагнитной энергии, поскольку обладают свойствами электролитов, диссоциирующих на ионы. В цитоплазме клеток преобладают ионы K^+ , тогда как в межклеточном пространстве гораздо выше концентрация ионов Na^+

■ Концентрация ионов K^+ внутри клеток в 20 – 40 раз выше, чем в окружающей клетку жидкости, поэтому они могут свободно диффундировать по концентрационному градиенту и заражают внешнюю поверхность положительно, тогда как внутренняя – отрицательна (анионы отрицательно заряжены и не могут диффундировать из цитоплазмы наружу)

■ Концентрация ионов Na^+ выше в 10 – 20 раз снаружи (ионов Cl^- также больше снаружи).

Для биоэлектrogenеза необходимы два условия :

1) существование концентрационного градиента электролитов на клеточной мембране

2) наличие неодинаковой проницаемости мембраны для катионов и анионов внутри и вне клеток.

Источником электромагнитной энергии в клетке служит концентрационный элемент, образованный растворами ионов, неравновесно распределенных между цитоплазмой и межклеточной средой и обладающих неодинаковой проницаемостью для катионов и анионов.

В силу различия концентрации ионов по обе стороны мембраны возникает Э.Д.С., определяемая уравнением Нернста:

$$E = \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{C_1}{C_2},$$

где $C1$ - концентрация K^+ снаружи клетки,
а $C2$ - концентрация K^+ внутри.

По другому это уравнение пишется так :

$$E = \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{P_k [K^+]_e}{P_k [K^+]_i}$$

где индекс e (externus) - относится к наружной части клетки, а i (internus) к внутренней.

В случае диффузии через плазмолемму всех ионов, используется уравнение Гольдмана - Ходжкина - Катца :

$$E = \frac{R \cdot T}{z \cdot F} \cdot \ln \frac{P_K [K^+]_e + P_{Na} [Na^+]_e + P_{Cl} [Cl^-]_i}{P_K [K^+]_i + P_{Na} [Na^+]_i + P_{Cl} [Cl^-]_e}$$

Где $[K^+]$, $[Na^+]$, $[Cl^-]$ - концентрации соответствующих ионов

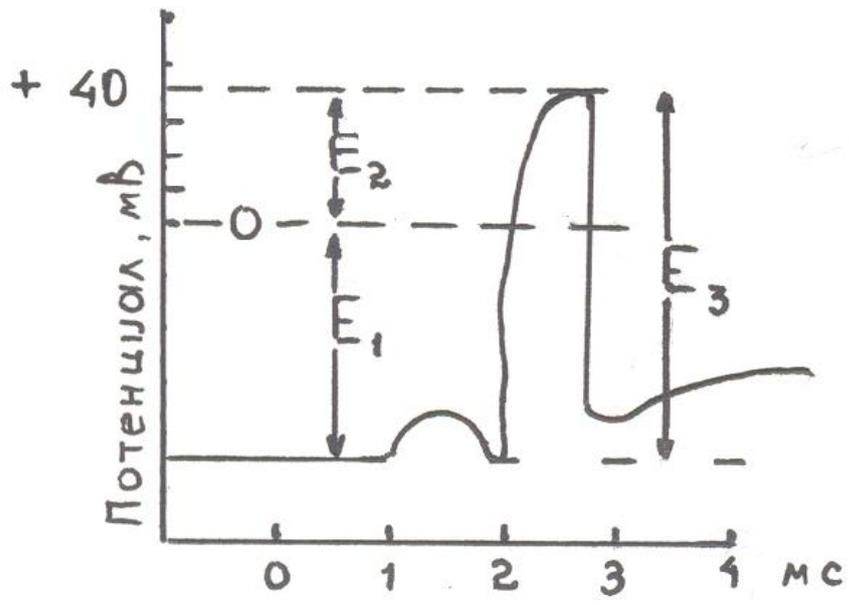
P_K , P_{Na} , P_{Cl} - коэффициенты проницаемости соответствующих ионов

Все клеточные мембраны подразделяются на возбудимые (электрогенные) и невозбудимые (неэлектрогенные). Неэлектрогенным мембранам присущ только потенциал покоя. Электрогенные же помимо потенциала покоя обладают еще потенциалами действия.

Возбудимыми тканями называют такие, клеточные структуры которых обладают возбудимыми мембранами. К ним относят нервную и мышечную ткани. Все остальные - невозбудимые генерируют только ПП.

■ При возбуждении мембрана становится хорошо проницаемой для всех ионов. Её сопротивление падает, ионные градиенты вследствие этого исчезают и разность потенциалов на мембране уменьшается до нуля и далее продолжает изменяться (см. рис.)

■ Показан потенциал действия нервного волокна кальмара (Ходжкин 1965 г.). В состоянии покоя на внутренней стороне мембраны – отрицательный потенциал = - 45 мВ. При возбуждении мембранный потенциал = + 40 мВ. Полное значение потенциала действия составляет 85 мВ. E_1 - потенциал покоя. E_2 – при возбуждении. E_3 - потенциал действия



Лекционное занятие № 8

Тема: “ОПТИКА”

Технология обучения лекционного занятия

Время– 2 часа	Число студентов 15-40
Вид лекции	Информационно-визуальная
Структура учебного занятия	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Организационный ➤ Постановка темы и цели урока ➤ Изложение материала ➤ Укрепление материала ➤ Подведение итогов
<p>Цель: Дать понятие о свете, световых явлениях, привить будущим специалистам прочных теоретических знаний, ознакомить терминологией, законами биомеханики жидкости.</p>	
<p>Задачи педагога:</p> <ul style="list-style-type: none"> -дать понятие о свете; - рассказать о важнейших свойствах света; - ознакомит с интерференцией, дифракцией; -объяснить поглощение света; -ознакомить законами поглощения; - сформировать основы теоретико-прикладного мышления 	<p>Результат обучения:</p> <ul style="list-style-type: none"> -узнают о природе света; -узнают об интерференции и дифракции света; -ознакомятся с законами поглощения; - узнают об оптических методах исследования стоматологических материалов; - получают нужную информацию и изучает данный материал
Методика и техника обучения	Лекция, решение ситуационных задач, графический органайзер: кластер
Средство обучения	Проектор, графический органайзер
Вид обучения	Коллективное, индивидуальное
Условия обучения	Аудитория оснащенная проектором
<i>Мониторинг</i>	Устный контроль: ответы на вопросы

Технологическая карта лекционного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа-	1.1.Приветствует, проверяет их	Слушают, записывают

	ционная часть 10 мин	готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план лекции. 1.3 Даёт ключевые слова 1.4. Объясняет мониторинг контроля освоения данной темы.	Уточняют, задают вопросы
2.	Определение исходных знаний по теме 5 мин.	организует беседу по технологии «Дискуссия» При этом задаёт вопросы <ul style="list-style-type: none"> • Что такое свет? • Какие световые явления вам знакомы? 	1. По теме вспоминает основные понятия. 2. Активно участвует при дискуссии
3.	Объяснение темы 60 мин.	Объясняет тему по плану: <ol style="list-style-type: none"> 1. Интерференция, дифракция света. 2. Поглощение света. Законы Бугера, Бера. 3. Оптическая плотность, коэффициент пропускания. 4. Понятие о концентрационной колориметрии. 	Слушают Записывают
4.	Укрепление темы 10 мин.	- Систематизирует данный материал - уточняет основные моменты - отвечает на вопросы .	Задают вопросы
5.	Домашнее задание 5 мин.	Задаёт домашнее задание и объявляет название следующей лекции	Записывает домашнее задание

План лекции:

1. Свет. Природа света.
2. Интерференция, дифракция света.
3. Поглощение света. Законы Бугера, Бера.
4. Оптическая плотность, коэффициент пропускания.

5. Понятие о концентрационной колориметрии.
6. Оптическая система глаза.

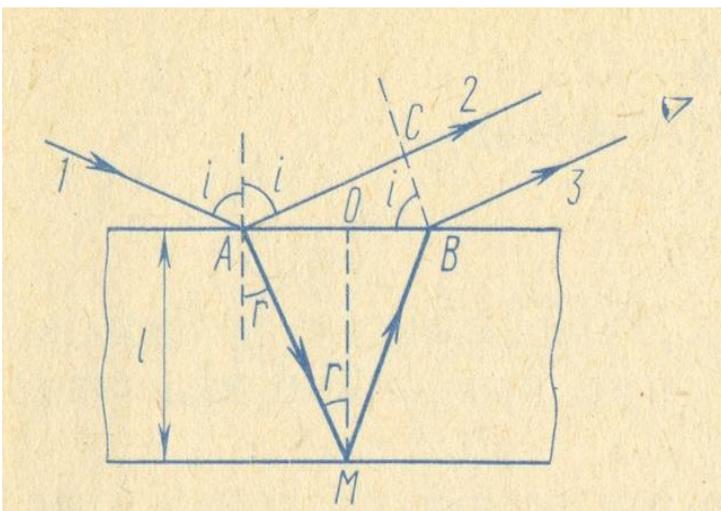
ОПТИКА

Свет – это электромагнитное излучение в диапазоне длин волн от 400 до 700 нм ($1\text{ нм} = 10^{-9}\text{ м}$). Оптическое излучение с λ от 380 нм до 770 нм, действуя на глаз вызывает ощущение света и называется видимым излучением или просто светом. Свет обладает двойственной корпускулярно-волновой природой, т.е., в части явлений проявляет себя как волна (интерференция, дифракция и т.д.), а в другой части – как частица (атомные и молекулярные спектры, люминесценция, фотоэффект).

Не смотря на то, что свет – это лишь малая часть электромагнитного спектра, он был предметом многочисленных исследований, как в физике, так и в биологии. Важность света обусловлена его фундаментальной ролью в живых системах. Большая часть электромагнитного излучения солнца, которая достигает поверхности Земли находится в этой области спектра, и жизнь эволюционировала в направлении его использования. В фотосинтезе растения используют свет для превращения двуокиси углерода и воды в органические материалы, используемые в качестве строительного материала для живых организмов. Животные в процессе эволюции приобрели светочувствительные органы, которые являются главным источником информации об окружающей среде. Некоторые бактерии и насекомые могут даже продуцировать свет благодаря химическим реакциям.

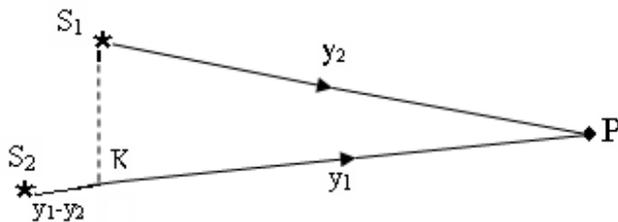
Оптика, будучи учением о свете, является одной из самых старых ответвлений физики. Она включает такие темы, как микроскопы, телескопы, зрение, цвет, пигменты, иллюминация, спектроскопия и лазеры, каждая из которых находит применение в науках о жизни. В данной главе мы будем обсуждать четыре из этих тем: зрение, телескопы, микроскопы и оптические волокна.

Интерференция света – это явление, возникающее при наложении двух или



более световых волн, имеющих одинаковую частоту, постоянную разность фаз и выражающееся в перераспределении энергии волн в пространстве. Иначе, интерференция – это наложение когерент-

ных волн. Геометрической разностью хода волн называется разность расстояний от каждого из источников до точки, в которой наблюдается интерференция.



В точке P будет max, если разность хода $y_1 - y_2$ состави целое число волн или четное число полуволн, т.е. если

$$y_1 - y_2 = n\lambda = 2n \frac{\lambda}{2}$$

Если в разности хода укладывается n $y_1 - y_2$ число полуволн, то в точке P будет min:

$$y_1 - y_2 = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$$

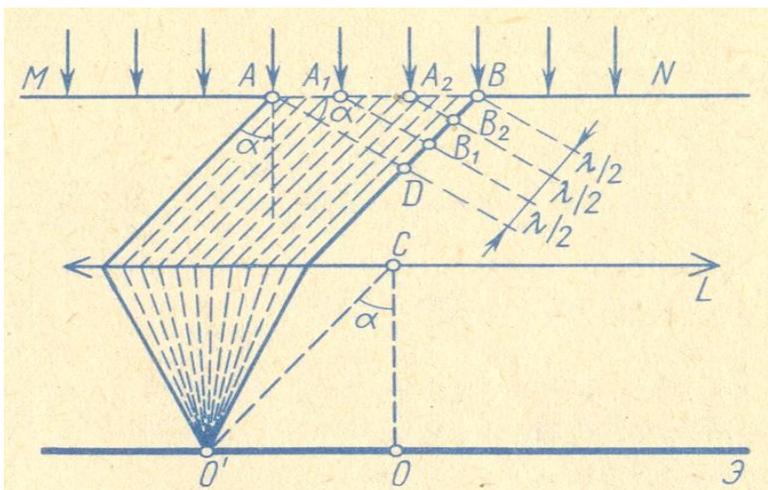
$n=0, 1, 2, 3, \dots$ λ – длина волны

Дифракция света – это явление нарушения прямолинейности распространения света вследствие взаимодействия световых волн с микронеоднородностями среды, размеры которых соизмеримы с длиной волны света. Дифракционная картина от 2-х щелей является результатом дифракции света от каждой отдельной щели и интерференции света от обеих щелей. Условие max в этом случае:

$$d \sin \varphi = n\lambda$$

Условие min:

$$d \sin \varphi = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$$



Совокупность большого числа близко расположенных узких параллельных щелей, пропускающих или отражающих свет, называется дифракционной решеткой. Формула дифрешетки:

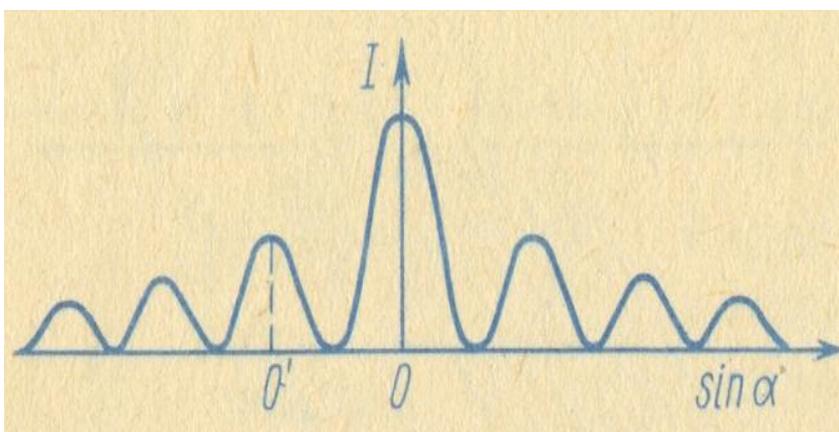
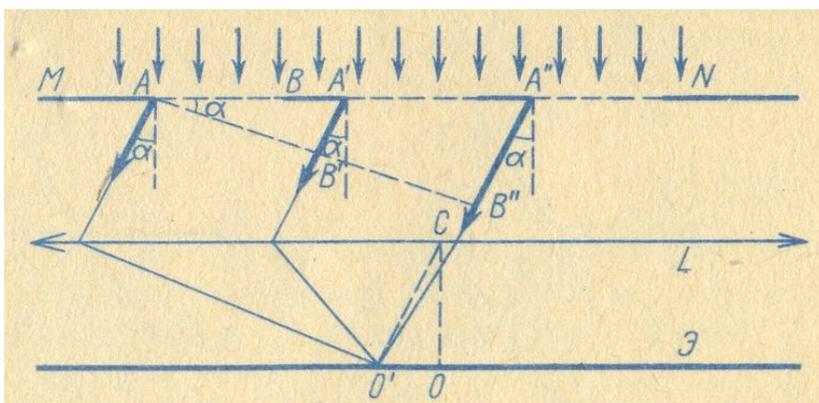
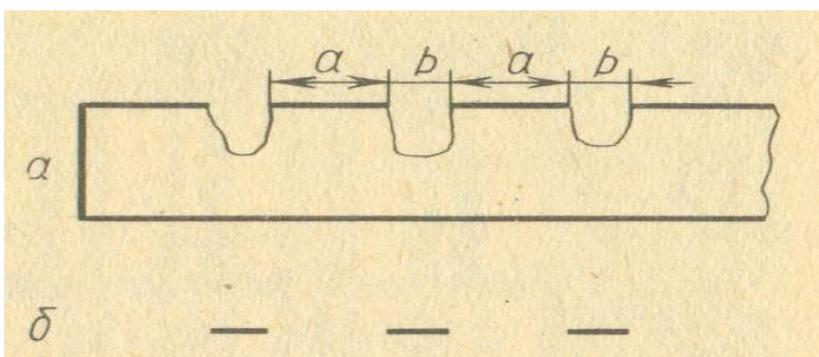
$$d \sin \varphi = n\lambda$$

, где φ - угол дифракции, $n=0,1,2\dots$

Дифрешетки используются для получения дифракционных спектров. В силу

$$\sin \varphi = \frac{n\lambda}{d}$$

белый свет дифрешеткой разлагается на составляющие монохроматические длины волн, что применяется в аппаратуре для биохимических и цитологических исследований

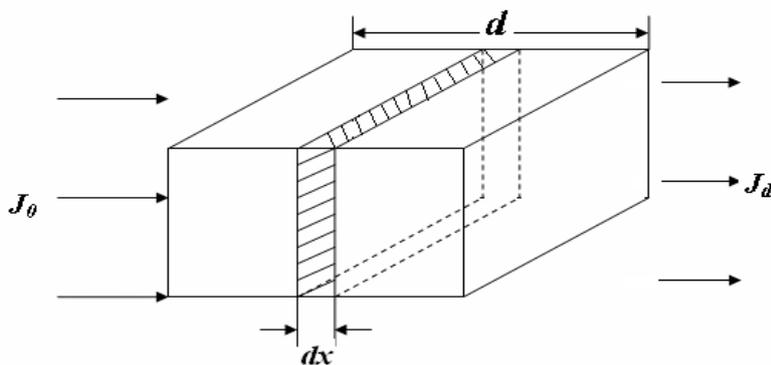


Поглощение света. Законы Бугера, Бера. Оптическая плотность, коэффициент пропускания. Понятие о концентрационной колориметрии.

При прохождении света через среду поток энергии постепенно уменьшается вследствие превращения энергии волны в другие виды (в частности, в теплоту). Это явление и есть поглощение света.

Слабо поглощающие вещества называются прозрачными, сильно поглощающие – непрозрачными. Однако такое подразделение является условным, поскольку имеет значение толщина слоя вещества.

Закон поглощения света в однородной среде установлен Бугером: В каждом последующем слое вещества



одинаковой толщины поглощается одинаковая часть падающего на него светового потока независимо от абсолютной величины этого потока.

На рисунке J_0 – интенсивность падающей волны. J_d – интенсивность прошедшего света, d – толщина среды. Ослабления света элементом dx равно: $dJ = -kJdx$ (1), где k – показатель поглощения, знак – показывает, что $dJ < 0$.

Интегрируя (1) и подставляя пределы получим:

Условий для потенцирования (2)

$$\int_{J_0}^{J_d} \frac{dJ}{J} = -k \int_0^d dx \quad \text{или} \quad \ln \frac{J_d}{J_0} = -kd \quad (2)$$

нет, поэтому перепишем его в виде:

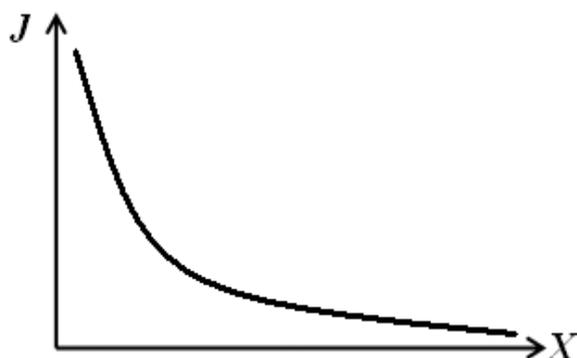
$$\ln \frac{J_d}{J_0} = \ln(e^{-kd}) \quad (3)$$

Потенцируя (3) имеем:

$$\boxed{J_d = J_0 e^{-kd}} \quad \text{есть}$$

математическое выражение закона Бугера. График этого закона:

Другая формулировка закона



Бугера: интенсивность света по мере прохождения вглубь вещества уменьшается по экспоненциальному закону.

Показатель поглощения k зависит от природы вещества, частоты света и численно равен обратной толщине слоя вещества, после прохождения которого интенсивность света уменьшается в $e \approx 2,72$ раз, т.е. Если

$$J_d = \frac{J_0}{e} = J_0 e^{-1}, \text{ то } kd = 1, \text{ откуда } k = \frac{1}{d}$$

Бер показал, что для растворов $k \sim$ концентрации c вещества в растворе (закон Бера): (5), где μ – удельный коэффициент поглощения, характеризующий поглощение слоя единичной толщины раствора единичной концентрации. Выражение (5) есть математическая запись закона Бера. Объединяя законы Бугера и Бера получим:

$$J_d = J_0 e^{-kd} = J_0 e^{-\mu c d} \text{ закон Бугера-Бера}$$

Отношение интенсивности света, прошедшего через вещество к интенсивности падающего света называется коэффициентом пропускания или прозрачностью:

$$T = \frac{J_d}{J_0}$$

Для прозрачных веществ T близок к 1 или 100%.

Для не прозрачных – к 0. Величина

$$D = \lg \frac{J_0}{J_d}$$

т.е. логарифм отношения интенсивности падающего света к интенсивности прошедшего называется оптической плотностью вещества. D характеризует порядок убывания интенсивности света по мере прохождения вглубь вещества

$$D = \lg \frac{J_0}{J_d} = -\lg \frac{J_d}{J_0} = -\lg T$$

Можно переписать закон Бугера-Бера так:

$$J_d = J_0 \cdot 10^{-\mu' cd}$$

(показатель степени μ' должен быть другой, так как изменилось основание логарифмов, т.е. не $e=2,72$, а 10). Прологарифмируем выражение (7):

$$\frac{J_d}{J_0} = 10^{-\mu' cd} \rightarrow \lg \frac{J_d}{J_0} = \lg(10^{-\mu' cd}) = -\mu' cd$$

$$-\lg \frac{J_d}{J_0} = D = +\mu' cd \text{ Следовательно } D = \mu' cd,$$

$$\text{где } \mu' = \frac{\mu}{2,3}$$

Измерения в области цветного света называют колориметрией и применяют для определения концентрации веществ в растворах. Если два раствора одного и того же вещества с концентрациями c_1 и c_2 при толщине слоев d_1 и d_2 поглощают свет одинаково, то $D_1 = D_2$

или $\mu \cdot c_1 d_1 = \mu \cdot c_2 d_2$, откуда $\frac{c_1}{c_2} = \frac{d_2}{d_1}$ е. концентрации

растворов обратно пропорциональны толщинам слоев. Это лежит в основе концентрационной

колориметрии. Фор-ла следующая:

$$c_x = c_{ст} \frac{d_{ст}}{d}$$

– концентрация стандартного раствора, $d_{ст}$ и d – толщины слоев стандартного и исследуемого растворов, c_x – концентрация исследуемого раствора.

Определение концентрации (количества) клеточных ингредиентов (ДНК, РНК, белков, ферментов и т.д.) на основе закона Бугера-Бера называется цитоспектрофотометрией. Первые научные исследования относятся к в 1955 г. В Узбекистане – в 1966 г.

VISION / ЗРЕНИЕ

Зрение – наш самый важный источник информации о внешнем мире. Было подсчитано, что около 70% сенсорной информации человек получает через глаза. Различают три компонента зрения: раздражитель – свет; оптические компоненты глаза, воспринимающие свет; и нервная система, обрабатывающая и интерпретирующая визуальные образы.

NATURE OF LIGHT / ПРИРОДА СВЕТА

Эксперименты, проведенные в 19 веке, показали, что свет проявляет все свойства волнового движения. В начале этого века, однако, было показано, что волновые понятия сами по себе не полностью объясняют свойства света. В некоторых случаях, свет и другие электромагнитные излучения ведут себя так, как будто состоят из небольших пучков (квантов) энергии. Эти пучки энергии называются фотонами. Для данной частоты излучения, каждый фотон имеет фиксированное количество энергии E:

$$E = hf, \tag{1}$$

где h – постоянная Планка, равная $6.63 \cdot 10^{-27}$ эрг-сек.

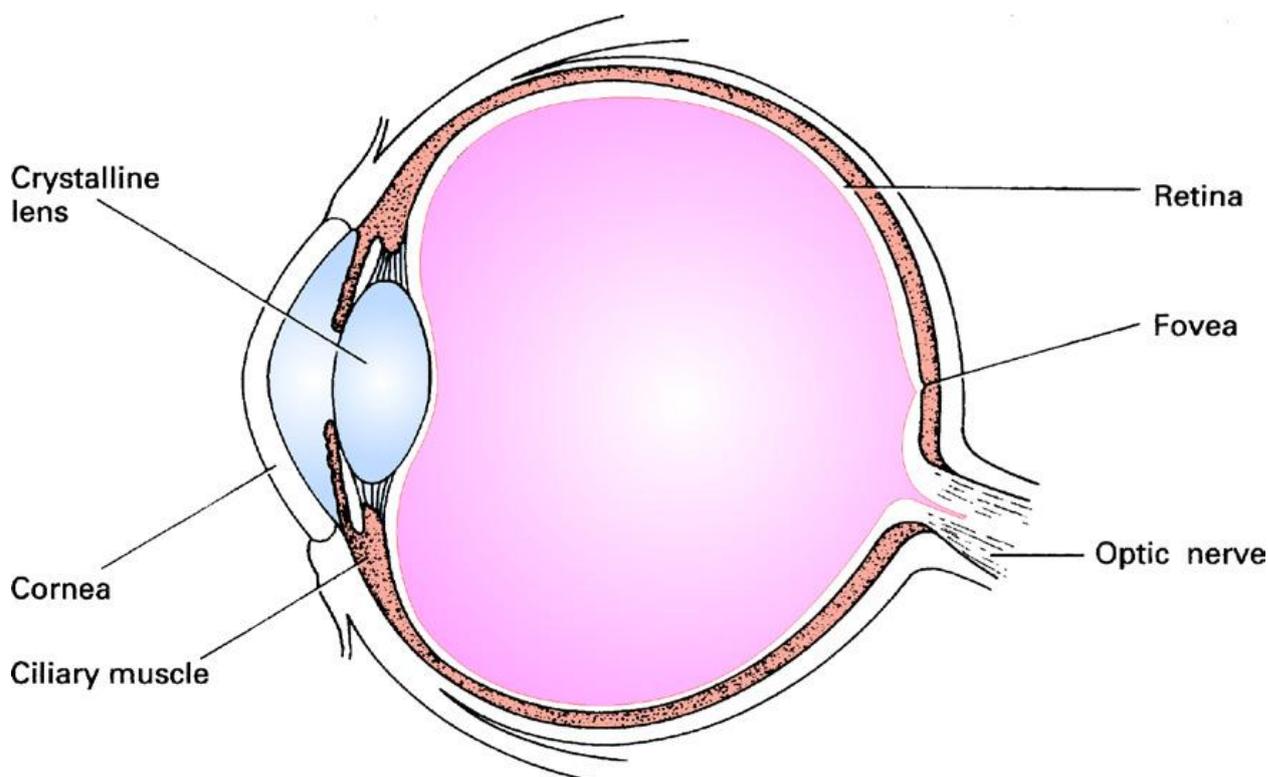
В нашем обсуждении зрения, мы должны знать оба этих свойства света. Волновые свойства объясняют все явления, связанные с распространением света через вещества в объеме, а квантовая природа света должна быть изучена, чтобы понять влияние света на фоторецепторы в сетчатке.

STRUCTUREOFTHEEYE / СТРОЕНИЕ ГЛАЗА

Диаграмма человеческого глаза представлена на рис. 1. Глаз – это примерно сфера, приблизительно 2,4 см в диаметре. Все глаза позвоночных схожие в строении, но различаются в размере. Свет проходит в глаз через роговицу – прозрачный отдел наружной оболочки глазного яблока. Свет фокусируется системой линз глаза в перевернутое изображение на светочувствительной сетчатке, которая покрывает заднюю поверхность глаза. Здесь свет производит нервные импульсы, которые передают информацию в мозг.

Фокусирование света в изображение на сетчатке производится искривленной поверхностью роговицы и хрусталиком внутри глаза. Сила фокусирования роговицы постоянная. Фокус хрусталика, однако, изменчива, позволяя глазу видеть объекты в широком диапазоне расстояний.

Впереди линз находится радужная оболочка глаза, которая регулирует размер зрачка, или входного отверстия в глаз. В зависимости от интенсивности света, диаметр отверстия варьирует от 2 до 8 мм. Полость глаза заполнена двумя видами жидкости, каждая из которых имеет показатель преломления схожий с таковым воды. Передняя камера глаза, которая находится между хрусталиком и роговицей, заполнена водянистой жидкостью, называемой внутриглазной жидкостью (водянистой влагой). Пространство между хрусталиком и сетчаткой заполнено желеобразным стекловидным телом.



ACCOMMODATION / АККОМОДАЦИЯ

Фокусирование глаза регулируется ресничной мышцей, которая может изменять толщину и кривизну хрусталика. Данный процесс фокусирования называется аккомодацией. Когда ресничная мышца расслаблена, хрусталик довольно плоский, а фокусирующая сила глаза минимальна. При этих условиях, параллельный пучок света сфокусирован на сетчатке. Поскольку свет, издаваемый из удаленных объектов почти параллелен, то расслабленный глаз сфокусирован на видение удаленных объектов. В этой связи, «дальний» означает расстояние в примерно 6 м и за его пределами.

Видение более близких объектов требует более сильной фокусирующей силы. Свет от близлежащих объектов расходится, как он входит в глаз; следовательно, он должен быть сосредоточен с большей силой, чтобы сформировать изображение на сетчатке. Однако, имеется ограничение фокусирующей силы хрусталика. При максимальном сокращении цилиарной мышцы, нормальный глаз молодого взрослого человека может фокусироваться на объектах, расположенных на расстоянии 15 см от глаза. Объекты, расположенные ближе, кажутся размытыми. Минимальное расстояние четкого фокусирования называется близкой точкой аккомодации.

Диапазон фокусировки хрусталика с возрастом уменьшается. Близкая точка для 10 летнего ребенка составляет около 7 см, но к 40 летнему возрасту близкая точка сдвигается к 22 см. После этого ухудшение происходит быстро. В 60 летнем возрасте близкая точка сдвинута к примерно 100 см.

Данное уменьшение с возрастом в аккомодации глаза называется старческой дальнозоркостью (пресбиопией).

EYE AND THE CAMERA / ГЛАЗИКАМЕРА

Не смотря на то, то конструкторы фотоаппаратов не старались подражать структуре глаза, многие из особенностей двух удивительно схожи (см. рис. 2). Оба состоят из системы линз, которая фокусирует реальное перевернутое изображение на фоточувствительной поверхности. В глазу, так же как и в камере, диаметр входа света контролируется диафрагмой, которая, в свою очередь, регулируется в соответствии с имеющейся интенсивностью света. В камере изображение фокусируется путем перемещения линз по направлению к пленке. В глазу расстояние между сетчаткой и хрусталиком постоянное; изображение фокусируется путем изменения толщины хрусталика.

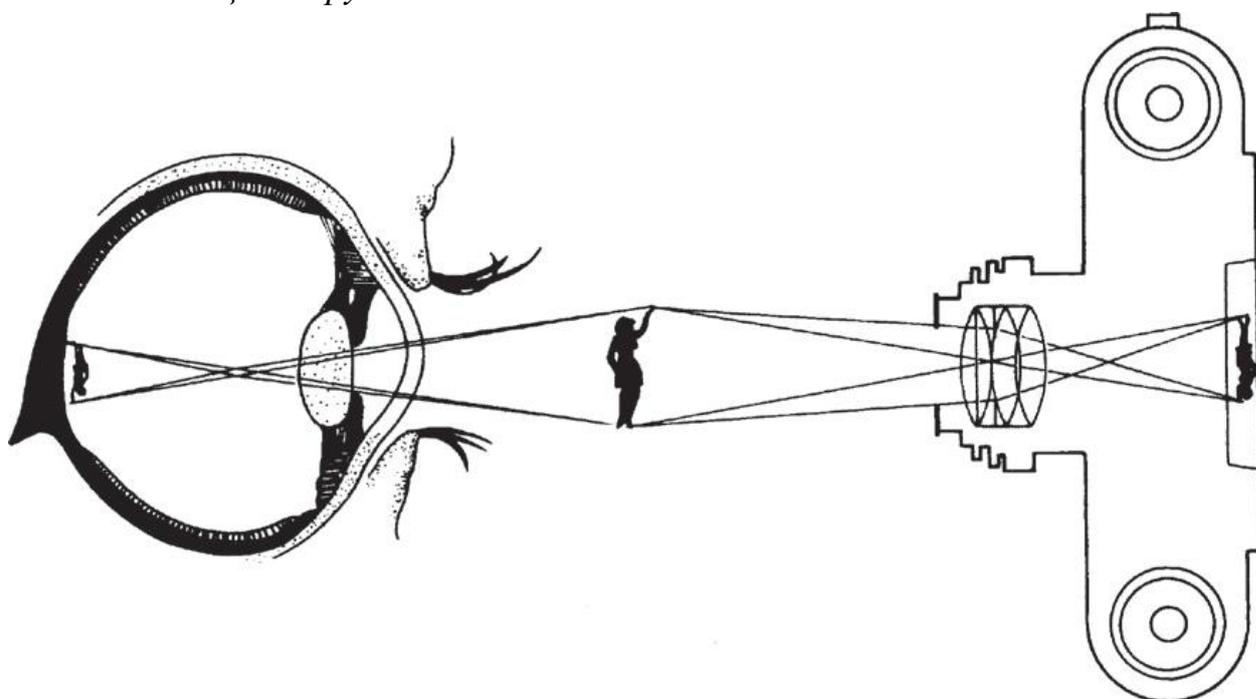


Рис. 2

Даже фоточувствительные поверхности в некоторой степени схожи. И фотографическая пленка, и сетчатка состоят из дискретных светочувствительных блоков, по размеру микроскопических, которые претерпевают химические изменения, будучи освещенными¹.

[¹Детектирование света в цифровых камерах используется для хранения заряда, а не для химических реакций.]

На самом деле, при определенных обстоятельствах, сетчатка может быть «разработана» как пленка, дабы показать изображение, которое проецировалось на ней. Это было впервые продемонстрировано в 1870 году немецким физиологом В. Кюне. Он экспонировал глаз живого кролика по направлению к свету, проходящему через зарешеченное окно. Через 3 минуты воздействия

света, кролик был убит, а его сетчатка была погружена в раствор квасцов, который зафиксировал реакцию на сетчатке. Зарешеченное окно было отчетливо видно на сетчатке. Несколькими годами позднее, Кюне зафиксировал сетчатку головы гильотинированного преступника. Он отметил образ, но не смог его интерпретировать с точки зрения того, что мужчина видел до обезглавливания.

Аналогия между глазом и камерой, однако, не является полной. Впоследствии мы опишем, как глаз уходит далеко за пределы возможностей камеры при обработке изображений, проецированных на сетчатке.

APERTURE AND DEPTH OF FIELD / АПЕРТУРА И ГЛУБИНА РЕЗКОСТИ

Радужка – оптическое отверстие глаза, и его размеры варьируются в соответствии с доступным светом. Если света достаточно, то качество изображения максимально при наименьшем возможном отверстии. Данное утверждение подходит как для глаза, так и для камеры.

Существует две главные причины улучшения изображения при уменьшении отверстия. Дефекты в линзах, как правило, наиболее выражены по краям. Маленькое отверстие ограничивает световой путь к центру хрусталика, тем самым устраняет искажения и аберрации, продуцированные периферией.

Маленькая апертура также улучшает качество изображения объектов, которые не расположены в точке фокуса камеры или глаза. Четкий фокус изображения на сетчатке (или пленке) существует только для объектов находящихся на определенном расстоянии от системы линз. Изображения объектов, которые находятся не в этом конкретном поле фокуса, размыты на сетчатке (см. рис. 3); другими словами, точка, которая не находится в точном фокусе, отображается как диск на сетчатке. Величина размытия зависит от размера отверстия. Как показано на рис. 3, маленькое отверстие уменьшает диаметр размытого пятна и позволяет формированию относительно четкого изображения объектов, которые не находятся в поле фокуса глаза. Диапазон расстояний объектов, на которых формируется хорошее изображение для данных установок фокуса, называется глубиной резкости. Очевидно, что маленькое отверстие увеличивает глубину резкости. Можно показать, что глубина резкости обратно пропорциональна диаметру отверстия

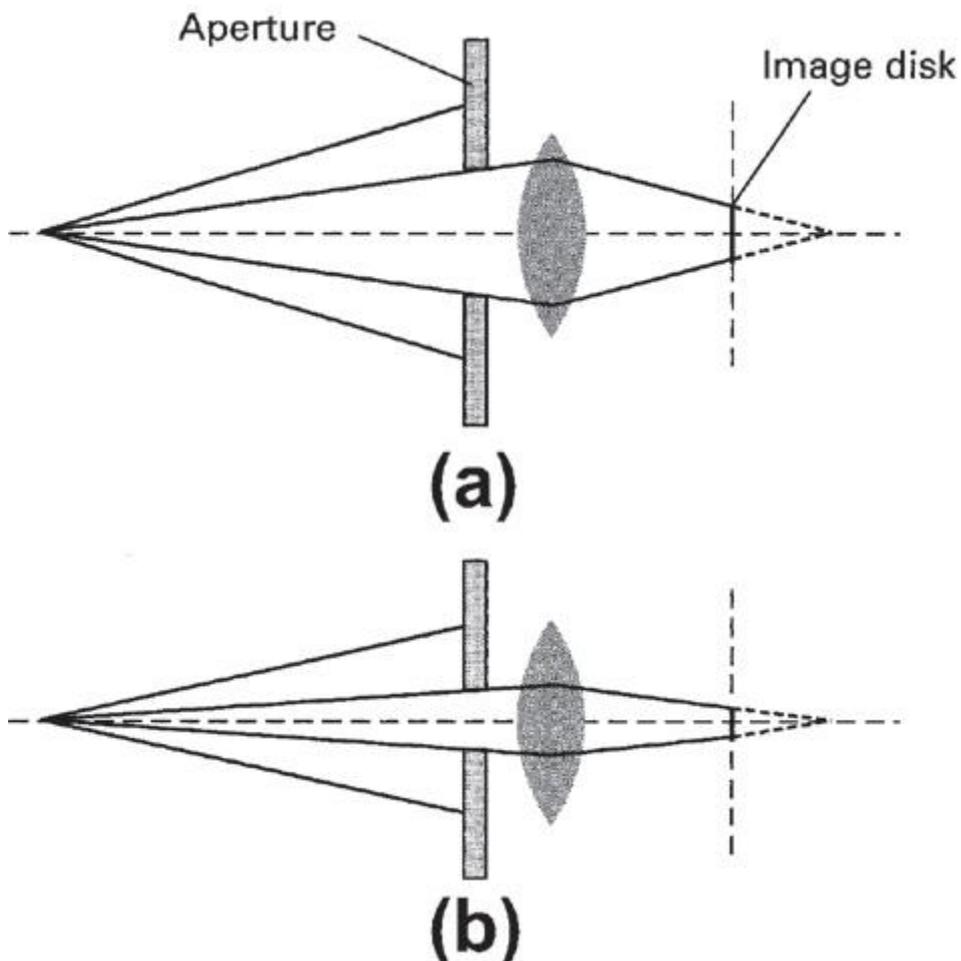


Рис. 3 Размер диска изображения: (a) с большим отверстием, (b) с маленьким отверстием

LENS SYSTEM OF THE EYE / СИСТЕМАЛИНЗГЛАЗА

Фокусирование света в истинное перевернутое изображение на сетчатке производится путем преломления света на роговице и в хрусталике (см. рис. 4). Фокусирующая или преломляющая сила роговицы и хрусталика может быть вычислена по формуле С.9, (Приложение С). Данные, необходимые для расчета представлены в таблице 1.

Большая часть фокусировки, примерно на две трети, происходит в роговице. Сила хрусталика мала, поскольку его показатель преломления лишь немного больше, чем у окружающей жидкости. Сила роговицы составляет 42 диоптрий, а преломляющая способность хрусталика варьирует между примерно 19 и 24 диоптрий..

Преломляющая сила роговицы значительно снижается, когда она находится в контакте с водой. Поскольку хрусталик в человеческом глазу не может компенсировать уменьшенную силу роговицы, человеческий глаз под водой не в состоянии сформировать четкое изображение на сетчатке глаза и, следовательно, зрение размыто. У рыб глаза эволюционировали для видения под

водой, поэтому у них хрусталик приспособился к большей фокусировке. Хрусталик близок к сферической форме и имеет гораздо большую силу фокусировки, чем линзы в глазах наземных животных.

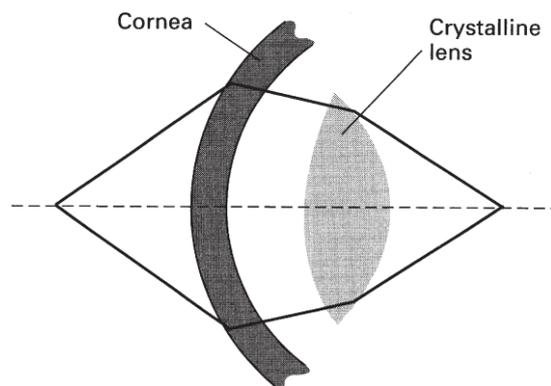


Рис. 4 Фокусировка роговицей и хрусталиком (не в масштабе).

Таблица 1 Параметры для глаза

	Радиус (мм)		Показатель преломления
	Спереди	Сзади	
Роговица	7.8	7.3	1.38
Хрусталик, мин. сила	10.00	-6.0	
Хрусталик, макс. сила	6.0	-5.5	1.40
Внутриглазная и стекловидная жидкости			1.33

REDUCEDEYE / УМЕНЬШЕННЫЙ ГЛАЗ

Для того, чтобы проследить точный путь луча света через глаз, мы должны вычислить показатель преломления на четырех поверхностях (два на роговице и два на хрусталике). Упростить эту трудоемкую процедуру возможно, используя модель под названием «уменьшенный глаз», как показано на рис. 5. Здесь предполагается, что все преломление возникает на передней поверхности роговицы, которая сконструирована с диаметром 5 мм. Предполагается, что глаз однороден, с показателем преломления 1.333 (таким же как у воды). Сетчатка расположена на 2 см позади роговицы. Узловая точка n является центром кривизны роговицы и расположена на 5 мм позади роговицы.

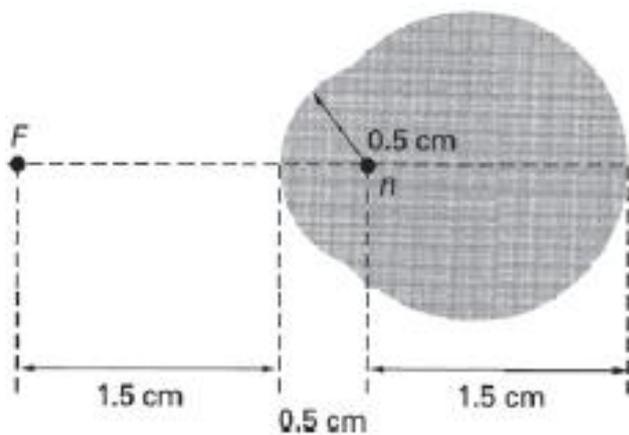


Рис. 15.5 Уменьшенный глаз

Эта модель наиболее точно отражает расслабленный глаз, который фокусирует параллельный свет на сетчатке глаза, что может быть подтверждено с помощью уравнения С.9. Для уменьшенного глаза, второе слагаемое в правой части уравнения равно нулю, потому что свет фокусируется в пределах уменьшенного глаза так, что $n_L = n_2$. Уравнение С.9, следовательно, упрощается:

$$\frac{n_1}{p} + \frac{n_L}{q} = \frac{n_L - n_1}{R} \quad (15.2)$$

где $n_1 = 1$, $n_L = 1.333$, и $R = 0.5$ см. Поскольку падающий свет параллелен, его источник считается бесконечным (т.е. $p = \infty$). Следовательно, расстояние q , при котором параллельный свет фокусируется, задается:

$$\frac{1.333}{q} = \frac{1.333 - 1}{5}$$

или

$$q = \frac{1.333 \times 5}{0.333} = 20 \text{ mm}$$

Передний фокус F для уменьшенного глаза находится на 15 мм перед роговицей. Это точка, на которой параллельный свет, происходящий внутри глаза, сфокусирован при выходе из последнего.

Хотя модель уменьшенного глаза не содержит в явном виде механизм аккомодации, мы можем использовать ее для определения размера изображения, сформированного на сетчатке глаза. Конструкция такого изображения показана на рис. 6. Лучи от предельных точек объектов A и B пропускаются через узловую точку на сетчатку. Предельные точки изображения на сетчатке - a и b . Эта конструкция предполагает, что все лучи от точек A и B , которые входят в глаз, фокусируются на сетчатке в точках a и b , соответственно. Лучи от всех других точек на объекте сосредоточены, соответ-

венно, в этих пределах. Треугольники AnB и anb похожи; таким образом, отношение объекта к размеру изображения задается:

$$\frac{\text{Размер объекта}}{\text{Размер изображения}} = \frac{\text{Расстояние между объектом и узловой точкой}}{\text{Расстояние между изображением и узловой точкой}}$$

или

$$\frac{AB}{ab} = \frac{An}{an}$$

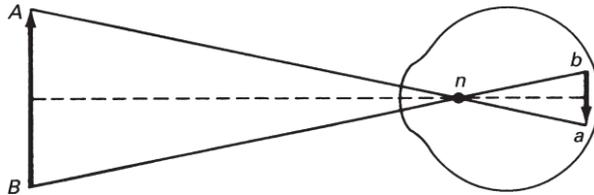


Рис. 6 Определение размера изображения на сетчатке

Рассмотрим в качестве примера изображение человека ростом 180 см, стоящего на расстоянии 2 м от глаз. Высота полного изображения на сетчатке будет:

$$\text{Height of image} = 180 \times \frac{1.5}{205} = 1.32 \text{ cm}$$

Размер лица на изображении примерно равен 1.8мм, а носа – примерно 0.4мм.

RETINA / СЕТЧАТКА

Сетчатка состоит из фоторецепторов в контакте со сложной сетью нейронов и нервных волокон, которые связаны с головным мозгом через зрительный нерв (См. рис. 7). Свет, поглощенный фоторецепторами, производит нервные импульсы, которые перемещаются по нейронной сети, а затем через зрительный нерв в головной мозг. Фоторецепторы расположены позади нейронной сети, так что свет должен пройти через этот слой клеток, прежде чем он достигнет фоторецепторов.

Есть два типа фоторецепторов в сетчатке: колбочки и палочки. Колбочки ответственны за резкое цветовое зрение при дневном свете. Палочки обеспечивают зрение при тусклом свете.

Рядом с центром сетчатки имеется небольшое углубление около 0,3 мм в диаметре, называемое ямкой. Оно состоит целиком из колбочек, упакованных близко друг к другу. Каждая колбочка составляет около 0,002 мм (2 мкм) в диаметре. Наиболее детальное зрение получается в части изображения, которая проецируется на ямке. Когда глаз сканирует пейзаж, область наибольшего интереса проецируется на ямке.

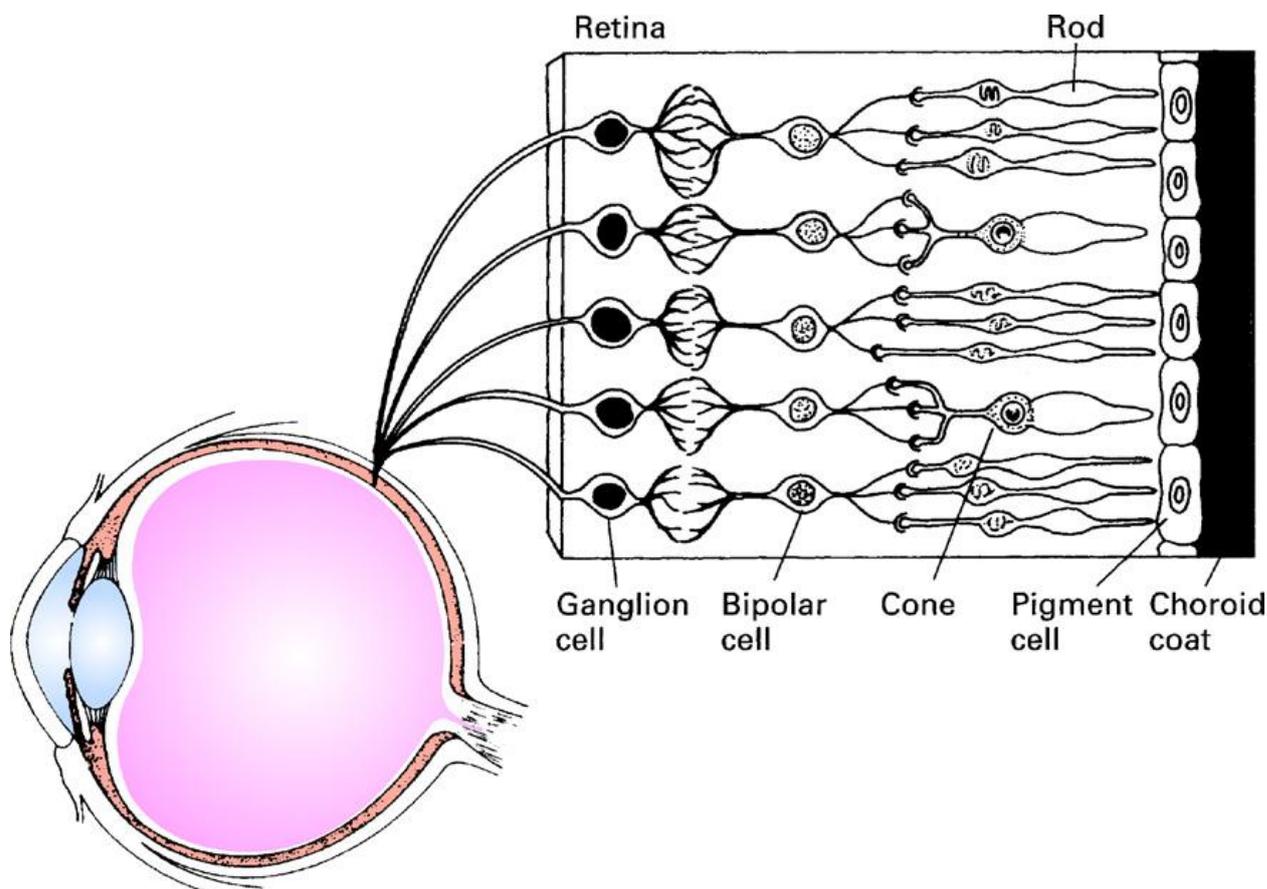


Рис. 7 Сетчатка

Область вокруг ямки содержит как колбочки, так и палочки. Структура сетчатки становится более шероховатой по направлению от ямки. Доля колбочек уменьшается до тех пор, пока, вблизи края, сетчатка не состоит целиком из палочек. В ямке каждая колбочка имеет свой собственный путь к зрительному нерву. Это позволяет воспринимать детали изображения, проецируемые на ямке. Вдали от ямки, ряд рецепторов прикрепляются к тому же нервному пути. При этом разрешающая способность уменьшается, но чувствительность к свету и движению увеличивается.

Имея в голове представление о структуре сетчатки, давайте проверим, как мы видим картину с расстояния около 2 м. С этого расстояния, в любой момент, мы можем видеть наиболее отчетливо объект только около 4 см в диаметре. Объект такого размера проецируется в изображение размером с ямкой.

Объекты около 20 см в диаметре, видны отчетливо, но не с полноценной резкостью. Периферия крупных объектов постепенно кажется менее четкой. Так, например, если мы фокусируемся на лице человека, стоящего в 2 метрах от нас, мы можем ясно видеть детали лица, но мы можем только лишь предположить размер рта. В то же время, мы уверены в том, что у человека есть руки и ноги, но мы не можем уточнить, например, детали обуви данного человека.

RESOLVING POWER OF THE EYE / РАЗРЕШАЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ГЛАЗА

До сих пор в нашем обсуждении формирования изображения мы пользовались геометрической оптикой, которая пренебрегает дифракцией света. Геометрическая оптика предполагает, что свет от точечным источником фокусируется в точке изображения. Но это не тот случай. Когда свет проходит через отверстие, например, радужной оболочки глаза, происходит дифракция, и волны распространяются по краям отверстия. В результате, свет сфокусирован не на остром конце, а в дифракционной картине, состоящей из диска, окруженного кольцами убывающей интенсивности.

Если свет берет свое начало от двух точечных источников, которые находятся близко друг к другу, их изображения дифракционные диски могут перекрывать, что делает невозможным различить две точки. Оптическая система может разрешить две точки, если их соответствующие дифракционные картины различимы. Этот критерий в одиночку показывает, что две точки разрешимы (см. рис. 8), если угловое расстояние между линиями, соединяющих точки к центру линзы, равно или больше, чем критическое значение, заданное:

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{d} \quad (15.4)$$

где λ - длина волны света, а d - диаметр апертуры. Угол θ задается в радианах ($1 \text{ рад} = 57.3^\circ$). При зеленом свете ($\lambda = 500 \text{ нм}$) и при диаметре радужки $0,5 \text{ см}$, этот угол составляет $1,22 \times 10^{-4} \text{ рад}$.

Эксперименты показали, что глаз не выполняет это хорошо. Большинство людей не может разрешить две точки с угловым разделением меньше, чем $5 \times 10^{-4} \text{ радиан}$.

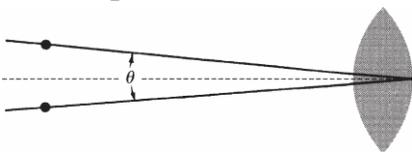


Рис. 8 Две точки разрешимы, если угол θ больше $1.22\lambda / d$

Очевидно, существуют и другие факторы, которые ограничивают разрешение глаза. Дефекты в системе линз глаза определенно затрудняют разрешение. Но, возможно, даже более важными являются ограничения, обуславленные структурой сетчатки.

Колбочки в плотно упакованной ямке около 2 мкм диаметром. Чтобы разрешить две точки, свет от каждой точки должен быть сфокусирован на другой колбочке, а возбужденные колбочки должны быть отделены друг

от друга так, чтобы, по меньшей мере, одна колбочка, не была возбуждена. Таким образом, на сетчатке образы двух разрешенных точек разделены по меньшей мере 4 мкм. Одна невозбужденная колбочка между точками возбуждения предполагает угловое разрешение около 3×10^{-4} рад (см. упражнение 7а). Некоторые люди с острым зрением могут разрешить точки таким разделением, но большинство людей не могут. Мы можем объяснить пределы разрешения, продемонстрированные большинством нормальных глаз, если предположить, что, для того, чтобы воспринимать различные изображения точки, должны быть три невозбужденные колбочки между областями возбуждения. Угловое разрешение, тогда будет, как мы видим, 5×10^{-4} рад.

Давайте теперь вычислим размер мельчайших деталей, которые может разрешить невооруженный глаз. Для наблюдения мельчайших деталей, объект должен быть доведен до ближайшей точки, на которой глаз может сосредоточиться. Если предположить, что это расстояние 20 см от глаз, угол, образуемый двумя точками, разделенными друг от друга на расстоянии x задается: (См. рис. 9)

$$\tan^{-1} \frac{\theta}{2} = \frac{x/2}{20} \quad (15.5)$$

Если θ очень мала, как это имеет место в нашей задаче, тангенс угла равен самому углу и

$$\theta = \frac{x}{20}$$

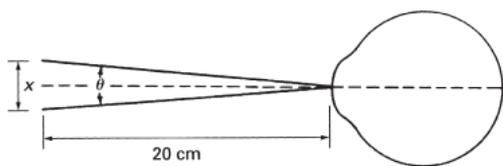


Рис. 9 Разрешение глаза

Поскольку самый маленький разрешимый угол равен 5×10^{-4} рад, самая маленькая разрешимая деталь x равна

$$x = 5 \times 10^{-4} \times 20 = 100 \mu\text{m} = 0.1\text{mm}$$

Используя тот же критерий, можно показать, что черты лица, такие как белки глаз, разрешимы на расстоянии 20 м.

THE RESHOLD OF VISION / ПОРОГЗРЕНИЯ

Ощущение зрения повлечется когда свет абсорбирован фоточувствительными палочками и колбочками. При тусклом свете главными фоторецепторами являются палочки. Свет провоцирует химические изменения в фоторецепторах, которые понижают

чувствительность последних. Для максимальной чувствительности глаз должен находиться в темноте (привыкнуть к темноте) на протяжении 30 минут для восстановления структуры фоторецепторов.

При оптимальных условиях глаз является очень чувствительным приемником света. Человеческий глаз, например, отвечает на свет, исходящий от свечки на расстоянии 20 км. При пороге зрения интенсивность света настолько мала, что ее нужно описывать с точки зрения фотонов. Эксперименты показали, что отдельный фоторецептор (палочка) чувствителен к 1 кванту света. Это, однако, не означает, что глаз может видеть одиночный фотон, падающий на роговицу. При таких низких уровнях света процесс зрения является статистическим.

На самом деле, расчеты показали, что около 60 квантов должны достигнуть роговицы глаза, чтобы глаз воспринял вспышку. Около половины света абсорбировано или отражено глазной средой. Примерно 30 фотонов, достигающих сетчатки, распространены по поверхности, содержащей около 500 палочек. Подсчитано, что только 5 из этих фотонов на самом деле абсорбируются палочками. Следовательно, кажется, что по меньшей мере 5 фоторецепторов должны быть стимулированы для восприятия света.

Энергия одного фотона очень мала. Для зеленого света при 500 нм она равна:

$$E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-27} \times 3 \times 10^{10}}{5 \times 10^{-5}} = 3.98 \times 10^{-12} \text{ erg}$$

Данное количество энергии, однако, достаточно для запуска химических превращений в одиночной молекуле, которые в последствии приводят к действию последовательности мероприятий, которые приводят к генерации нервного импульса.

VISION AND THE NERVOUS SYSTEM / ЗРЕНИЕ И НЕРВНАЯ СИСТЕМА

Зрение не может быть объяснено исключительно за счет физической оптики глаза. Имеется намного больше фоторецепторов в сетчатке, чем волокон в зрительном нерве. Поэтому, очевидно, что изображение, проецируемое на сетчатку глаза не просто передается точка за точкой к мозгу. Значительный объем обработки сигналов происходит в нейронной сети сетчатки, прежде чем сигналы передаются в мозг. Нейронная сеть "решает", какие аспекты изображения являются наиболее важными и подчеркивает передачу этих особенностей.

У лягушки, например, нейроны в сетчатке организованы таким образом, чтобы был более активный ответ на движение мелких объектов. Муха,

движущаяся по полю зрения лягушки, будет продуцировать интенсивный нервный ответ, и если муха будет достаточно близка, лягушка набросится на муху своим языком, чтобы поймать ее. С другой стороны, движение в том же поле зрения больших объектов, которые, очевидно, не являются едой для лягушек, не вызовет нервный ответ. Очевидно, что оптическая система обработки лягушки повышает его способность улавливать мелкие насекомые при одновременном снижении вероятности заметить большие, возможно, опасные существа, проходящие в окрестности.

Человеческий глаз также обладает важными механизмами обработки. Было показано, что движение образов так же важно и для человека. В процессе просмотра объекта, глаз выполняет небольшие быстрые движения, от 30 до 70 в секунду, что слегка изменяет положение изображения на сетчатке. В экспериментальных условиях можно противодействовать движению глаз и стабилизировать положение изображения на сетчатке глаза. Было обнаружено, что, в соответствии с этими условиями, образ воспринимаемый человеком постепенно затухает.

DEFECTS IN VISION / ДЕФЕКТЫ ЗРЕНИЯ

Различают 3 общих дефектов зрения, которые ассоциированы с системой фокусирования глаза: миопия (близорукость), гиперопия (дальнозоркость) и астигматизм. Первые два из этих дефектов лучше всего объясняются при изучении изображений параллельного света в глазу.

Расслабленный нормальный глаз фокусирует параллельный свет прямо на сетчатку (см. рис. 10). В миопическом глазу система линз фокусирует параллельный свет перед сетчаткой (см. рис. 11а). Данная расфокусировка обычно обусловлена продолговатым глазным яблоком или чрезмерной кривизной роговицы. При гиперопии проблема обратная (см. рис. 12а). Параллельный свет сфокусирован за сетчаткой. Проблема в данном случае в глазном яблоке, которое короче чем в норме, либо в недостаточной силе фокусировки глаза. Гиперметропический глаз может разместить объекты на бесконечности, но ближние точки находятся дальше, чем обычно. Дальнозоркость, таким образом, подобна пресбиопии. Эти два дефекта могут быть обобщены следующим образом: у близоруких глаз сходится света слишком много, а у дальнозорких недостаточно.

Астигматизм - дефект, обусловленный несферической роговицей. Овальной формы роговица, к примеру, более резко изогнута вдоль одной плоскости, чем другой; поэтому, она не может формировать одновременно четкие изображения двух перпендикулярных линий. Одна из линий всегда вне фокуса, что приводит к искаженному зрению.

Все три этих дефекта могут быть исправлены с помощью линз, расположенных в передней части глаз. Близорукость требует рассеивающей линзы для компенсации избыточной рефракции. Дальнозоркость корректируется собирающей линзой, которая добавляет к фокусировке силу. Неравномерная кривизна роговицы при астигматизме компенсируется цилиндрической линзой (рис. 13), которая фокусирует свет вдоль одной оси, но не вдоль другой.

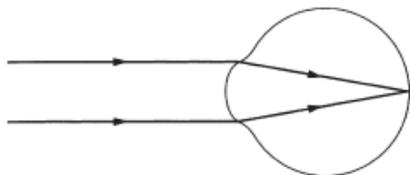


FIGURE 15.10 The normal eye.

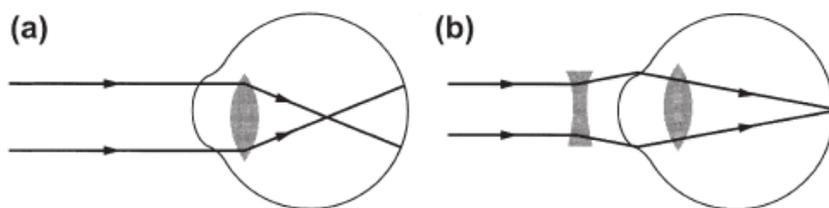


FIGURE 15.11 (a) Myopia. (b) Its correction.

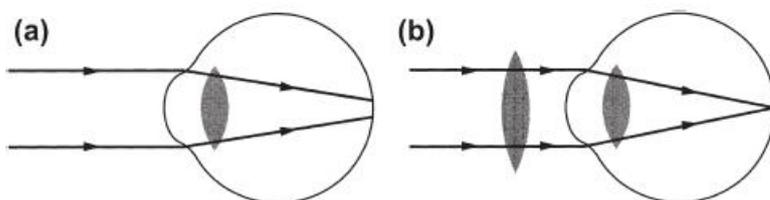


FIGURE 15.12 (a) Hyperopia. (b) Its correction.

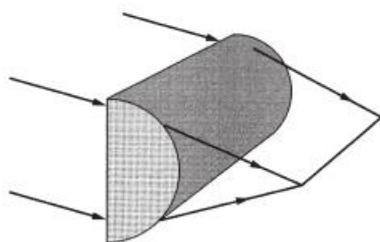


FIGURE 15.13 Cylindrical lens for astigmatism.

LENS FOR MYOPIA / ЛИНЗЫ ДЛЯ БЛИЗОРУКОСТИ

Предположим, что самый дальний объект, на котором некий близорукий глаз может должным образом сосредоточиться составляет 2 м от глаза. Это называется дальней точкой аккомодации. Свет от объектов дальше, чем эта точка фокусируется перед сетчаткой (рис.11а). Здесь целью коррекционной линзы является сделать так, чтобы параллельный свет приходил с дальней точки аккомодации (в данном случае, 2 м). С такой

корректирующей линзой глаз способен формировать изображения объектов вплоть до бесконечности.

Фокусное расстояние объектива вычисляется с помощью формулы. С.6:

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

Здесь p - бесконечность, так как это эффективное расстояние для источников параллельного света. Желаемое место q для виртуального изображения - 200 см. Фокусное расстояние рассеивающей линзы следовательно

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{-200} \text{ or } f = -200 \text{ cm} = -5 \text{ diopters}$$

LENSFORPRESBYOPIAANDHYPEROPIA / ЛИНЗЫ ДЛЯ ПРЕСБИОПИИ И ДАЛЬНОЗОРКОСТИ

При данных расстройствах глаз не может должным образом фокусироваться на близких объектах. Близкая точка аккомодации очень далека от глаза. Целью линз является сделать так, чтобы свет от близких объектов Предположим, что данный гиперметропический глаз имеет близкую точку равную 150 см. Нужная линза позволит глазу видеть объекты на расстоянии 25см. Фокусное расстояние линзы снова подсчитывается по уравнению С.6

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

Здесь p расстояние объекта, равное 25см, а q равен 150см, являющийся расстоянием виртуального изображения в близкой точке. Фокусное расстояние f для собирающих линз рассчитывается так:

Оптические методы исследования стоматологических материалов

Эти методы основаны на взаимодействии оптического излучения (поглощения, отражения, поляризации, рассеяния, дисперсии,) с объектом контроля. Ответную информацию об объектах исследования несут спектральные и интегральные фотометрические характеристики, которые в свою очередь зависят от строения, формы, температуры, микрорельефа, поверхности материала. С помощью оптических методов можно обнаружить пус-

тоты, расслоения, поры, трещины, включения инородных тел, внутренние напряжения, отклонения от заданных размеров и т.д.

В курсе медицинской физики изучаются многие оптические методы исследования: микроскопия и ее специальные приемы, фотометрия, колориметрия, нефелометрия, спектральный анализ, люминесцентный анализ, полярография. Возможные применения этих методов в стоматологическом материаловедении: контроль структуры металлов, сплавов, пластмасс, колориметрический и нефелометрический контроль жидких композиций, контроль цветности искусственных зубов, вставок и вкладок, гранулометрический анализ твердых композиции, контроль абразивного износа боров, контроль напряжений в наиболее опасных сечениях моделей сложных протезов и т.д. специфика стоматологических клиник не позволяет применять точные оптические методы для определения многих характеристик изготавливаемых протезов. Например, из большого числа методов контроля шероховатости поверхности, клиницисты применяют лишь метод субъективного сравнения с эталоном. Визуальное и тактильное сравнение, более того, не требует даже наличия эталона. Каждый врач субъективно оценивает качество обработки поверхности протеза исходя из накопленных представлений о необходимом качестве обработки.

Для научных исследований контроль поверхности искусственных зубов или протезов осуществляется с помощью микроинтерферометров типа МИИ - 10 с точностью 0,1 мкм. На рис 27 приведена схема двухлучевого интерферометра. Свет от источника 1, проходя через конденсатор 2 и диафрагму 3, делится на два когерентных пучка светоделительным полупрозрачным зеркалом 4. Один из пучков фокусируется объективом 5 на эталонное зеркало 11, другое- объективом 6 на исследуемую поверхность 7. После отражения от эталона и объекта пучки линзой 8 фокусируются в плоскости диафрагмы 9. Полученные интерференционная картина наблюдается с помощью окуляра 10. Полученные интерференционные полосы искривляются в соответствии с профилем исследуемой поверхности. Искривление интерференционных полос однозначно определяет микронеровности поверхности материала.

Для определения шероховатости поверхности применяют также различные типы профилометров, интерферометров – компараторов, интерференционных микроскопов сравнения, растровых микроскопов. Но, как было сказано выше, в стоматологических клиниках в настоящее время нашли практическое применение лишь визуальные и тактильные методы субъективной оценки шероховатости. Их отличает простота и достаточно высокая точность, определяемая хорошей различительной способностью сен-

сорных систем человека. Для оценки качества материала, в частности металлов для изготовления различных стоматологических протезов, а также оценки качества обработки изделия для придания ему окончательной формы применяют метод макроскопического анализа, который заключается в рассмотрении через лупу небольшого увеличения строения поверхности материала. Макроанализ позволяет выявить газовые пузыри, усадочную рыхлость, пустоты и термической обработки макрошлифов, зависящие от металла.

Разновидностью макроанализа является микроанализ, т.е. рассмотрение структуры материалов при большом увеличении и помощью микроскопов. При этом применяют как оптические микроскопы, так и электронные. Из курса физики известно, что минимальные элементы структуры, которые можно увидеть в оптический микроскоп, имеют размеры не менее 0,2 мкм. Однако в ряде случаев этого вполне достаточно для наблюдения структуры многих металлических сплавов. Как и в случае макроанализа, поверхность исследуемого образца операции, как вырезка образца из исследуемого материала, получение плоской поверхности, шлифование этой поверхности, полирование и, наконец, травление специальными химическими реактивами. Только после этого возможно изучение микроструктуры материала.

Электронные микроскопы, имеющие разрешающую способность, в 100-200 раз большую, чем оптические, позволяют исследовать тонкую структуру материалов.

В последнее время начал применяться метод микрорентгеноспектрального анализа, заключающийся в том что поток электронов определенной энергии направляется на поверхность объекта. При бомбардировке электронами поверхности исследуемого объекта возникает характеристическое рентгеновское излучение. Каждому химическому элементу соответствует определенный набор длин волн характеристического излучения. Тем самым, измеряя интенсивность рентгеновского излучения, можно определить концентрацию химического элемента в излучаемом объекте. Другими словами, этот метод дает возможность оценить химическую неоднородность материала.

Лекционное занятие № 9

Тема: АТОМНАЯ И ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА. Рентгеновское излучение

Технология обучения лекционного занятия

Время– 2 часа	Число студентов 15-40
Вид лекции	Информационно-визуальная
Структура учебного занятия	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Организационный ➤ Постановка темы и цели урока ➤ Изложение материала ➤ Укрепление материала ➤ Подведение итогов
<p>Цель: Дать понятие о рентгеновском излучении, ознакомить с методами диагностики в медицине с использованием рентгеновского излучения, привить будущим специалистам прочных теоретических знаний</p>	
<p>Задачи педагога:</p> <ul style="list-style-type: none"> -показать роль рентгеновского излучения в медицине; -рассказать о важнейших свойствах рентгеновского излучения; - дать реологические -объяснить капиллярные явления -дать физические основы гемодинамики - сформировать основы теоретико-прикладного мышления 	<p>Результат обучения:</p> <ul style="list-style-type: none"> -узнают о рентгеновском излучении; -узнают о строении рентгеновской трубки; -ознакомятся с люминесценцией; -- получают нужную информацию и изучает данный материал
Методика и техника обучения	Лекция, решение ситуационных задач, графический органайзер: кластер
Средство обучения	Проектор, графический органайзер
Вид обучения	Коллективное, индивидуальное
Условия обучения	Аудитория оснащенная проектором
<i>Мониторинг</i>	Устный контроль: ответы на вопросы

Технологическая карта лекционного занятия

№	Этап урока ка время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
---	------------------------	----------------------------	------------------------

1.	Организа- ционная часть 10 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план лекции. 1.3 Даёт ключевые слова 1.4. Объясняет мониторинг контроля усвоения данной темы.	Слушают, записывают Уточняют, задают вопро- сы
2.	Опреде- ление ис- ходных знаний по теме 5 мин.	организует беседу по технологии «Дискуссия» При этом задаёт вопросы • Кто изобрел рентгеновское излучение? • Какие методы применения рентгеновского излучения Вы знаете?	1. По теме вспоминает основные понятия. 2.Активно участвует при дискуссии
3.	Объясне- ние темы 60 мин.	Объясняет тему по плану: 1. Атомная физика 2. Рентгеновское излучение. 3. Тормозное и характери- стическое излучение. 4. Рентгенология. Рентгено- диагностика и рентгено- терапия. 5. Рентгеновская томогра- фия. 6. Ядерная физика. 7. Люминесценции. Ее виды. 8. Правило Стокса для лю- минесценции.	Слушают Записывают
4.	Укрепле- ние темы 10 мин.	- Систематизирует данный ма- териал - уточняет основные моменты - отвечает на вопросы .	Задают вопросы
5.	Домашнее задание 5 мин.	Задаёт домашнее задание и объявляет название следую- щей лекции	Записывает домашнее за- дание

План лекции:

1. Атомная физика
2. Рентгеновское излучение.
3. Тормозное и характеристическое излучение.
4. Рентгенология. Рентгенодиагностика и рентгенотерапия.
5. Рентгеновская томография.
6. Ядерная физика.
7. Люминесценции. Ее виды.
8. Правило Стокса для люминесценции.

Атомная физика

Современная атомная и ядерная физика среди самых впечатляющих научных достижений этого века. Нет такой области науки или технологии, где бы не привлекались понятия и методы, развитые в этой области. И теории и методы атомной и ядерной физики играли важную роль в науках о жизни. Теории обеспечили основу для понимания структуры и взаимодействия органических молекул тел, а методы обеспечили многими инструментами и для экспериментальной и для лечебной работы. Вклады от этой области были столь многочисленными и влиятельными, что невозможно воздать им должное в единственной главе. Поэтому по необходимости, наше обсуждение будет ограничено обзором предмета. Мы представим краткое описание атома и ядра, которое будет вести в обсуждение применений атомной и ядерной физики к наукам о жизни.

Атом

К 1912 году, на основе работы Дж. Дж. Томпсона, Э. Резерфорда и их коллег, много важных фактов были изобретены о понятиях атома. Было найдено, что атомы содержат маленькие отрицательно заряженные электроны и относительно более тяжелый положительно заряженные протоны. Протон приблизительно в 2000 раз более тяжелее, чем электрон. Есть столько же положительно заряженные протоны в атоме сколько отрицательно заряженные электроны. Атом в целом, поэтому, электрически нейтрален. Идентичность атома определена имеющимися числом протонов. Например, у водорода есть 1 протон, у углерода есть 6 протонов, у серебра есть 47 протонов. Через ряд изобретательных экспериментов Резерфорд показал, что большая часть атомной массы сконцентрирована в ядре, состоящем из протонов и что электроны так или иначе расположены вне ядра. Впоследствии было обнаружено, что ядро также содержит другую частицу, нейтрон, который имеет приблизительно ту же самую

массу как протон, но электрически нейтральный.

Хотя ядро содержит большую часть атомной массы, оно занимает только небольшую часть полного атомного объема. Диаметр целого атома 10^{-8} см, но диаметр ядра только 10^{-13} см. В то время конфигурация электронов вокруг ядра не был известен.

В 1913 датский физик Нильс Бор предложил модель для атома, который объяснил много наблюдений, которые были озадачены ученые того времени. Когда Бор познакомился с областью атомной физики, предмет был в состоянии беспорядка. Много теорий были предложены для структуры атома, но ни одно существующее результаты эксперимента удовлетворительно объясняло. Самое удивительное свойство атомов было испускание ими света. Когда элемент помещается в пламя, он излучает свет в резко определенной длины волны, названные спектральными линиями. Каждый элемент испускает свой собственный характерный спектр света. Это отличается от пылающего света в лампочке, например, который излучает свет по непрерывному диапазону длин волн.

До Бора ученые не могли объяснить, почему эти цвета испускались атомами. Модель Бора атома объяснила причину отчетливых спектров. Бор начал с модели атома, как предложено Резерфордом. В центре атома положительное ядро, составленное из протонов (и нейтронов). Орбита электронов вокруг ядра как орбита планет вокруг солнца. Они сохраняются в орбите электростатической притяжением ядра.

Орбитальные ограничения наиболее легко иллюстрированы самым простым атомом, водородом, у которого есть ядро единственного протона и один электрон, движущийся по кругу вокруг этого (Рис. 1). Слово свет не ограничен исключительно видимой частью электромагнитного спектра. Радиация в более короткой длине волны (ультрафиолетовая) и более длинная (инфракрасная) длина волны также часто упоминается как свет.

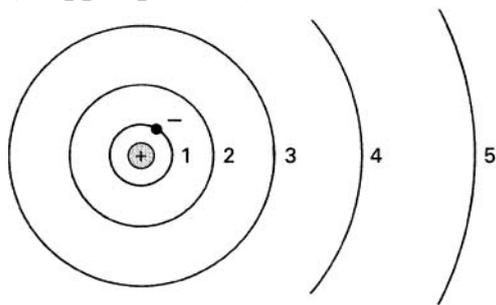


Рис. 1 Боровская модель для атома водорода.

Электронные орбиты в ядре могут занять только дискретные орбиты с радиусами 1, 2, 3, и так далее.

Электрон может «подскачить» к одной из выше позволенных орбит дальше от ядра, но электрон никогда не может занимать области между по-

зволенными орбитами.

Модель Бора была очень успешна в объяснении многих экспериментальных наблюдения для элементарного водородного атома. Но описать поведение атомов больше чем с одним электроном, было необходимо наложить дополнительное ограничение на структуру атома: число электронов в данной орбите не может быть больше, чем $2n^2$, где n – порядок орбиты от ядра. Таким образом максимальное количество электронов в позволенной первой орбите

$2 \times (1)^2 = 2$; во второй позволенной орбите это - $2 \times (2)^2 = 8$; в третьей орбите это - $2 \times (3)^2 = 18$ и так далее.

Диаграмму энергетического уровня для атома показывают на Рис. 2. Обратите внимание на то, что у каждого элемента есть своя собственная характерная структура энергетического уровня.

Самый низкий энергетический уровень, который может занять электрон, называют стационарным состоянием.

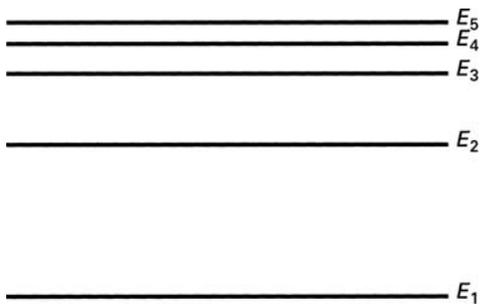


РИСУНОК 2. Энергетические уровни для атома.

Постулаты Бора:

Первый постулат: Атом в стационарном состоянии не излучает и не поглощает энергии. Стационарным состояниям соответствуют дискретные значения энергии. E_1, E_2, \dots

Второй постулат: при переходе атома из одного состояния в другое атом испускает и поглощает фотон.

$$f = \frac{\text{Энергия фотона}}{\text{постоянная Планка}} = \frac{E_i - E_f}{h} \quad (16.1)$$

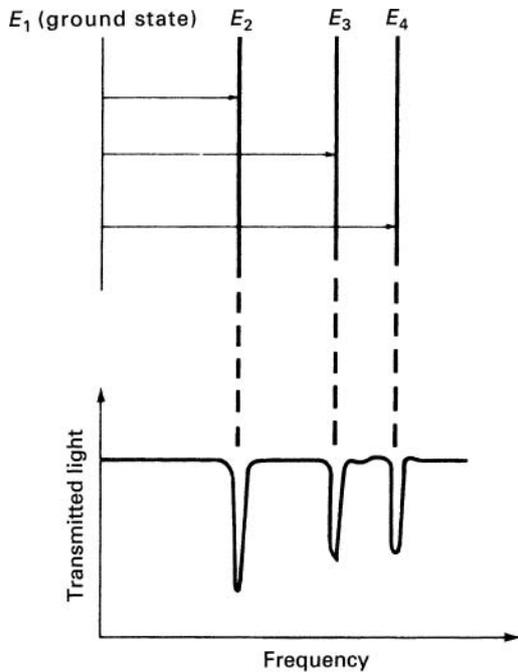


РИСУНОК 3. «спектр поглощения»

Поглощаемая атомами или молекулами энергия называют спектром поглощения атома. В их безмятежном государстве большинство атомов находится в стационарном состоянии. Спектр поглощения, поэтому, обычно содержит только линии, связанные с переходами от основного состояния до выше позволенных уровней (Рис. 3).

Модель Бора также объяснила качественно формирование химических связей.

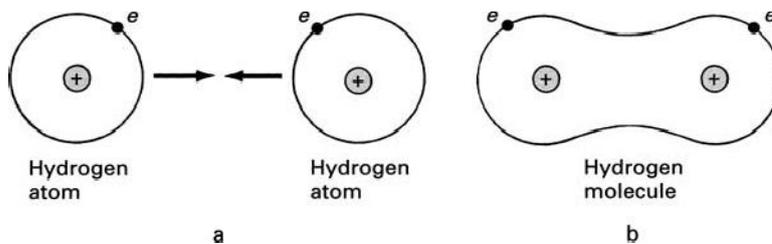


РИСУНОК 4. Схематическое представление для формирования водородной молекулы.

(а) Два отдельных водородных атома. (b), Когда эти два атома близко друг к другу, электроны разделяют орбиту друг друга, которая приводит к закреплению этих двух атомов в молекулу.

У молекул также есть характерные спектры и в эмиссии и в поглощении. Поскольку молекулы более сложны, чем атомы, их спектры соответствен-

но более сложны. В дополнение к электронной конфигурации этих спектров также зависят от движения ядер. Тем не менее спектры могут интерпретироваться и уникальны для каждого типа молекулы.

Рентгеновское излучение

В 1895 году Вильгельм Конрад Рентген объявил о своем открытии рентгеновского излучения. Он нашел, что, когда высокоэнергетические электроны поражают материал, такой как стекло, материал испускал радиацию, которая проникала через объекты непрозрачные к свету. Он назвал это излучение рентгеновским. Было показано впоследствии, что рентгеновское излучение - электромагнитные волны с длиной волны от 80 до 10^{-5} нм, испускаемая возбужденными атомами. Рентген показал, что рентген мог выставить плёнку и произвести изображения объектов в непрозрачных контейнерах. Такие картины возможны, если контейнер передает рентген с большей готовностью, чем объект внутри. Плёнка, выставленный рентгеном, показывает тень объекта.

В течение трех недель после объявления Рентгена два французских врача, Удин и Барзэ'леми, получили рентген костей руки. С тех пор рентген стал одним из самых важных диагностических инструментов в медицине. С данными методами даже возможно рассмотреть внутренние органы тела. Это сделано, введя в орган жидкость непрозрачную к рентгену. Стенки органа тогда обнаруживаются ясно, в отличие от этого.

Рентген также предоставил ценную информацию о структуре биологически важных молекул. Этот метод называется кристаллографией. Длина волны рентгена находится в порядке 10^{-10} м, это же самое расстояние между атомами в молекуле или кристалле. Поэтому, если луч рентгена передан через кристалл, переданные лучи производят дифрагируются, они содержат информацию о структуре и композиции кристалла. образец состоит из областей высокой и низкой интенсивности рентгена который когда сфотографированные выставочные пятна переменной яркости (Рис. 5).

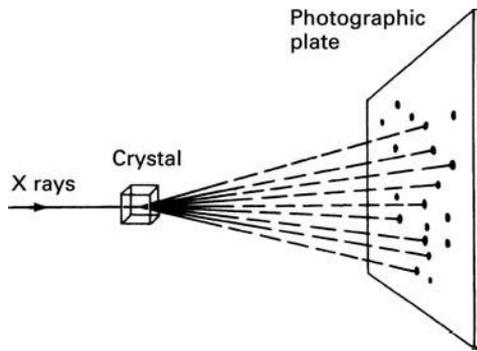


РИСУНОК 5.

Самой главной частью рентгеновской установки является рентгеновская трубка, представляющая собой двухэлектродную лампу. Схематическое изображение лампы показано на рис.6

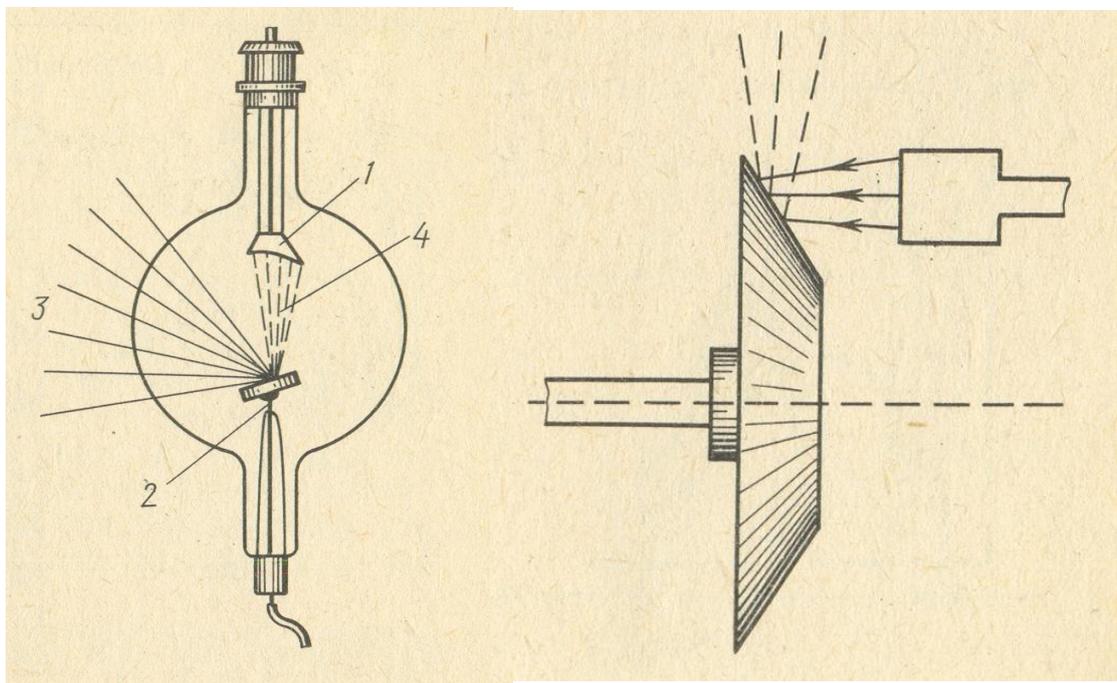


РИСУНОК 6.

Излучение подразделяется на тормозное (со сплошным спектром) и характеристическое (с линейчатым спектром)

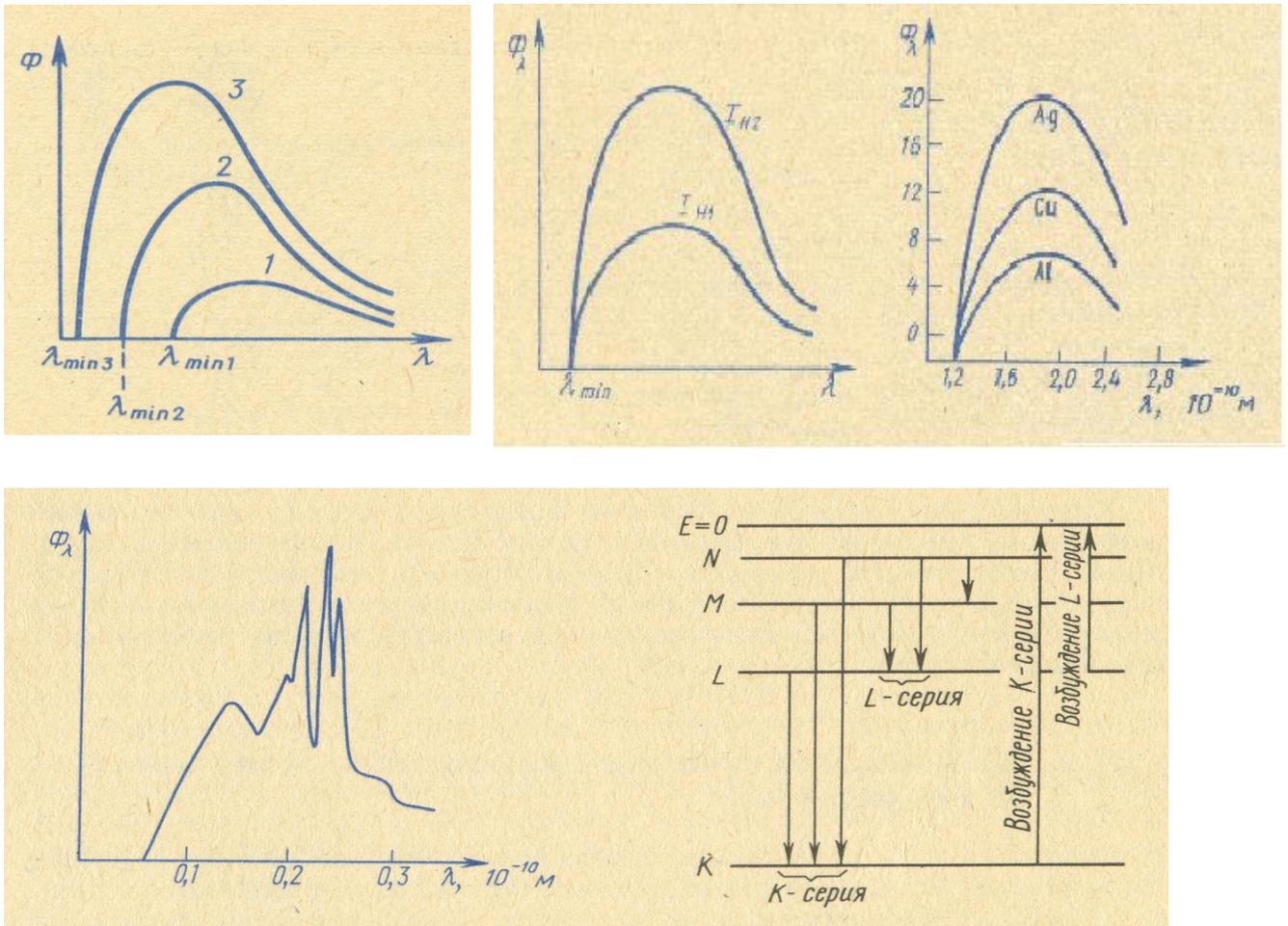


Рисунок 7.

Рентгенологические методы диагностики или рентгенодиагностика подразделяются на **рентгеноскопию** (просмотр теневого изображения на экране монитора) и **рентгенографию** (фиксация изображения на фотопленке)

Если объект и окружающие ткани одинаково ослабляют рентгеновские лучи, то применяют специальные контрастные вещества (сульфат бария для желудка и кишечника, уротраст, веротраст и т.д.)

Флюорография- метод рентгенодиагностики с использованием *малых интенсивностей* излучения, при котором изображение с экрана фиксируется на малоформатную (24x36 мм) пленку (РФ-3). Используется линза большой светосилы, снимки рассматриваются на специальном увеличителе.

Методы искусственного контрастирования для получения необходимой контрастности именуется по органам и системам - ангиография, лимфография и др., например, церебральная ангиография - рентгенологическое исследование головного мозга после введения в артериальные сосуды контрастных веществ.

Рентгенодиагностика изменений костей черепа и внутричерепной патологии называется **краниографией**. Рентгенологический метод исследования позвоночника для диагностирования опухолей спинного мозга, туберкулезного процесса, остеохондроза называется **спондилографией**.

Основные задачи рентгенодиагностики:

- 1) Установление наличия заболевания и его нозологической принадлежности (устанавливающая диагностика)
- 2) Выявление признаков, отличающих данное заболевание от других со сходными проявлениями (дифференциальная диагностика)
- 3) Установление точной локализации и распространения патологического процесса (топическая диагностика)
- 4) Установление формы и фазы развития заболевания и осложнений (качественная диагностика)
- 5) Рентгенодиагностические аппараты (РА) в зависимости от конструкции разделяются на стационарные (РУМ-20М), передвижные (12П5), переносные (например, импульсные «Дина-2») Передвижные могут выпускаться разборными для военно-полевых и экспедиционных целей (например, 8ЛЗ)

Компьютерная рентгеновская томография

*Обычная картина рентгена не предоставляет информацию о глубине. Изображение представляет полное ослабление, поскольку луч рентгена в своем пути проходит через объект. Например, обычный рентген легкого может показать существование опухоли, но не покажет, как глубоко в легком опухоль расположена. Несколько томографических методов (снимки компьютерной томографии) были развиты, чтобы произвести изображения части в пределах тела, которые предоставляют информацию о глубине. (Томография - от греческого слова *tomos* значение сечения.)*

В настоящее время используется компьютеризированная рентгеновская томография (компьютерная томография), развитая в 1960-х.

Компьютерная рентгеновская томография - это метод получения послойного изображения объекта (органа) на экране электронно-лучевой трубки или на бумаге с деталями менее 2 мм при различии поглощения излучения до 0,1%, что позволяет, например, различать белое и серое вещество мозга и видеть очень маленькие опухолевые образования.

При томографии (послойной записи) рентгеновская трубка и фотопленка периодически совместно и в противофазе перемещаются относительно объекта исследования. Метод разработан Хаунсфилдом и Мак-Кормаком и удостоен в 1979 году Нобелевской премией.

Основной принцип техники в ее самой простой форме иллюстрирован на Рис. 8.

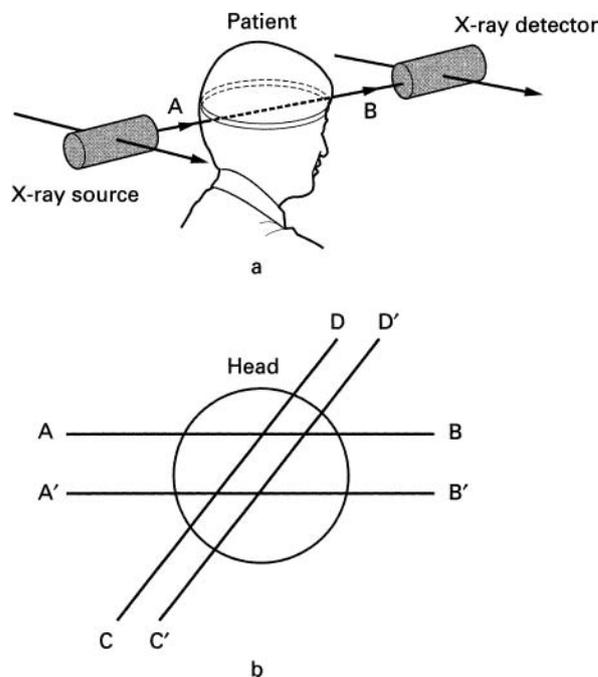


РИСУНОК 8. «(a) Основной принцип вычисленной осевой томографии. (b) Вращение комбинации исходного датчика предоставляет информацию о свойствах передачи рентгена каждого участка объекта, который будет изучен.

Рентгенотерапия - метод лучевой терапии, осуществляемый с помощью рентгеновского излучения. В связи с внедрением в клинику гамма-аппаратов, бетатронов, циклотронов и линейных ускорителей, генерирующих излучения высоких энергий и создающих в опухолях и окружающих здоровых тканях лучшее их дозное распределение, рентгенотерапия в онкологии в настоящее время несколько утратила свое значение.

Однако близкофокусная (или короткодистанционная) рентгенотерапия сохраняет свое значение при лечении поверхностнорасположенных опухолей кожи и пограничных слизистых оболочек (верхняя и нижняя губа, полость рта, прямая кишка и др.), а также при предопухолевых заболеваниях, опухолях сосудистого происхождения (ангиосаркома, гемангиома, лимфангиома)

При рентгенотерапии применяют излучение с тах энергией фотонов (до 40-45 кЭВ) с небольшого расстояния (15-300 мм), с одного или нескольких полей. Разовые дозы составляют 200-250 рад на каждое поле, суммарные дозы 5000-6500 рад при ритме 5 фракций в неделю. При некоторых формах новообразований суммарная доза может быть увеличена.

Рентгенотерапия неопухолевых заболеваний направлена на подавление воспалительной реакции, угнетение пролиферативных процессов, снижение секреторной активности желез и др. Рентгенотерапия неопухолевых процессов (стойкие воспалительные очаги, экзема, нейродерматит и др.) проводится только при неэффективности других нелучевых методов терапии. Облучение проводится минимальными дозами (разовая доза - 15-25 рад). Терапевтиче-

ская эффективность при этом составляет 85-98%. Противопоказания при неопухолевых заболеваниях - у детей и во время беременности.

Ядерная физика

Ядро

Хотя у всех атомов данного элемента есть одинаковое количество протонов в их ядре, число нейтронов может изменяться. Атомы с тем же самым числом протонов, но разным числом нейтронов называют изотопами. Все ядра атома кислорода, например, содержат 8 протонов, но число нейтронов в ядре может быть 8, 9, или 10. Это изотопы кислорода. Они определяются как $^{16}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$ и $^{18}_8\text{O}$. Это - общий тип ядерной символики в котором приписка к химическому символу элемента – сумма числа протонов и нейтронов. Число нейтронов часто определяет стабильность ядра.

Ядра большинства естественных атомов устойчивы. В состоянии покоя они не изменяются. Есть, однако, много нестабильных ядер, которые подвергаются преобразованиям, сопровождаемым эмиссией энергичной радиации. Было найдено, что испускания от этих радиоактивных ядер попадают в три категории: (1) альфа (α) частицы, которые являются быстродействующими ядрами гелия, состоящими из двух протонов и двух нейтронов; (2) бета (β) частицы, которые являются очень быстродействующими электронами; и (3) гамма (γ) лучи, которые являются очень энергичными фотонами.

Радиоактивное ядро данного элемента не испускает все три радиации одновременно. Некоторые ядра испускают альфа-частицы, другие испускают бета частицы и эмиссия гамма-лучей может сопровождать любое событие.

Радиоактивность связана с превращением ядра от одного элемента на другого. Таким образом, например, когда радий испускает альфа-частицу, ядро преобразовано в элемент радон.

Распад или превращение данного радиоактивного ядра - случайное событие. Некоторые ядра распадаются раньше; другие распадаются позже. Если, однако, мы имеем дело с большим количеством радиоактивных ядер, возможно, при помощи законов вероятности, предсказать точно уровень распада для совокупности. Характеристика радиоактивного изотопа - период полураспада. Это время, в течение которого распадается половина радиоактивных ядер.

Есть большая разность между периодами полураспада различных радиоактивных элементов. Некоторые элементы распадаются очень бы-

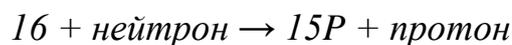
стро и имеют период полураспада несколько микросекунд или меньше. Другие распадаются медленно с периодом полураспада многих тысяч лет. Только очень долговечные радиоактивные элементы происходят естественно в земной коре. Один из них, например, изотоп урана ^{238}U , у которого период полураспада $4,51 \times 10^9$ лет.

Недолгие радиоактивные изотопы могут быть произведены в акселераторах, бомбардируя определенные стабильные элементы с высокоэнергетическими частицами. У естественного фосфора, например, есть 15 протонов и 16 нейтронов

в его ядре (^{31}P). Радиоактивный изотоп фосфора ^{32}P с 17 нейтронами



может быть произведен, бомбардируя серу с нейтронами. Реакция



У этого радиоактивного фосфора период полураспада 14,3 дней. Радиоактивные изотопы других элементов могут быть произведены похожим способом. Многие из этих изотопов были очень полезны в биологической и лечебной работе.

Магнитно-резонансная томография

Изображения форм внутренних органов, полученных с компьютеризированной томографией рентгена, превосходны. Однако рентген, не предоставляет информацию о внутренней структуре ткани. Снимки компьютерной томографии могут поэтому упускать изменения в структуре ткани и патологическом изменении во внутренних органах. Магнитно-резонансная томография (МРТ), введенная в начале 1980-х, является новым дополнением к медицинским методам отображения. Эта техника использует магнитные свойства ядра обеспечить изображения внутренних органов тела с подробной информацией о структуре мягкой ткани.

Методы отображения, которые мы обсудили до сих пор (рентген и ультразвук) в принципе относительно просты. Они используют отображенную или переданную энергию визуализировать внутренние структуры. Магнитно-резонансная томография более сложна. Это использует принципы ядерного магнитного резонанса (ЯМР), развитого в 1940-е.

Ядерный магнитный резонанс

Протоны и нейтроны, которые являются элементами атомных ядер,

обладают квантом механическая собственность вращения, у которого есть величина и направление. Мы можем вообразить эти частицы, как будто они были маленькими волчками. В результате вращения ядерные частицы действуют как маленькие стержневые магниты. В ядре выстраиваются в линию эти маленькие магниты, связанные с нуклонами (протоны и нейтроны), чтобы отменить магнитный поле друг друга. Однако, если число нуклонов нечетное, ядро обладает чистым магнитным моментом. Поэтому, ядра с нечетным числом нуклонов ведут себя как крошечные магниты. У водорода, у которого есть ядро, состоящее из единственного протона, конечно, есть ядерный магнитный момент. Человеческое тело сделано из главным образом воды и других содержащих водород молекул. Наше обсуждение будет ограничено ядерными магнитными свойствами водорода.

Как показан на Рис. 9а, материал не обладает чистым магнитным моментом ($M = 0$). Ядерные магниты представлены как маленькие стрелы. Однако ситуация изменена в присутствии внешнего магнитного поля.

Когда внешнее магнитное поле применено к существенной обладающей атомной энергии магнитные моменты, крошечные ядерные магниты выстраиваются в линию или параллель или антипараллель с магнитным полем как показано на Рис. 9б. Направление наружного магнитного поля обычно определяется как ось Z. Как показано на рисунке, x-y схеме перпендикулярна к оси Z. Поскольку ядерная магнитная параллель к поле ($y + z$) есть несколько более низкая энергия, чем те, которые антипараллельны ($-z$), больше ядер находится в параллельном положении, чем в антипараллельном положении. Во внешнем магнитном поле, сбор параллельных / антипараллельных ядерных вращений в целом имеет чистый магнитный момент M, который ведет себя как магнит, указывающий в направлении магнитного поля.

Энергетический интервал ΔE_m между параллелью и антипараллелью выравнивает – соотношение

$$\Delta E_m = \frac{\gamma \hbar B}{2\pi}$$

Здесь B – индукция магнитного поля, \hbar - постоянная Планка

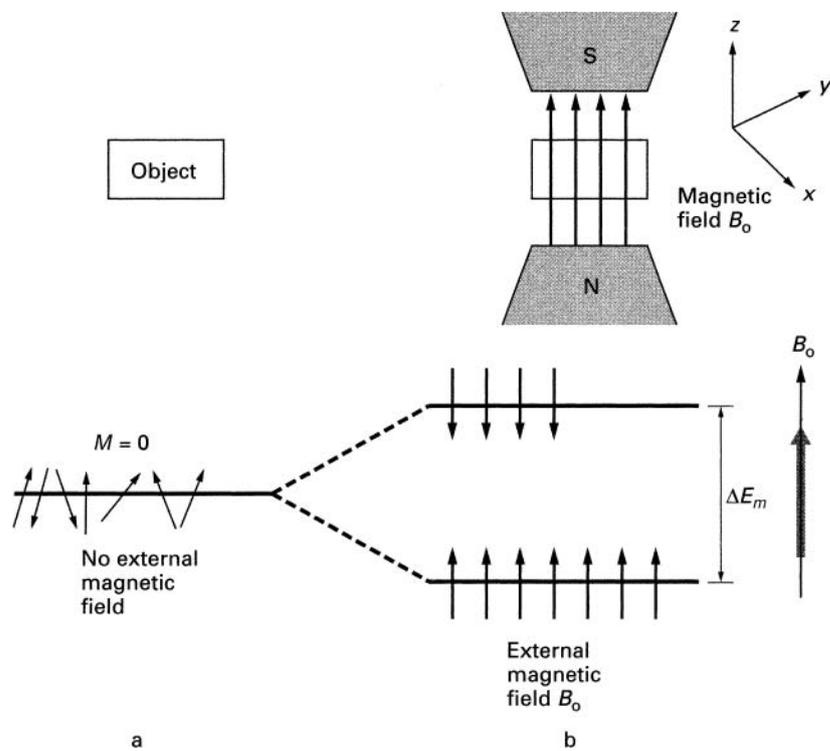


РИСУНОК 9 «(a) В отсутствие внешнего магнитного поле, ядерные вращения рандомизированы. (b), Когда внешний магнитное поле применен к обладающей существенной атомной энергии магнитные моменты, крошечные ядерные магниты выстраивают в линию или параллельно или антипараллельно с магнитным полем. Параллельная конфигурация в более низкой энергии.

Схема аппарата МРТ показан на Рис. 10. Большинство таких устройств использует охлажденные магниты со сверхпроводящей обмоткой жидкого гелия, чтобы произвести верхний уровень

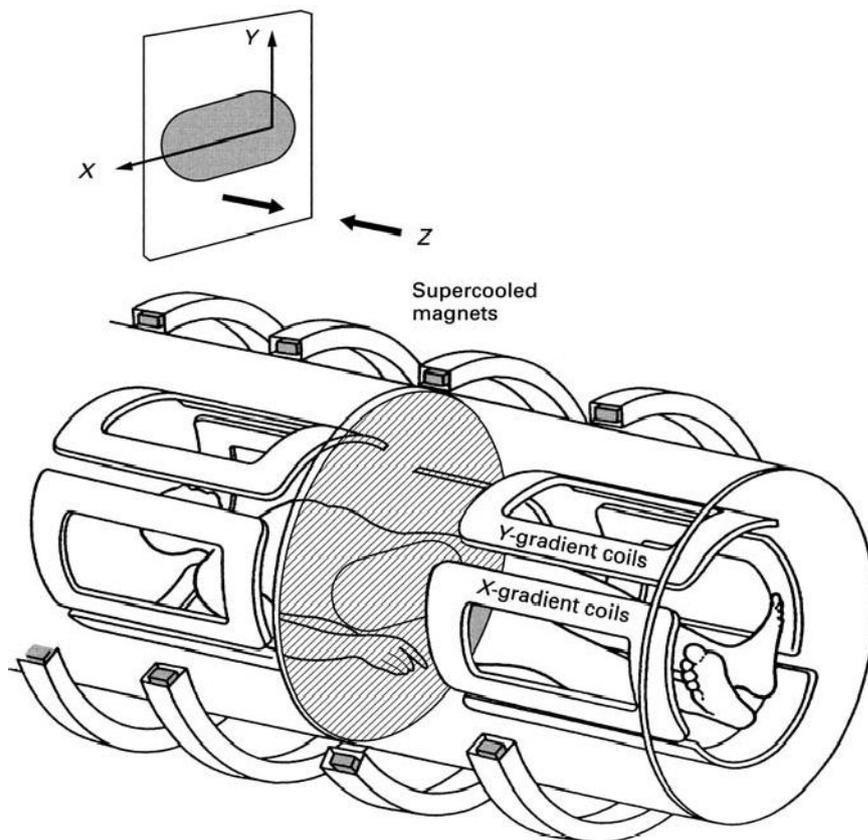


РИСУНОК 10 Схема МРТ.

Магнитное поле требуется для получения изображений с высоким разрешением. Изображение МРТ мозга показывается на Рис. 11.



РИСУНОК 11 Изображение МРТ мозга. От В. Купермена, «Магнитно-резонансной томографии», 2000, Академическое издание.

Техника МРТ приводит к подробной визуализации структур мягкой ткани с разрешением приблизительно 0,5 мм. Такая визуализация была особенно полезна при невралгии. Все части мозговой структуры включая артерии,

столь тонкие, как волосок может быть ясно замечен глубоко в мозге. Однако обычный МРТ не предоставляет информацию о функциях, выполненных мозгом. Такой показ *в естественных условиях* нервной деятельности в мозге, поскольку это выполняет различные задачи и функции, может быть получен с помощью техники, названная функциональной магнитно-резонансной томографией ФМРТ.

Функциональная магнитно-резонансная томография (ФМРТ)

До развития современных методов отображения информация о специфических локализованных функциях мозга была получена прежде всего из исследований (обычно после смерти) опухолей головного мозга и ран. Например, в 1861 году посредством вскрытия пациента страдающий афазией, французский врач, Поль Пьер Брока, решил, что у пациента было повреждение в левой восковине - полушария и подтвердил более ранние исследования, предполагающие, что эта часть мозга управляла речевым производством. Развитие ФМРТ позволило наблюдать неагрессивно широкий диапазон нервных функций интереса к психологии и клинической медицине.

Когда определенная область мозга активирована, энергетическое требование той области повышается. Ток окисленной крови к той части мозга увеличивается, чтобы гарантировать достаточный запас кислорода, требуемого отвечать увеличенным энергетическим требованиям. ФМРТ техника использует факт, что у окисленного гемоглобина нет магнитного момента в то время как гемоглобин повышается.

При насыщенном кислородом гемоглобин с его магнитным моментом *dephasing* водородного сигнала NMR более быстр, и интенсивность сигнала более слаба, чем с окисленным гемоглобином. Поэтому, области большей мозговой деятельности, которой придают с более окисленной кровью, произведут более интенсивный *T2-weighted NMR* сигналы. Таким образом области увеличенной мозговой деятельности могут быть ясно *identified*.

fMRI был применен, чтобы определить области мозговой деятельности в *perfor-mance* широкого диапазона познавательных, моторных и сенсорных действий. Большинство fMRI заявлений до настоящего времени было связано с исследованием. Например, в 2003 изучите Eisenberg, и коллеги настраивают ситуацию где предметы *exper-enced* социальное отчуждение. Их исследования fMRI показали, что в такой ситуации та же самая часть мозга активирована, как во время физической боли.

Клинические применения fMRI находятся все еще в их младенчестве, но есть мало сомнения, что в течение нескольких лет у fMRI будет главная роль

в медицине. Исследование проводится, чтобы использовать fMRI в качестве раннего диагностического инструмента, чтобы диагностировать неврологические болезни, такие как болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона и болезни Хантингтона. Появляющиеся результаты указывают, что fMRI может предоставить важную информацию, чтобы сделать нейрохирургические процедуры, такие как удаление опухолей более точными. Человек боли - аgement и более точное функциональное тестирование психотропных препаратов является некоторыми из других областей, где fMRI, вероятно, станет полезным инструментом.

Радиационная терапия

Фотоны рентгена и гамма-лучей и частиц, испускаемых радиоактивных ядра, у всех есть энергии, намного больше, чем энергии, которые связывают электроны с атомами и молекулами. В результате, когда такая радиация проникает в биологические материалы, она может разорвать off электроны от биологических молекул и произвести существенные изменения в их структуре. Ионизированная молекула может разбиться, или она может химически объединиться с другой молекулой, чтобы сформировать undesired-способный комплекс. Если поврежденная молекула - важный компонент клетки, целая клетка может умереть. Молекулы воды в ткани также разбиты радиацией в реактивные фрагменты (H⁺, O⁻). Эти фрагменты объединяются с биологическими молекулами и изменяют их вредным способом. Кроме того, радиопрохождение через ткань может просто бросить свою энергию и нагреть ткань до опасно высокой температуры. Большая доза радиации может повредить столько клеток, что целый организм умирает. Меньшие но все еще опасные дозы могут вызвать необратимые изменения, такие как мутации, бесплодие и рак.

В дозах, которыми управляют, однако, радиация может использоваться терапевтически. В обработке определенных типов рака ампула, содержащая радиоактивного помощника - рийал, таких как радий или кобальт 60 внедрен около злокачественного роста. Тщательным размещением радиоактивного материала и управляя дозой, надежда состоит в том, чтобы разрушить рак без значительно разрушительного здоровая ткань.

К сожалению, некоторое повреждение здоровой ткани неизбежно. В результате это лечение часто сопровождается признаками лучевой болезни (diarrhea, тошнота, потеря волос, потеря аппетита, и так далее). Если дол-

говечные изотопы используются в терапии, материал должен быть удален после предписанного периода. Недолгие изотопы, такие как золотые 198 с полужизнью приблизительно 3 дней, распадаются достаточно быстро так, чтобы они не должны были быть удалены после лечения.

Определенные элементы, введенные в тело инъекцией или ртом, имеют тенденцию концентрироваться в *specific* органах. Это явление используется, чтобы способствовать в *radi-ation* терапии. Радиоактивный фосфор изотопа 32 (полужизнь, 14,3 дней) упоминал, ранее накапливается в костном мозгу. Йод 131 (полужизнь, 8 дней) накапливается в щитовидной железе и дан для обработки гипер - *thyroidism*.

Внешне прикладной луч гамма-лучей или рентгена может также использоваться, чтобы разрушить злокачественные опухоли. Преимущество здесь состоит в том, что лечение - *admin-istered* без хирургии. *effect* радиации на здоровой ткани может быть уменьшен, часто изменяя направление луча, проходящего через тело. Опухоль всегда находится в пути луча, но дозировка, полученная данным разделом здоровой ткани, уменьшена.

Продовольственное сохранение радиацией

Без некоторой попытки сохранения все продукты распадаются скорее быстро. В течение дней и часто в течение часов, много продуктов портят к пункту, где они становятся несъедобными. Распад обычно вызывается микроорганизмами и ферментами, которые анализируют органические молекулы еды.

За эти годы много методов были развиты, чтобы задержать порчу. Хранение еды в холодной окружающей среде уменьшает темп деятельности и для ферментов и для микроорганизмов. Обезвоживание еды достигает той же самой цели. Нагревание еды в течение определенного периода времени разрушает много микроорганизмов и снова задерживает распад. Это - принцип *pasteuriza-tion*. Эти методы задержания порчи являются всем по крайней мере 100-летним. Есть теперь новый метод сохранения еды озарением.

Высокоэнергетическая радиация, проходящая через еду, разрушает микроорганизмы тот распад причины. Радиация также *effective* в разрушении маленьких насекомых, то нападение сохранило продукты. Это особенно важно для пшеницы и другого зерна, которое в настоящее время часто окуривается прежде, чем отправить или хранение. Химическое окуривание убивает насекомых, но не их яйца. Когда яйца штрихуют, новые насекомые могут разрушить значительную часть зерна. Радиация убивает и насе-

комых и яйца.

Гамма-лучи используются наиболее часто в продовольственном сохранении. Они имеют большую власть проникновения и произведены относительно недорогими изотопами

такой как кобальт 60 и цезий 137. Быстродействующие электроны, произведенные акселераторами, также использовались, чтобы стерилизовать еду. У электронов нет проникающей власти гамма-лучей, но они могут быть нацелены лучше и могут быть превращены о ff если не в использовании.

В Соединенных Штатах и во многих других странах, есть теперь цифра - частота ошибок по битам средств для освещения еды. В обычной договоренности еда на конвейере проходит по радиоактивному источнику, где это получает дозу, которой управляют, радиации. Источник должен быть тщательно огражден, чтобы защитить оператора. Эта проблема относительно проста решить, и в настоящее время технические prob-lems, кажется, находятся хорошо в руке. Один завод для освещения еды, в Глостере, Массачусетс, первоначально построенный Комиссией по атомной энергии, работал успешно с 1964. Это может обработать 1 000 фунтов fish в час.

Нет сомнения, что озарение задерживает порчу еды. Освещенная солома - ягоды, например, остаются свежими в течение приблизительно 15 дней после того, как они были выбраны, тогда как земляника, которую не рассматривали, начинает распадаться приблизительно после 10 дней. Освещенный размороженный fish также длится неделю или два дольше. Тесты показали, что вкус, пищевая ценность и появление еды остаются приемлемыми. Важный вопрос - безопасность процедуры. Озарение на уровнях, используемых в лечении, не делает еду радиоактивной. Есть, однако, возможность, что изменения, вызванные радиацией, могут сделать еду вредной. За прошлые три десятилетия, были, многие проверяют про - граммы и с животными и с человеческими волонтерами, чтобы установить безопасность продовольственного озарения. В этом пункте техника была оценена безопасная и в коммерческом употреблении (см. Упражнение 10-3).

«Радиоактивность и дозиметрия»

1. Радиоактивный распад. Основной закон радиоактивного распада.
2. Радиодиагностика.
3. Защита от ионизирующего излучения.

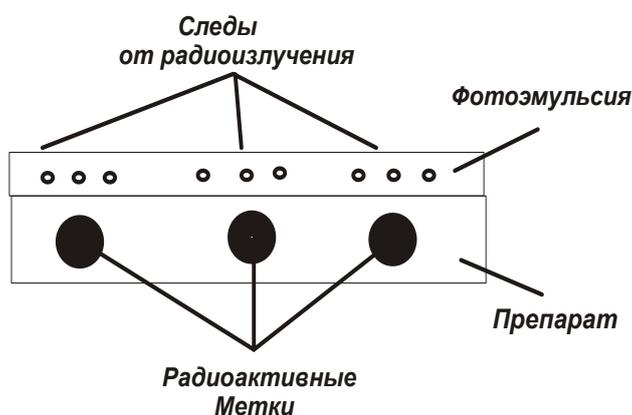
Радиодиагностика- это введение в организм радионуклидов (меченых атомов) и определение с помощью счетчиков или гамма-топографов их местонахождения и активности в органах и тканях (например, заболевания щитовидной железы при введении радиоактивного йода

25
3

или

31
3

Авторадиография- диагностический метод, при котором введенные радионуклиды оставляют след в соответствующем месте нанесенной на ткань чувствительной фотоэмульсии, как бы фотографируя себя (см. рис.)



- Фотоэмульсия наносится на гистологический срез и рассматривается после проявления в микроскоп.

Устройства и аппараты для проведения контрольных

измерений неблагоприятного воздействия ионизирующего излучения.

Отрицательное действие ионизирующего излучения на организм и развитие лучевой болезни привело к необходимости количественной оценки действия излучения на различные ткани, в результате чего сформировалось научное направление в атомной физике, называемое **дозиметрией**.

Дозиметрия - это раздел ядерной физики и измерительной техники, в котором изучаются величины, характеризующие действие ионизирующего излучения на вещества, а также методы и приборы для их измерения. Различают поглощенную, экспозиционную и эквивалентную дозы излучения.

Поглощенной дозой излучения Дп называется отношение энергии излучения к массе облученного вещества. Дп зависит от вида излучения, энергии его частиц, состава облучаемого вещества и пропорциональна времени

облучения. Доза, отнесенная ко времени, называется мощностью поглощенной дозы R_p .

Единицей измерения поглощенной дозы в системе СИ является Дж/кг, называемая Грей (Гр). Следовательно, $1 \text{ Дж/кг} = 1 \text{ Гр}$. Внесистемной единицей Дп является рад ($1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Дж/кг} = 10^{-2} \text{ Гр} = 100 \text{ эрг/г}$). Рад- это аббревиатура radiation absorbed dose- поглощенная доза излучения. Единица мощности поглощенной дозы $R_p = \text{Дп}/t \Rightarrow \text{Дж/кг} \cdot \text{с} = \text{Вт/кг} = \text{Гр/с}$ (СИ). Внесистемная единица $R_p \Rightarrow \text{рад/с}$.

Тела в силу их неоднородности поглощают ионизирующее излучение неравномерно; кроме того энергия излучения рассеивается ими по всевозможным направлениям, поэтому термином «поглощенная доза» не пользуются, а оценивают ее по ионизирующему действию излучения в воздухе, окружающем тело.

Мерой ионизации воздуха рентгеновскими и гамма-лучами является экспозиционная доза D_0 . За единицу D_0 в СИ принят Кл/кг. Практической единицей является 1Рентген (Р). Между единицами СИ и практической существует следующая связь: $1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$. Мощность экспозиционной дозы- это доза D_0 в ед. времени, т.е. $R_0 = D_0 / t$. Единицей мощности экспозиционной является 1А/кг и 1Р/с.

Между поглощенной и экспозиционной дозами существует следующая связь: $\text{Дп} = f D_0$, где f - переходный коэффициент, зависящий от облучаемого вещества, энергии фотонов и др. факторов. Для воды и мягких тканей тела человека $f=1$, поэтому поглощенная доза в радах численно равна соответствующей экспозиционной дозе в рентгенах.

Для данного вида излучения биологическое действие тем больше, чем больше поглощенная доза. Но различные излучения даже при одной и той же поглощенной дозе будут оказывать разные воздействия. Поэтому принято сравнивать биологические эффекты различных излучений с соответствующими эффектами, вызванными рентгеновскими и гамма-лучами.

Коэффициент k , показывающий во сколько раз эффективность биологического действия данного вида излучения больше, чем рентгеновского или гамма-излучения, при одинаковой поглощенной дозе в тканях называется коэффициентом качества или относительной биологической эффективностью. Величину k устанавливают на опыте.

Произведение $k \cdot \text{Дп}$ называется эквивалентной дозой и обозначается $D_э$; $D_э = k \cdot \text{Дп}$, k - безразмерная величина, поэтому $D_э$ измеряется в системе СИ в тех же единицах, что и поглощенная доза, но называется «зиверт» (Зв). Внесистемная единица «рад» не используется для оценки $D_э$, а вводится единица «бэр», что является аббревиатурой выражения «биологический эквивалент рада». $1 \text{ бэр} = 10^{-2} \text{ Дж/кг} = 10^{-2} \text{ Зв}$

Эквивалентная доза в бэрах равна поглощенной дозе в радах, умноженной на коэффициент качества k . Предельно допустимой экв. дозой при профессиональном облучении является 5 бэр в течении года. Минимальная летальная доза от гамма-излучения составляет около 600 бэр (данные соответствуют облучению всего организма)

Дозиметры - это приборы для измерения доз ионизирующего излучения. Они состоят из детектора ядерных излучений и измерительного устройства. В зависимости от используемого детектора различают следующие виды дозиметров: ионизационные, люминесцентные, полупроводниковые, фотодозиметры.

Дозиметры для измерения экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения или ее мощности называют рентгенометрами. Устройства для измерения активности или концентрации радиоактивных изотопов называются радиометрами.

Работа детекторов основана на тех процессах, которые регистрируемые частицы вызывают в веществе. Условно детекторы делятся на: трековые (следовые), счетчики и интегральные приборы.

Следовые детекторы позволяют наблюдать траекторию частиц. К ним относятся: камера Вильсона, диффузионная камера, пузырьковая камера, искровая камера и толстослойные фотопластинки.

В этих приборах наблюдаемая частица ионизирует молекулы или атомы вещества на своем пути и образованные ионы обнаруживаются по конденсации пересыщенного пара в камере Вильсона или диффузионной камере, или парообразованию перегретой жидкости в пузырьковой камере, или по образованию разрядов в газах в искровой, или по фотохимическому действию в толстослойных фотопластинках.

К счетчикам относятся импульсные ионизационные камеры, счетчики Гейгера-Мюллера, люминесцентные и полупроводниковые устройства. Полупроводниковые счетчики реагируют на изменения электропроводности p - n перехода под воздействием заряженной частицы.

Ионизирующее излучение обладает специфическим действием на биологические системы. Нейтрино и альфа-частицы практически не взаимодействуют с тканями. Неблагоприятное действие оказывают рентгеновское, гамма-излучение и нейтронные потоки. Их действие проявляется в образовании свободных радикалов органических молекул тканей (прямое действие) и свободных радикалов воды (радиолиз воды- косвенное действие).

Сущность биологического действия ионизирующего излучения: ничтожно малые энергии излучения могут вызвать изменения наследственного аппарата (необратимые изменения ДНК, нарушения эмбриогенеза и функций

растущих молодых организмов). Наиболее радиочувствительными являются клетки с малым временем жизни (кроветворные, половые, эпителий ЖКТ).

Защита от ионизирующего излучения.

Различают три вида защиты: защита временем, расстоянием и материалами. Защита временем и расстоянием иллюстрируется следующей формулой $D_0 = k_j \cdot A \cdot t / r^2$, где D_0 - экспозиц. доза, A - активность, r - расстояние, t - время. Сл-но, чем больше время и меньше расстояние, тем больше экспозиц. доза. Значит, необходимо минимальное время находиться под действием излучения и на макс. возможном расстоянии от него.

Защита материалом основана на различной способности веществ поглощать разные виды излучений. Защита от альфа - излучения достаточно проста: лист бумаги, одежда, тонкие слои воздуха полностью поглощают альфа-лучи. Однако следует остерегаться попадания альфа-частиц внутрь организма с воздухом или пищей.

Пластины из алюминия и стекла толщиной в несколько см надежно защищают от бэтта-частиц. Однако следует учитывать, что при взаимодействии бэтта-частиц с веществом может появиться тормозное рентгеновское излучение, а от β^+ -частиц - гамма излучение, возникающее при их аннигиляции с электронами.

Наиболее сложна защита от «нейтрального» излучения (рентгеновское, гамма-излучение, поток нейтронов). Это излучение глубже проникает в вещество, поскольку слабо взаимодействует с ним. Для защиты пользуются толстыми слоями воды, земли, бетона, а также тяжелыми металлами (например Pb).

Ослабление рентгеновского и гамма-излучения происходит согласно закону: $\Phi_d = \Phi_0 e^{-\mu d}$. Коэффициент ослабления μ связан с длиной волны и порядковым номером вещества поглотителя ($\mu \sim \lambda^3$ и $\mu \sim z^4$). Защита от быстрых нейтронов осуществляется их замедлением в воде и последующим поглощением медленных нейтронов в таких поглотителях как кадмий: $48\text{Cd}^{113} + 0n1 \Rightarrow 48\text{Cd}^{114}$

Радиационные методы исследования материалов

Радиационные методы нашли применение для неразрушающего контроля изделий. Суть этих методов заключается в регистрации ионизирующего излучения после прохождения его через исследуемый материал. Источник ионизирующего излучения энергии E и интенсивности I облучает исследуемый материал. Ослабление излучения после прохождения через материал зависит от толщины его d и плотности ρ . при внутренних дефектах резко меня-

ется интенсивность прошедшего через образец излучения. Это дает возможность определять место нахождения дефектов.

Радиографический метод основан на получении с помощью специальных детекторов видимого изображения внутренней структуры изделия. В зависимости от применяемых детекторов различают пленочную радиографию и ксерорадиографию, которые различаются получением изображения либо на фоточувствительной пленке, либо на полупроводниковой пластине. В зависимости от используемого ионизирующего излучения различают: рентгенографию, гамма-графию, ускорительную и нейтронную радиографию.

Радиоскопический метод заключается в непосредственном наблюдении на экране изображения внутренней структуры изделия. При этом имеется возможность стереоскопического рассмотрения дефектов.

Радиометрический метод заключается в регистрации электрических сигналов, возникающих при просвечивании данного изделия ионизирующим излучением, применяется в основном при автоматизации процесса контроля изделий.

Практическое занятие № 1

Тема: Введение. Погрешности измерений

Технологическая модель обучения практического занятия

Время: 90мин	Число студентов: 12-14
Вид и форма учебного занятия	Практическое занятие
Структура учебного занятия	1. Введение. 2. Теоретическая часть 3. Практическая часть 4. Аналитическая часть
Цель занятия:	- сформулировать основные представления о предмете; - показать практически важные достижения биофизики для решения задач медико-биологических исследований; - дать понятие о погрешностях измерения;
Задачи педагога: - Дать понятие о предмете Биофизика; - о физических и биофизических методах исследования; - Дать понятие о погрешностях измерения: <ul style="list-style-type: none">• Систематическая• Случайная• Среднее арифметическая погрешность• Абсолютная• Относительная• Истинное значение.	Результаты обучения: - ознакомиться с целью и задачами предмета; - получат понятие о физических и биофизических методах исследования; - научиться определять погрешности измерения; - научиться анализировать и систематизировать.
Методы обучения	Лекция, мозговой штурм, рассказ, видеометод, практическое занятие, работа с книгой, диалог, учебные игры, пинборд. органайзер.
Формы обучения	Групповая работа, индивидуальная

Учебные средства	Доска-стенд, флипчарт, видеофильмы, писчая доска, модел, график, диаграммы, схема, заметки, контрольный листок, тексты.
Учебные условия	Учебная аудитория
Мониторинги оценка	Устный опрос : экспресс тест, письменный опрос

Технологическая карта учебного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа- ционная часть 5 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план занятия	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние исходных знаний по теме 15 мин.	2.1.Объясняет ключевые моменты 2.2. Проводит параллел с ранее изученным материалом. 2.3. Знакомит с литературой 2.4. Объясняет мониторинг контроля усвоения данной темы. 2.5. Организует беседу по технологии «Дискуссия» 2.6. Побуждает к высказыванию своего мнения.	Вспоминает основные понятия. По одному коментируют. Записывают. Слушают Активно участвует при дискуссии Отвечают на вопросы.
3.	Основная часть 60 мин.	3.1. Объясняет тему по плану: 1.Биофизические методы измерения. 2.Систематическая погрешность 3. Случайная погрешность 4. Среднее арифметическая погрешность. 5. Абсолютная погрешность. 6. Относительная погрешность 3.2.Выдвигает проблему. 3.3. Побуждает к высказыванию своего мнения.	Слушают Записывают Озвучивают понятие Приводят примеры Выполняют задание.

		3.4. Формулирует задание.	
4.	Укрепление темы 10 мин.	4.1. Систематизирует данный материал. 4.2. Уточняет основные моменты. 4.3. Отвечает на вопросы . 4.4. Организует самопроверку.	Формулируют выводы наблюдений. Слушают Анализируют. Задают вопросы Сравнивают. Осуществляют самопроверку.
5.	Подведение итогов 5 мин.	5.1. Оценивает. 5.2. Задает домашнее задание .	Слушают. Записывают домашнее задание.

Биофизика как наука

До середины 1800-х годов не было ясно, в какой степени законы физики и химии, которые были сформулированы из наблюдаемого поведения неживых объектов может быть применен к живой материи. Было очевидно, что на крупном масштабе законы были применимы. Живые объекты явно подвергаются тем же самым законам движения как неодушевленные объекты. Вопрос о применимости возникла на базовом уровне. Живые организмы являются очень сложными. Даже вирус, который является одним из самых простых биологических организмов, состоит из миллионов взаимодействующих атомов. Клетка, которая является основным строительным блоком ткани, содержит в среднем 10^{14} атомов. Живые организмы проявляют свойства не найденные в неодушевленных объектах. Они растут, размножаются и распадаются. Эти явления настолько различны от предсказуемых свойств неживой материи, что многие ученые в начале 19-го века считали, что различные законы управляют структурой и молекулами в живой материи. Эти молекулы имеют тенденцию быть более крупными и сложными чем молекулы, полученные из неорганических источников. Считалось, что крупные молекулы, найденные в живом веществе может быть произведено только живыми организмами через "жизненную силу", которые не могут быть объяснены существующими законами физики. Эта концепция была опровергнута в 1828 году, когда Фридрих Вохлер синтезировал органическое вещество, мочевины, из неорганических химических веществ. Вскоре после этого многие другие органические молекулы были синтезированы без вмешательства биологических организмов. Сегодня большинство ученых

считают, что не существует никакого специального жизненной силы, проживающих в органических веществ. Живыми организмами управляют законы физики на всех уровнях.

Большая часть биологических исследований в течение последних ста лет было направлены на понимание живых систем с точки зрения основных физических законов. Эти усилия принесли некоторые значительные успехи. Атомная структура многих сложных биологических молекул в настоящее время определяется, и роль этих молекул в живых системах было описано. Теперь можно объяснить функционирование клеток и многие из их взаимодействия друг с другом. Тем не менее, работа далека от завершения. Даже тогда, когда структура комплекса молекулы известно, что невозможно в настоящее время предсказать его функцию от ее строения атома. Механизмы клеточного питания, рост, размножение, и связь по-прежнему понимается только качественно. Многие основные вопросы в биологии остаются без ответа. Однако биологические исследования до сих пор не выявили каких-либо областей, в которых физические законы не применяются. Удивительные свойства жизни, как представляется, достигается за счет чрезвычайно сложной организации в живых системах.

(Paul Davidovits "Physics in Biology and Medicine" 2013, стр. 1-2с)

Целью любого исследования является установления связи между различными явлениями и параметрами. Количественная зависимость между исследуемыми величинами получается в результате измерения.

Очевидно, что никакое измерение не может быть выполнено абсолютно точно. Вследствие различных причин в ходе измерений неизбежно возникают погрешности. Они приводят к тому, что в результате измерений получают не истинное значение измеряемой величины, а значения, в той или иной мере отличающиеся от него. В задачу измерений входит не только определение значения самой величины, но также и оценка допущенных погрешностей.

Значение физической величины, полученное при измерении, отличается от истинного. Точность измерений характеризуется погрешностью – отклонением результата измерений от истинного значения искомой величины.

Различают четыре типа погрешностей измерений:

- 1) грубые (промахи)
- 2) систематические;
- 3) инструментальные;
- 4) случайные.

Грубые погрешности возникают в результате невнимания или усталости экспериментатора, а также при плохих условиях наблюдения. Они приводят к значениям измеряемой величины, резко отличающимся от остальных.

Для устранения промахов следует соблюдать аккуратность и тщательность при проведении измерений. В любом случае грубые погрешности должны быть исключены. Иногда это можно сделать при повторении измерения в несколько иных условиях или другим наблюдателем. Однако и это не всегда позволяет исключить промах.

Систематические погрешности характерны тем, что они остаются неизменным во всех измерениях, проводящихся одним и тем же методом с помощью одних и тех же измерительных приборов.

Они могут возникать, в частности, из-за того, что при измерениях не учитывается влияние некоторых факторов. Такие погрешности можно устранить введением различного рода поправок к расчетным формулам. Систематические погрешности могут быть также обусловлены неисправностью измерительных приборов, например смещением нуля шкалы. Для того чтобы максимально исключить систематические погрешности, следует тщательно проанализировать метод измерений.

Случайные погрешности являются следствием действия факторов, влияние которых невозможно учесть. Таких факторов много, и роль их при каждом измерении не одинакова. Эти погрешности отличаются друг от друга в отдельных измерениях, и эти различия имеют случайную, не известную нам величину.

Правила определения случайных погрешностей рассматриваются в теории погрешностей, основанной на математической статистике и теории вероятностей, позволяющей по данным измерений вычислить наиболее вероятное значение измеренной величины и оценить погрешность измерений.

Зная закон распределения случайной погрешности, можно вероятностную оценку погрешности измерений. Проведем эту оценку для нормального распределения погрешностей измерения.

Пусть определено n измерений некоторой величины X . в результате ряд значений этой величины:

$$x = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

где x_1, x_2, \dots, x_n – отдельные величины измерения

Наиболее вероятным является среднее арифметическое значение этой величины.

Величина $|x - x_1| = |\Delta x_1|; |x - x_2| = |\Delta x_2|; \dots |x - x_n| = |\Delta x_n|;$

называется абсолютной погрешностью отдельного измерения. Среднее арифметическое значение абсолютных погрешностей измерений

$$|\Delta x| = \frac{|\Delta x_1| + |\Delta x_2| + \dots + |\Delta x_n|}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta x_i}{n}$$

Качество результатов измерения характеризуют отношением средней абсолютной погрешности к арифметическому значению измеряемой величины. Это отношение называют относительной погрешностью D :

$$D = \frac{|\overline{\Delta x}|}{x} \cdot 100\%$$

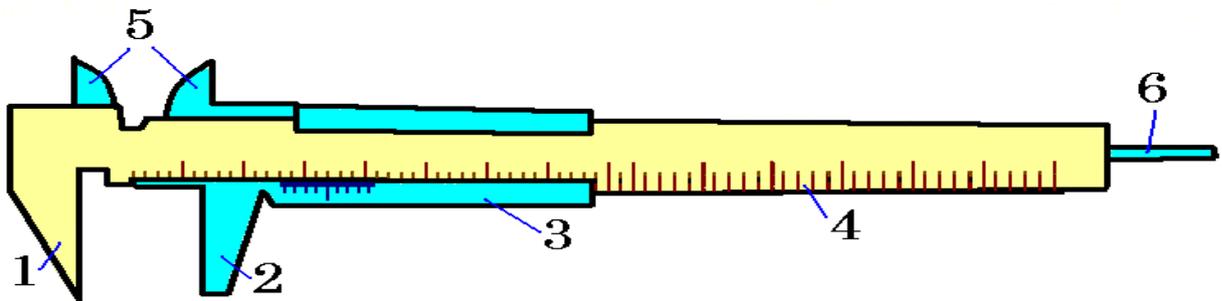
Окончательный результат запишем в виде:

$$X_{\text{ист.}} = (X_{\text{ср.}} \pm \Delta X_{\text{ср.}}) \text{ ед.изм.}$$

Штангенциркуль

Штангенциркуль представляет собой металлическую линейку 4, разделенную на сантиметры и миллиметры и имеющую на одном конце ножку 1. вдоль линейки может перемещаться вторая ножка 2, снабженная нониусом 3, позволяющим отсчитывать десятые доли миллиметра. Когда ножки сдвинуты вместе до упора, нуль нониуса совпадает с нулем линейки. Для определения размера тела раздвигают ножки штангенциркуля, помещают между ними тело и передвигают подвижную ножку до плотного соприкосновения с телом. Против нуля нониуса отсчитывают по основной

шкале число целых делений, а десятые доли миллиметра читают по шкале нониуса против того деления, которое совпадает с каким-либо делением на основной шкале. Верхние ножки служат для обмера внутренних размеров, например, трубки.



Микрометр

Микрометр состоит из скобы 1, в муфтах которой находятся упор 2 слева и микрометрический винт 3 со стержнем 6 справа. Винт проходит внутри неподвижной трубки и скреплен с подвижной трубкой 5, левый срез которой представляет барабанную шкалу на 50 делений. Поворот трубки 5 на одно деление приводит к смещению винта и стержня на 0,01 мм. Полный оборот – соответствует смещению на 0,5 мм, которое считывается по шкале на неподвижной трубке. Для обеспечения постоянной силы зажима измеряемого тела и во избежание его деформации служит трещотка 6.

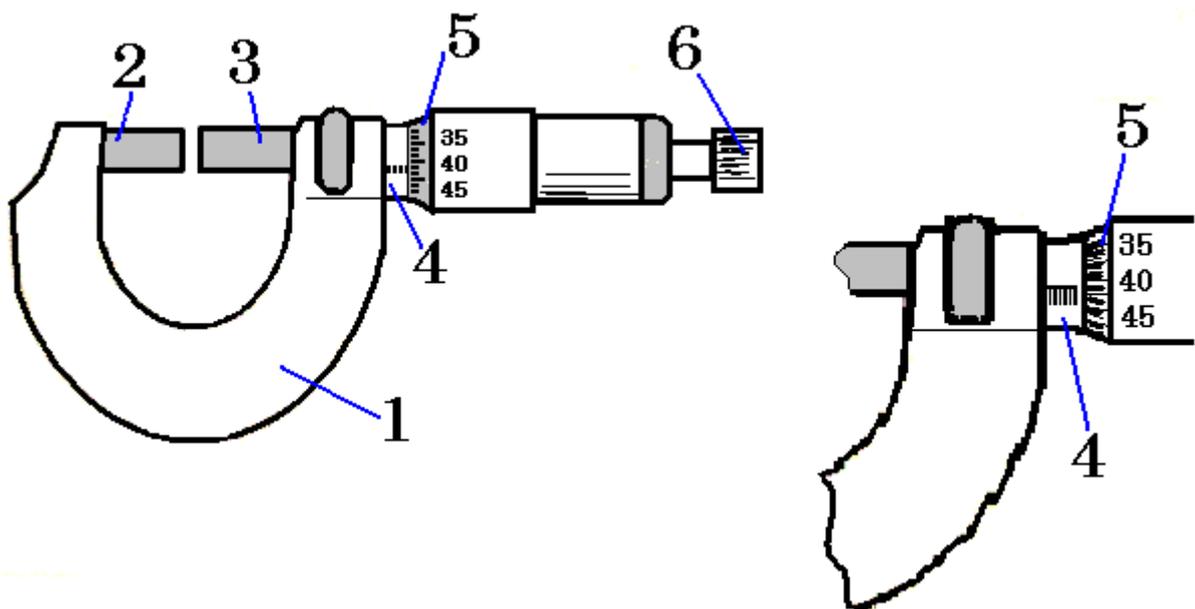


Tabelle 1.1 Erweiterung von Einheiten

Vorsilbe Kennbuchstabe Zehnerpotenz

Pico p 10^{-12}

Nano n 10^{-9}

Mikro μ 10^{-6}

Milli m 10^{-3}

Zenti c 10^{-2}

Dezi d 10^{-1}

Hekto h 10^2

Kilo k 10^3

Mega M 10^6

Giga G 10^9

Tera T 10^{12}

Основная литература

1. Paul Davidovits “Physics in Biology and Medicine” 2013, стр.1-2.
2. Ulrich Harten “Physik fur Mediziner” Springer 2011, стр. 5, 11-14

Дополнительная литература:

1. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика, М, 2007
2. Методическое пособие по проведению практических занятий по биофизике. Т., 2015.
3. Антонов В.Ф. Биофизика, Учебник для студентов вузов, 3-изд.,
4. Владимиров Ю. А. и др. Биофизика. М., 1983.
5. Рубин А. Б. Биофизика. 1-2 т. М., 2004.
6. Эссаулова И.А. и др. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. М., 1987.
7. Костюк П. Г. И др. Биофизика. Киев.: 1983.
8. Волькенштейн М. В. Биофизика. М. 1981.
9. Тарусов Б. Н. и др. Биофизика. М., 1981.
10. Антонов В. Ф., Архарова Г. В., Песечник В. И. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1993.
11. Антонов В. Ф., Вознесенский С.А., Черныш А. М. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1991.

12.Рубин А. Биофизика клеточных процессов ,2-х т. Изд.МГУ, 2005.

Интернет сайтлари

<http://www.medbiophys.ru/>

<http://www.biophys.msu.ru/>

http://biophysics.spbstu.ru/useful_links

<http://medulka.ru/biofizika>

<http://www.library.biophys.msu.ru/>

<http://www.bio.fizteh.rg/>

<http://www.zone-x.ru/>

<http://www.knigi-o.com/>

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

Занятие №4

Практическое занятие

Тема: Определение вязкости жидкостей по методу Стокса

Технологический модель учебного занятия

Тема	Определение вязкости жидкостей по методу Стокса	
Время	3 часа	
Форма учебного занятия	Лабораторное занятия	
Цель учебного занятия:	Определение коэффициента вязкости жидкости методом Стокса	
Педагогические задачи:	Итоги учебного процесса:	
<ul style="list-style-type: none"> • Объяснить явление вязкости; • Дать определение вязкости; • рассказать о единицах измерения коэффициента вязкости; • Объяснить метод Стокса; • Выявить рабочую формулу • Научить пользоваться <ul style="list-style-type: none"> -микрометром; -техническими весами. 	<ul style="list-style-type: none"> - Приобретают знания о вязкости жидкостей - Описывают коэффициент вязкости; - Узнают о единицах измерения коэффициента вязкости; -Узнают о законе Стокса; - Выводят рабочую формулу; -научатся измерять микрометром; -Отвечают на контрольные вопросы 	
Метод обучения	<ul style="list-style-type: none"> • “умственная атака,”кластер” 	
Форма обучения	<ul style="list-style-type: none"> • фронтальная, индивидуальная 	
Обучающие предметы	оборудования – микрометр, секундомер, металлические шары, таблицы, раздаточные материалы, доска	
Оснащения занятия	Лабораторный кабинет	
Мониторинг и оценка	Устный опрос, тест	

Технологическая карта занятия

№	Этапы и время занятия	Действия преподавателя	Действие студентов
1.	Подготовительная часть и введение (20 мин).	1.1. Проверяет готовность аудитории к занятию 1.2. Проводит переключку студентов 1.3. Рассказывает название темы, цель и ожидаемые результаты. Ознакомливает с планом занятия. 1. 4. Говорит и пишет самые основные понятия и ключевые слова по теме. Основные понятия: вязкость, коэффициент вязкости, единицы измерения, зависимость вязкости от температуры и концентрации, определения вязкости 1.5. Ознакомит с критериями оценки.	Готовятся к занятию; Слушают Пишут Определяют
2.	Часть 2ая Основная часть 90 минут	2.1. Организует “Блиц опрос”. При этом студентам задаёт следующие вопросы: <ul style="list-style-type: none"> • Что такое вязкость? • Что такое коэффициент вязкости? • Каковы единицы измерения коэффициента вязкости? • Уравнения Ньютона. • Силы воздействующие на шар падающей в жидкости • Вывод рабочей формулы 2. Спросить о порядке выполнения 2.3. Показывает видеоматериал лабораторной работы; 2.4. Показывает выполнение лабораторной работы; Заполнение таблицы; Расчет по рабочей формуле; 2.5. объясняет определение погрешности. 2.6. Опрос по контрольным вопросам	Отвечают Вспоминают информации по Заданным вопросам Смотрят Выполняют лабораторную работу, получают результат, заполняют таблицу Считают Отвечают

3.	3- Итого- вая часть 25 минут	3.1. Закрепление. Студентам раздают раздаточные материалы. Дают задачу заполнить кластер. 3.2.Обобщает , делает выводы. 3.3. Рассказывает о значимости в медицине. 3.4. Объявляет оценки 3.5. Объясняет следующую тему. Даёт домашнее задание. 3.6. Даёт список литературы по самостоятельной подготовки.	Заполняют кластер самостоятельно. Задают вопросы. Слушают. Записывают; Слушают Записывают.
----	---	---	---

Приборы и принадлежности: Стекланный цилиндрический сосуд с вязкой жидкостью (глицерин), мелкие шарики из твердого материала, микрометр, секундомер, масштабная линейка.

Теоритическая часть

Изучение течения жидкостей связана с биологией и медициной. По факту, один из ведущих учёных в этой области, был Французский врач, Л.М.Пуазейл (1799-1869), чьи исследования движущихся жидкостей было мотивировано. Его интерес, поток крови через тело. В этой главе мы кратко увидим обзор принципы движения потока жидкости, а затем изучим движение крови в кровеносной системе.

Закон вязкости и Пуазейля

*Важнейшим свойством жидкостей и газов, в том числе и биологических, является **вязкость**. Лабораторные измерения зависимости скорости течения крови *in vitro* от вязкости используются в диагностике заболеваний системы кровообращения.*

***Вязкостью или внутренним трением** называют явление возникновения касательных сил трения между двумя слоями жидкости или газа, перемещающимися параллельно друг другу с различными по величине скоростями.*

*Причиной внутреннего трения является перенос молекулами импульса (или количества движения *mv*) из одного слоя жидкости в другой.*

Вязкость обусловлена сцеплением между молекулами. Сила внутреннего трения выражается законом **Ньютона**:

$$F_{\text{в.тр.}} = \eta \frac{\Delta v}{x} \cdot S \quad (1),$$

где η - коэф. вязкости, $\Delta v/x$ - градиент скорости, S - площадь соприкосновения слоев. Из формулы (1) определим η :

$$\eta = \frac{F_{\text{в.тр.}}}{\frac{\Delta v}{x} \cdot S}$$

(2).

откуда определим единицы ее измерения

$$\eta \rightarrow \frac{Н \cdot с}{м^2} = Па \cdot с \quad (\text{СИ}) \quad \text{или} \quad \frac{дн \cdot с}{см^2} = Пуаз \quad (\text{СГС})$$

Градиентом скорости называют отношение изменения скорости между слоями Δv к расстоянию x между ними

Вязкость жидкостей с ростом t° экспоненциально уменьшается. Согласно

закону Френкеля $\eta_T = A \cdot e^{\frac{W_a}{KT}}$ где η_T - вязкость при

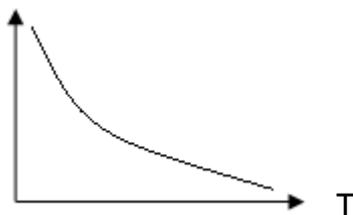
температуре T , A -const, e - основание натуральных логарифмов, W_a - энергия активации,

$$K = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{Дж}{К}$$

(постоянная Больцмана). С ростом температуры расстояние между молекулами увеличивается и силы

График этой зависимости

η



сцепления уменьшаются, поэтому вязкость уменьшается. С ростом концентрации жидкости расстояние между молекулами уменьшается, а силы сцепления между ними возрастают, поэтому вязкость увеличивается.

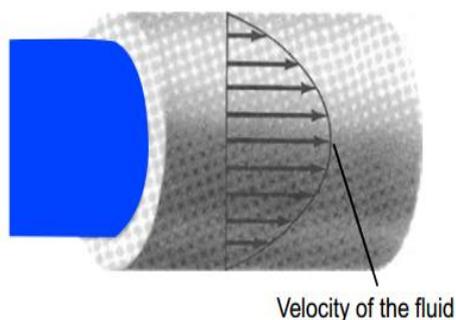
У большинства жидкостей коэффициент вязкости **не зависит от градиента скорости**, а зависит только от их природы и температуры. Такие жидкости (вода, истинные растворы и др.) называются **ньютоновскими**.

У некоторых жидкостей (растворы полимеров, дисперсных систем-суспензии, эмульсии) вязкость **зависит также от режима течения-давления и градиента скорости**. Такие жидкости называются **неньютоновскими**. Строго говоря кровь с ее форменными элементами следует называть неньютоновской жидкостью, т.к. она есть суспензия клеток в плазме. Однако вязкость крови невелика, поэтому ее считают условно ньютоновской жидкостью.

В результате внутреннего трения трения, скорость текучей среды, протекающей через трубы варьируется в зависимости от размера трубы. Скорость является самой высокой в центре и уменьшается по краям.

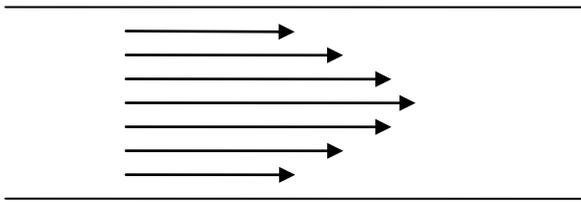
Сегмент 2 $A_2 v_2 v_1 A_1$

На рисунке

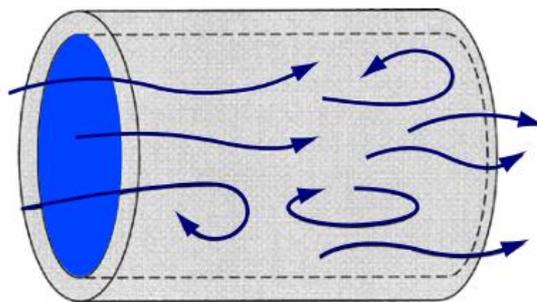


поток жидкости текущей через трубу с двумя сегментами разного размера.

Ламинарным течением жидкости называют слоистое течение, при котором слои движутся с различными скоростями, не перемешиваясь друг с другом.



Турбулентным течением называется течение, при котором слои перемешиваются между собой, что наблюдается при больших скоростях течения. Турбулентному течению присущ вихревой характер со звуковыми явлениями. Оно возникает в местах изменения просвета трубы, разветвлениях и шероховатостях стенок. В кровеносных сосудах, пораженных атеросклеротическими бляшками, возникают шероховатости внутренних эндотелиальных слоев, и ламинарный режим течения крови может перейти в турбулентный.



Для характеристики характера течения жидкости вводится безразмерная величина, называемая числом Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot l}{\nu} = \frac{\rho v \cdot l}{\eta}$$

где ρ - плотность, v - скорость течения, l - линейный размер или диаметр трубы, ν (ню) - кинематическая вязкость.

Единицей измерения ν является m^2/c (СИ) и cm^2/c = стокс (СГС) $1St = 10^{-4} m^2/c$. Число Рейнольдса, при котором ламинарный режим течения переходит в турбулентный, называется критическим. Для круглых гладких труб

$$Re = 2000 - 3000$$

$Re_{crit} \approx 2300$. Объем

откуда

$$V = \frac{4 \cdot V_{сек}}{\pi d^2}$$

, следовательно

$$Re = \frac{v \cdot l}{\nu} = \frac{4 \cdot V_{сек} \cdot d}{\pi d^2 \cdot \nu} = \frac{4 \cdot V_{сек}}{\pi d \cdot \nu}$$

Если вязкость принимается во внимание, можно показать что скорость ламинарного потока текущей по цилиндрической трубке радиусом R и длиной L

определяется законом Пуазейля,

$$Q = \frac{\pi R^4 (P_1 - P_2)}{8\eta L} \text{ см}^3/\text{сек} \qquad V_{сек} = S \cdot v = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v$$

Вязкость уменьшает среднюю скорость течения

жидкости по трубе:
$$V = \frac{\Delta p}{l} \cdot \frac{r^2}{8\eta} \qquad (\text{закон Пуазейля}), \text{ где}$$

$\Delta p/l$ - grad p (градиент давления, r - радиус трубы)

Объем жидкости, протекающей через трубу за время Δt равен:

где S - площадь трубы или

$$V = S \cdot v \cdot \Delta t = \pi r^2 \cdot v \cdot \Delta t$$

$$V = \frac{\pi r^4}{8\eta l} \cdot \Delta p \cdot \Delta t$$

(формула Гагена-Пуазейля)

Величину
$$f = \frac{8\eta l}{\pi r^4}$$

называют гидравлическим сопротивлением. Таким образом, объем жидкости, протекающей по трубе пропорционален четвертой степени радиуса трубы, времени и градиенту давления и обратно пропорционален коэффициенту вязкости.

где P_1-P_2 разность давлений текущей среды на обоих концах цилиндра.

η - коэффициент вязкости, измеряется в единицах дин(Сек / см²), которая называется.

Вязкости некоторых жидкостей приведены в таблицу 8.1. В общем, вязкость является функцией температуры и возрастает по мере охлаждения жидкости. Существует принципиальная разница между невязкой и вязкой жидкостью. Невязкая жидкость будет течь непрерывно без внешней силы, приложенной к нему. Этот факт следует из уравнения Бернулли, которое показывает, что если высота и скорость жидкости остается постоянной, нет никакого падения давления вдоль(8.6) $Q = \pi R^4 (P_1 - P_2) / 8 \eta L$ см³/сек Скорость жидкости

РИСУНОК 8.2 ламинарного потока. Длина стрелок указывает величину скорости жидкости.

Fluid	Temperature °C	Viscosity (poise)
Water	20	0.01
Glycerin	20	8.3
Mercury	20	0.0155
Air	20	0.00018
Blood	37	0.04

“Physics in Biology and Medicine” 2013, стр. 96-98)

Коэффициент вязкости жидкости можно определить, измеряя скорость падения шарика в этой жидкости.

Задача обтекания шара была решена Стоксом. Им же была найдена формула, связывающая силу сопротивления при установившемся движении шарика в среде с коэффициентом вязкости η

$$F_c = 6\pi r \eta v \quad (I)$$

где r - радиус шарика, v - скорость его движения.

Метод Стокса позволяет определить коэффициент вязкости жидкости η при движении не большого шарика, падающего вертикально в жидкости, На шарик при движении в жидкости действуют три силы

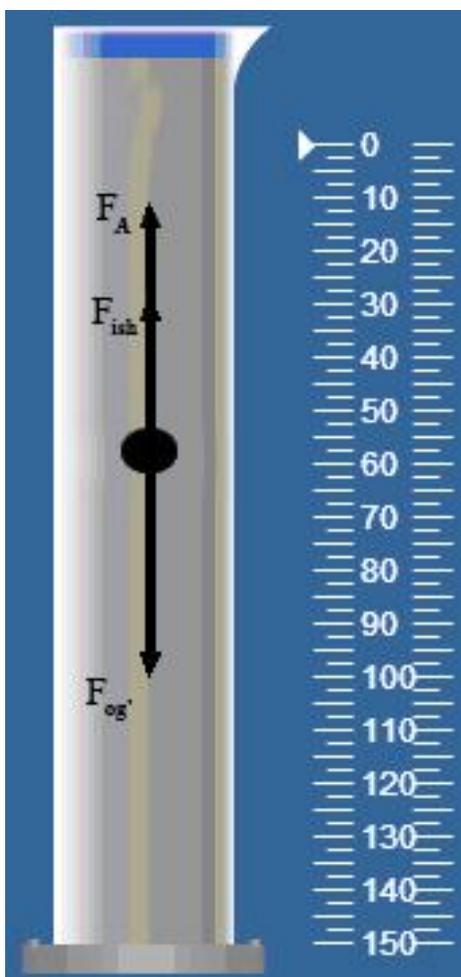
Вес шарика $P=4/3 r^3 \rho g$, (2)

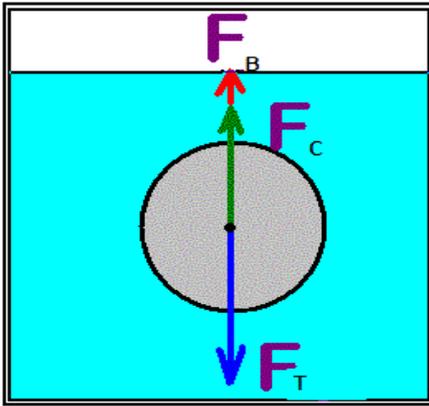
где ρ - плотность вещества шарика, выталкивающая сила

$$F_e=4/3\pi r^3 \rho_0 g, (3)$$

где ρ_0 - плотность жидкости и сила сопротивления (I).

1. *tushiring.*





Первая и вторая силы постоянны по величине, третья - пропорциональна скорости. При движении шарика в жидкости наступает момент, когда все три силы уравниваются, и шарик начинает двигаться равномерно.

Условие равномерного движения шарика:

$$P = F_B + F_C$$

$$\frac{4}{3} r^3 \rho g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_0 g + 6 \pi r \eta v$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho - \rho_0) = 6 \pi r \eta v$$

Сделав преобразования, получают следующую формулу

$$\eta = \frac{2 r_{cp}^2 g (\rho - \rho_0)}{9 v}$$

Скорость движения шарика находят по формуле: $v = \ell / t$, где

ℓ - путь равномерного движения, t - время движения. Т.к. ρ , ρ_0 , g - величины постоянные, то $\frac{2}{9}(\rho - \rho_0)g$ обозначим через «С» т.е.

$C = \frac{2}{9}(\rho - \rho_0)g$. Рабочая формула будет иметь вид:

$$\eta = C \cdot r_{cp}^2 / v$$

Таким образом, в работе следует измерить радиусы шариков и время их движений в жидкости.

Контрольные вопросы

1. Что такое вязкость? В каких единицах измеряется коэффициент вязкости?
2. Какие силы действуют на шарик, падающий в жидкости?
3. Почему, начиная с некоторого момента времени, шарик движется равномерно? Выведите рабочую формулу.
4. Как изменяется вязкость жидкости от концентрации и от температуры? Почему?
5. Формула Ньютона для силы сопротивления.
6. Применение вязкости в диагностических целях, РОЭ.

Ситуационные задачи

1. Используя закон Стокса, определить, в течение какого времени в комнате высотой $h = 3$ м полностью выпадет пыль. Частицы пыли считать шарообразными диаметром 1 мкм с плотностью вещества $\rho = 2,5$ г/см³.
2. Определить максимальное количество крови, которое может пройти через аорту в 1 с, чтобы течение сохранялось ламинарным. Диаметр аорты $D = 2$ см, вязкость крови $\eta = 5$ мПа · с.

Тесты

1. Вязкостью или внутренним трением называется явление, при котором слои действуют между собой с силами:
 - А. всемирного притяжения
 - В. перпендикулярными к слоям
 - С. направленными под небольшим углом
 - Д. молекулярного давления
 - Е. касательными к слоям
2. Какое название имеет величина dv/dx в формуле Ньютона?
 - А. увеличение скорости
 - В. скорость
 - С. ускорение
 - Д. градиент скорости
 - Е. уменьшение скорости
3. Капиллярный вискозиметр служит для определения:
 - А. коэффициента вязкости жидкости
 - В. текучести жидкости
 - С. коэффициента поверхностного натяжения

- D. упругости твердого тела
 - E. модуля Юнга
4. Как называется коэффициент пропорциональности в формуле Ньютона для вязкости?
- A. кинематической вязкостью
 - B. коэффициентом поверхностного натяжения
 - C. коэффициентом вязкости
 - D. градиентом скорости
 - E. градиентом давления
5. Согласно формуле Ньютона, сила трения:
- A. обратно пропорциональна градиенту скорости
 - B. прямо пропорциональна градиенту скорости
 - C. прямо пропорциональна градиенту давления
 - D. обратно пропорциональна градиенту давления
 - E. прямо пропорциональна температуре
6. Прибор, используемый в медицине для определения вязкости, называется:
- A. гальванометр
 - B. амперметр
 - C. вискозиметр
 - D. калориметр
 - E. вольтметр
7. Сколько пуаз в $1 \text{ Па} \cdot \text{с}$?
- A. 0,01
 - B. 0,1
 - C. 1
 - D. 10
 - E. 100
8. Ньютоновские жидкости - это низкомолекулярные однородные жидкости, в которых вязкость:
- A. зависит от сил трения
 - B. зависит от градиента скорости
 - C. зависит от градиента давления
 - D. не зависит от градиента скорости
 - E. не зависит от температуры
9. Неньютоновские жидкости - это высокомолекулярные, неоднородные жидкости, суспензии, в которых вязкость:
- A. зависит от градиента скорости
 - B. зависит от градиента давления
 - C. не зависит от градиента давления
 - D. зависит от силы трения
 - E. не зависит от градиента скорости
10. С ростом температуры вязкости жидкости:
- A. экспоненциально увеличивается
 - B. экспоненциально уменьшается
 - C. увеличивается

Д. Уменьшается

Основная литература

1. Paul Davidovits “Physics in Biology and Medicine” 2013, стр. 95-98
2. Ulrich Harten “Physik fur Mediziner” Springer 2011, стр. 88-92.

Дополнительная литература:

1. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика, М, 2007.
2. Методическое пособие по проведению практических занятий по биофизике. Т., 2015.
3. Антонов В.Ф. Биофизика, Учебник для студентов вузов, 3-изд.,
4. Владимиров Ю. А. и др. Биофизика. М., 1983.
5. Рубин А. Б. Биофизика. 1-2 т. М., 2004.
6. Эссаулова И.А. и др. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. М., 1987.
7. Костюк П. Г. И др. Биофизика. Киев.: 1983.
8. Волькенштейн М. В. Биофизика. М. 1981.
9. Тарусов Б. Н. и др. Биофизика. М., 1981.
10. Антонов В. Ф., Архарова Г. В., Песечник В. И. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1993.
11. Антонов В. Ф., Вознесенский С.А., Черныш А. М. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1991.
12. Рубин А. Биофизика клеточных процессов ,2-х т. Изд.МГУ, 2005.

Интернет сайтлари

<http://www.medbiophys.ru/>
<http://www.biophys.msu.ru/>
http://biophysics.spbstu.ru/useful_links
<http://medulka.ru/biofizika>
<http://www.library.biophys.msu.ru/>
<http://www.bio.fizteh.ru/>
<http://www.zone-x.ru/>

<http://www.knigi-o.com/>

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

Занятие № 6

Практическое занятие

ТЕМА: ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ
КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ
ОТРЫВА КАПЕЛЬ

Технологическая модель обучения практического занятия

Время: 90мин	Число студентов: 12-14
Вид и форма учебного занятия	Лабораторное занятие
Структура учебного занятия	1. Введение. 2. Теоретическая часть 3. Практическая часть 4. Аналитическая часть
Цель занятия:	- научиться определять коэффициент поверхностного натяжения методом отрыва капель.
Задачи педагога: - объяснить свойства жидкостей; - поверхностное натяжение; - рассмотреть капиллярное явление; - Дать понятие о физических и биофизических методах исследования; - научить правильно измерять на технических весах. -рассказать о сталагмометре.	Результаты обучения: - получают понятие о физических и биофизических методах исследования; - научатся правильно измерять на технических весах; - узнают о поверхностном натяжении; - ознакомятся с капиллярным явлением; -формулируют выводы наблюдений; - научатся определять погрешности измерения; - научатся анализировать и систематизировать.
Методы обучения	Лекция, мозговой штурм, рассказ, видеометод, лабораторное занятие, работа с книгой, диалог, учебные игры, пинборд, органайзер.
Формы обучения	Групповая работа, индивидуальная
Учебные средства	Доска-стенд, флипчарт, видеофильмы, писчая доска, модел, график, диаграммы, схема, заметки, контрольный листок, тексты.
Учебные условия	Учебная аудитория
Мониторинги оценка	Устный опрос : экспресс тест, письменный опрос

Технологическая карта учебного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа- ционная часть 5 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние исходных знаний по теме 15 мин.	2.1.Объясняет ключевые моменты 2.2. Проводит параллель с ранее изученным материалом. 2.3. Объясняет мониторинг контроля усвоения данной темы. 2.4. Организует беседу по технологии «Дискуссия» 2.5. Побуждает к высказыванию своего мнения. 2.6. Обеспечивает мотивацию выполнения практической части.	Вспоминает основные понятия. По одному комментируют. Записывают. Слушают Активно участвует при дискуссии Отвечают на вопросы.
3.	Основная часть 60 мин.	3.1. Объясняет тему 3.2. Задаёт следующие вопросы: 1. Что такое коэффициент поверхностного натяжения? 2. Единицы измерения в системах СИ и СГС. 3. Причины возникновения силы поверхностного натяжения и её величина. 4. Как изменяется коэффициент поверхностного натяжения с изменением температуры. 5. Капиллярность. 6. Формулы Лапласа и Жюрена. 7. Вывод рабочей формулы. 8. Сталагмометр, его устройство и назначение. 9. Объясните явление газовой эмболии. 3.3. Формулирует задание. 3.4. Объясняет порядок выполнения лабораторной работы. 3.5. Показывает как правильно	Слушают . Записывают Подчеркивают характеристики Отвечают на вопросы Озвучивают понятие Называют определения Приводят примеры Выполняют задание. Изучают прибор. Проводят измерения. Получают результаты Слушают Измеряют Получают результаты Заполняют таблицы.

		<p>работать с приборами.</p> <p>3.6. Контролирует выполнение работы.</p> <p>3.7. Побуждает к высказыванию своего мнения.</p> <p>3.8. Наводящими вопросами помогает выявить причинно-следственные связи различных параметров.</p>	<p>Определяют коэффициент вязкости по формулам</p> <p>Формулируют конечный результат своей работы</p>
4.	<p>Укрепление темы</p> <p>10 мин.</p>	<p>4.1. Систематизирует данный материал.</p> <p>4.2. Уточняет основные моменты.</p> <p>4.3. Отвечает на вопросы .</p> <p>4.4. Организует самопроверку.</p> <p>4.5. Организует коллективную проверку.</p> <p>4.6. Акцентирует внимание на конечных результатах учебной деятельности.</p>	<p>.</p> <p>Слушают</p> <p>Анализируют.</p> <p>Задают вопросы</p> <p>Осуществляют самопроверку.</p> <p>Сравнивают.</p> <p>Называют основные позиции.</p>
5.	<p>Подведение итогов</p> <p>5 мин.</p>	<p>5.1. Оценивает.</p> <p>5.2. Задает домашнее задание.</p>	<p>Слушают.</p> <p>Записывают домашнее задание.</p>

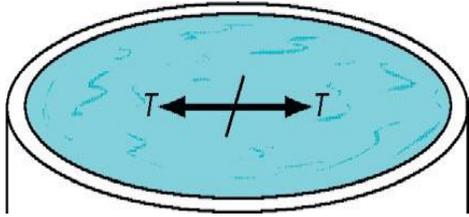
Приборы и принадлежности: бюретка, чашечка, сосуд с исследуемой жидкостью, сосуд с дистиллированной водой, аналитические весы, разновесы, термометр.

Поверхностное натяжение.

Молекулы поверхностного слоя жидкости стремятся втянуться внутрь объема жидкости и тем самым сокращают свободную ее поверхность. Поверхностный слой находится поэтому в напряженном состоянии, что называется поверхностным натяжением и вызвано оно силами сцепления между молекулами этого слоя.

Коэффициент поверхностного натяжения численно равен силе поверхностного натяжения, действующей на единицу длины контура, ограничивающего поверхность, т.е.

$$\sigma = \frac{F}{l} \left[\frac{H}{m} \right] \text{ – СИ} \quad \text{или} \quad \left[\frac{дн}{см} \right] \text{ – СГС}$$



С ростом температуры взаимодействие между молекулами ослабляется и расстояние между ними увеличивается, а силы сцепления ослабевают, поэтому δ уменьшается. Связь между δ и температурой вдали от критической температуры следующая:

$$\sigma_t = \sigma_0 \cdot (1 - \alpha t) \text{ и } t = t_{кр}. \sigma = 0. \text{ Поэтому}$$

$$\sigma = 0 \text{ при } t = \frac{1}{\alpha} \text{ следовательно } \frac{1}{\alpha} = t_{кр}$$

Можно переписать формулу и так:

$$\sigma_t = \sigma_0 \cdot \left(1 - \frac{t}{t_{кр}}\right)$$

Капиллярность.

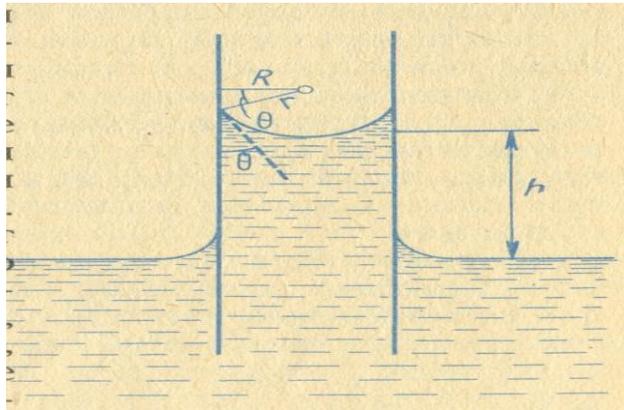
Явление поднятия или опускания уровня жидкости в узкой капиллярной трубке в связи с образованием мениска называется капиллярным. Свободная поверхность жидкости в узком капилляре является сферической (либо выпуклой, либо вогнутой). Капиллярные явления обусловлены поверхностным натяжением, благодаря чему давление под мениском отличается на величину Δp от внешнего давления p газа или пара над жидкостью. Это дополнительное давление Δp в зависимости от формы мениска может способствовать поднятию или опусканию уровня жидкости в капилляре. По формуле Лапласа:

$$\Delta p = \pm \frac{2\sigma}{R}, \text{ где } + \text{ соответствует выпуклому}$$

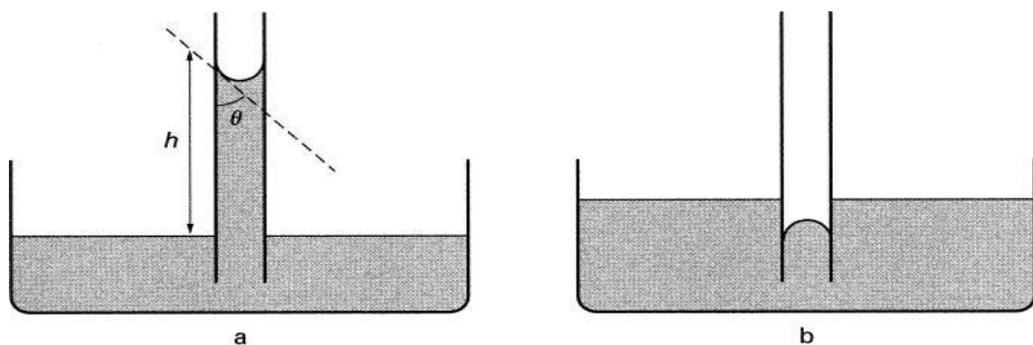
мениску или не смачиванию (жидкость опускается в трубке),

- соответствует вогнутому мениску или смачиванию

(жидкость поднимается в капилляре) R – радиус кривизны мениска



Вогнутый и выпуклый мениски.

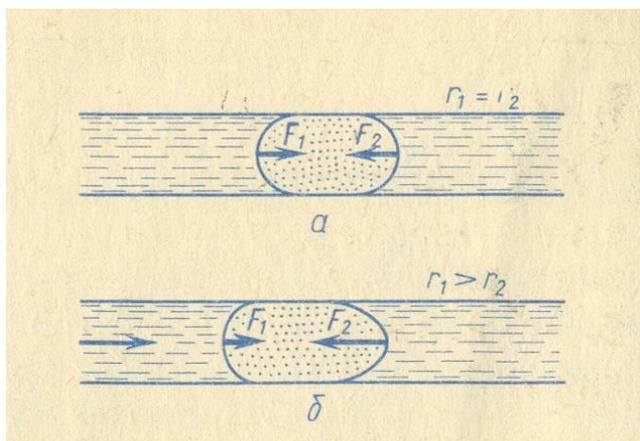


Смачиванием называется явление, при котором силы притяжения между молекулами жидкости и стенок капилляра **больше**, чем между молекулами самой жидкости. В обратном случае наблюдается **несмачивание**.

Угол между стенкой капилляра и касательной, проведенной к мениску в точке его пересечения со стенкой называется **краевым углом**. Для смачивающих жидкостей краевой угол острый, для несмачивающих- тупой.

(“Physics in Biology and Medicine” 2013, стр. 83-85)

Пузырек воздуха при попадании в кровеносный сосуд небольшого диаметра вследствие того, что он ограничен с обеих сторон менисками, под которыми образуется дополнительное давление, может привести к закупорке сосуда. Это явление называют **воздушной эмболией**. Если пузырек газовый (например газообразного азота, образующегося в крови при быстром подъеме из глубины на поверхность), то эмболия называется **газовой**.



Теория метода: В результате взаимодействия молекул жидкости, расположенных на её поверхности, между собой и с молекулами нижележащих слоев возникает сила поверхностного натяжения. Эта сила стремится сблизить молекулы жидкости и ведет к образованию её поверхностного слоя. Величина силы поверхностного натяжения F , отнесенной к единице длины контура ℓ , называется коэффициентом поверхностного натяжения данной жидкости:

$$\sigma = F/\ell \text{ дин/см} \quad (1)$$

Для разрыва-поверхности жидкости на каком-либо участке нужно преодолеть силу поверхностного натяжения, имеющую для каждой данной жидкости определённую величину. Величина этой силы равна, очевидно, произведению коэффициента поверхностного натяжения на длину контура ℓ , по которому происходит разрыв поверхностного слоя жидкости:

$$F = \sigma \cdot \ell$$

Отсюда следует возможность определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости из опыта по измерению силы F , требуемой для разрыва поверхностного слоя по контуру, имеющему определённую длину, например, при отрыве капель, образующихся при вытекании жидкости из отверстия капиллярной трубки. Образование капель жидкости при её вытекании из малых отверстий является результатом взаимодействия силы поверхностного натяжения и силы тяжести. Сила, с которой капля какой-либо жидкости отрывается от бюретки, определяется её весом, т.е. $P=2\pi r\sigma$.

Если две жидкости будут поочередно налиты в бюретку, то для каждой капли (исследуемой жидкости и дистиллированной воды) можно написать уравнение

$$\text{для дистиллированной воды; } P_0 = 2\pi r \sigma_0 \quad (2)$$

$$\text{для исследуемой жидкости: } P = 2\pi r \sigma \quad (3)$$

Деля почленно выражение (3) на выражение (2), получим:

$$\frac{P}{P_0} = \frac{2\pi r \sigma}{2\pi r \sigma_0}$$

Так как r - радиусы перетяжек капель одинаковы, то можно написать, что

$$\frac{P}{P_0} = \frac{\sigma}{\sigma_0} \quad \text{Откуда } \sigma = \sigma_0 \frac{P}{P_0} \quad (4)$$

Это рабочая формула, где σ - коэффициент поверхностного натяжения исследуемой жидкости (в системе СГС дин/см), σ_0 - коэффициент поверхностного натяжения дистиллированной воды (дин/см) берется из таблицы при температуре опыта.

P_0 - вес одной капли воды,

P - вес одной капли исследуемой жидкости.

Значит, определение коэффициента поверхностного натяжения сводится (данным методом) к определению веса капли дистиллированной вода (P_0) и веса одной капли исследуемой жидкости (P).

Порядок выполнения работы.

1. Промыть бюретку и налить дистиллированную воду.
2. Проверить аналитические весы: сарретировать их и приступить к взвешиванию пустой чашечки. Вес пустой чашечки обозначим через « P_1 ».
3. Отрегулировать скорость падения капель дистиллированной воды (скорость падения должна быть такой, чтобы удобно было считать).

Подготовить пустую чашечку и накапать в нее 75-100 капель воды, т.е.отсчитать «n».

4. Взвесить чашечку с "n" каплями дистиллированной воды. Вес её обозначим через «P₂».

5. Вычислить вес «n» капель воды P₂-P₁ и вес одной капли воды

$$P_0=(P_2-P_1)/n$$

6. Вылить воду из бюретки и из чашечки, вытереть насухо.

7. Налить в бюретку исследуемую жидкость и при определенной скорости счета накапать «n» капель исследуемой жидкости в чашечку. Обозначим вес «n» капель исследуемой жидкости P₃.

8. Вычислить вес «n» капель исследуемой жидкости P₃-P₁ и вес одной капли P=(P₃-P₁)/n

9. Вылить исследуемую жидкость из чашечки и бюретки в сосуд.

10. Заполнить таблицу.

таблица

Дистил. вода				Исследуемая жидкость			
P ₁ (г)	P ₂ (г)	P ₂ -P ₁ (г)	P ₀ (г)	P ₃ (г)	P ₃ -P ₁ (г)	P (г)	σ (дин/см)

Температура опыта t = °С

σ₀ = дин/см

Вычисление ошибок:

Абсолютная ошибка одного взвешивания равна

$$E_p = E_{p1} = E_{p2} = E_{p3} = 0,005 \text{ г.}$$

При вычислении относительной погрешности D_σ воспользуемся формулами из теории ошибок.

$$D_\sigma = D_p + D_{p_0}$$

$$D_p = \frac{E_{p_3} + E_{p_1}}{P_3 - P_1}$$

$$D_{p_0} = \frac{E_{p_2} + E_{p_1}}{P_2 - P_1};$$

Вычислить $\Delta\sigma$

Из определения $D_\sigma = \Delta\sigma / \sigma$ откуда $\Delta\sigma = \sigma \cdot D_\sigma$

Относительная ошибка в %:

$$D_\sigma = \left(\frac{E_{p_3} + E_{p_1}}{P_3 - P_1} + \frac{E_{p_2} + E_{p_1}}{P_2 - P_1} \right) \cdot 100\%$$

Истинное значение измеряемой величины можно записать в следующем виде:

$$\sigma = (\sigma \pm \Delta\sigma) \text{ дин/см}$$

Контрольные вопросы

1. Что такое коэффициент поверхностного натяжения? Единицы измерения в системах СИ и СГС.
2. Причины возникновения силы поверхностного натяжения и её величина.
3. Что такое молекулярное давление и его величина?
4. Как изменяется коэффициент поверхностного натяжения с изменением температуры.
5. Капиллярность.
6. Формулы Лапласа и Жюрена.
7. Вывод рабочей формулы.
8. Сталагмометр, его устройство и назначение.
9. Объясните явление газовой эмболии.

Ситуационные задачи

1. При выливания крови капельным методом за 1 минуту выливается 40 капель крови. Какой диаметр должен иметь конец трубочки у капельницы при выливании 250 мг крови за 1,5 часа?

Ответ: $\approx 0,4$ см.

2. В ряде случаев лекарство дозируют каплями. На сколько процентов изменится доза водного раствора лекарства при изменении температуры от $t_1 = 25^\circ\text{C}$ до $t_2 = 10^\circ\text{C}$? Этим температурам соответствуют поверхностное натяжение $\sigma_1 = 71,78$ дин/см и $\sigma_2 = 74,01$ дин/см.

Ответ: Увеличится приблизительно на 3%

Тесты

1. Коэффициент поверхностного натяжения равен:
 - A. F/l
 - B. $F \cdot l$
 - C. F/S
 - D. q/l
 - E. $q \cdot l$
2. Как выражается коэффициент поверхностного натяжения?
 - A. q/l
 - B. $F \cdot l$
 - C. F/S
 - D. A/S
3. По формуле Лапласа дополнительное давление зависит от:
 - A. σ и η
 - B. η и r
 - C. σ и r
 - D. σ
 - E. η
4. С ростом температуры коэффициент поверхностного натяжения жидкости:
 - A. увеличивается
 - B. уменьшается
 - C. экспоненциально увеличивается
 - D. экспоненциально уменьшается
 - E. остается постоянным
5. Вещества, уменьшающие силу поверхностного натяжения, называются поверхностно:
 - A. нейтральными
 - B. активными

- C. пассивными
 - D. электрически активными
 - E. электрически пассивными
6. В каком случае в капилляре поверхность жидкости имеет форму вогнутого мениска?
- A. при полном смачивании
 - B. при не смачивании
 - C. при смачивании
 - D. когда косинус предельного угла равен 1
 - E. когда косинус предельного угла меньше 0
7. В каком случае в капилляре образуется выпуклый мениск ?
- A. если жидкость не смачивает стенки капилляра
 - B. если жидкость смачивает стенки капилляра
 - C. если жидкость полностью смачивает стенки капилляра
 - D. при $\cos\theta=1$
 - E. при $\cos\theta>0$
8. Явление поднятия или опускания уровня жидкости в узких трубках называется:
- A. капиллярностью
 - B. смачиванием
 - C. несмачиванием
 - D. диффузией
 - E. газовой эмболией
9. Капиллярным явлением называется поднятие или опускание столба жидкости в узких трубках под действием:
- A. гидростатического давления
 - B. атмосферного давления
 - C. молекулярного давления
 - D. дополнительного давления
 - E. внешнего давления
10. Уровень жидкости в капилляре, погруженном в не смачивающую жидкость:
- A. поднимается
 - B. опускается
 - C. не изменяется
 - D. может подниматься и опускаться
 - E. колеблется

Основная литература

1. Paul Davidovits “Physics in Biology and Medicine” 2013, стр 83-87
2. Ulrich Harten “Physik fur Mediziner” Springer 2011, стр.83-87

Дополнительная литература:

1. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика, М, 2007.
2. Методическое пособие по проведению практических занятий по биофизике. Т., 2015.
3. Антонов В.Ф. Биофизика, Учебник для студентов вузов, 3-изд.,
4. Владимиров Ю. А. и др. Биофизика. М., 1983.
5. Рубин А. Б. Биофизика. 1-2 т. М., 2004.
6. Эссаулова И.А. и др. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. М., 1987.
7. Костюк П. Г. И др. Биофизика. Киев.: 1983.
8. Волькенштейн М. В. Биофизика. М. 1981.
9. Тарусов Б. Н. и др. Биофизика. М., 1981.
10. Антонов В. Ф., Архарова Г. В., Песечник В. И. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1993.
11. Антонов В. Ф., Вознесенский С.А., Черныш А. М. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1991.
12. Рубин А. Биофизика клеточных процессов ,2-х т. Изд.МГУ, 2005.

Интернет сайты

<http://www.medbiophys.ru/>
<http://www.biophys.msu.ru/>
http://biophysics.spbstu.ru/useful_links
<http://medulka.ru/biofizika>
<http://www.library.biophys.msu.ru/>
<http://www.bio.fizteh.ru/>
<http://www.zone-x.ru/>
<http://www.knigi-o.com/>

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

Занятие № 8

Практическое занятие

**ТЕМА: ОСНОВЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ОРГАНИЗМА.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОТНОШЕНИЯ ТЕПЛОЕМКОСТЕЙ C_p/C_v ГАЗА
МЕТОДОМ КЛЕМАНА-ДЕЗОРМА**

Технологическая модель обучения практического занятия

Время: 90мин	<i>Число студентов:</i> 12-14
Вид и форма учебного занятия	Практическое занятие
Структура учебного занятия	1. Введение. 2. Теоретическая часть 3. Практическая часть 4. Аналитическая часть
Цель занятия:	1. Изучить явление влажности; 2. научиться определять влажность воздуха психрометром Ассмана.
Задачи педагога: - Объяснить явление влажности; - изучить адиабатический процесс; - дать понятие о методах определения влажности воздуха; - научить определять влажность воздуха.	Результаты обучения: - узнают о влажности воздуха; - знакомятся с формулой Ренью; - научатся определять влажность воздуха; - научатся определять погрешности измерения; - научатся анализировать и систематизировать.
Методы обучения	Лекция, мозговой штурм, рассказ, видеометод, лабораторное занятие, работа с книгой, диалог, учебные игры, пинборд, органайзер.
Формы обучения	Групповая работа, индивидуальная
Учебные средства	Доска-стенд, флипчарт, видеофильмы, писчая доска, модел, график, диаграммы, схема, заметки, контрольный листок, тексты.
Учебные условия	Учебная аудитория
Мониторинги оценка	Устный опрос : экспресс тест, письменный опрос

Технологическая карта учебного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа- ционная часть 5 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние исходных знаний по теме 15 мин.	2.1.Объясняет ключевые моменты 2.2. Проводит параллель с ранее изученным материалом. 2.3. Объясняет мониторинг контроля усвоения данной темы. 2.4. Организует беседу по технологии «Дискуссия» 2.5. Побуждает к высказыванию своего мнения. 2.6. Обеспечивает мотивацию выполнения практической части.	Вспоминает основные понятия. По одному комментируют. Записывают. Слушают Активно участвует при дискуссии Отвечают на вопросы.
3.	Основная часть 60 мин.	3.1. Формулирует задание. 3.2. Объясняет тему 3.3. Задает следующие вопросы: 1.Что называется влажностью воздуха? 2.Что называется абсолютной влажностью? 3.Что называется относительной влажностью воздуха? 4.Что называется точкой росы? 5.Какие методы измерения влажности Вы знаете? 6.Выведите психрометрическую формулу (формулу Ренью). 7.Что такое гигрограф? Как он устроен и принцип его работы? 8.Как устроен психрометр Августа и Ассмана? Как устроен конденсационный гигрометр? 3.4. Объясняет порядок выполнения лабораторной	Слушают . Записывают Подчеркивают характеристики Отвечают на вопросы Озвучивают понятие Называют определения Приводят примеры Выполняют задание. Изучают прибор. Проводят измерения. Получают результаты Слушают Измеряют

		<p>работы.</p> <p>3.5. Показывает как правильно работать с приборами.</p> <p>3.6. Контролирует выполнение работы.</p> <p>3.7. Побуждает к высказыванию своего мнения.</p> <p>3.8. Наводящими вопросами помогает выявить причинно-следственные связи различных параметров.</p>	<p>Получают результаты</p> <p>Определяют абсолютную влажность по формуле</p> <p>Определяют относительную влажность по формуле</p> <p>Заполняют таблицы.</p> <p>Формулируют конечный результат своей работы</p>
4.	<p>Укрепление темы</p> <p>10 мин.</p>	<p>4.1. Систематизирует данный материал.</p> <p>4.2. Уточняет основные моменты.</p> <p>4.3. Отвечает на вопросы .</p> <p>4.4. Организует самопроверку.</p> <p>4.5. Организует коллективную проверку.</p> <p>4.6. Акцентирует внимание на конечных результатах учебной деятельности.</p>	<p>Слушают</p> <p>Анализируют.</p> <p>Задают вопросы</p> <p>Осуществляют самопроверку.</p> <p>Сравнивают.</p> <p>Называют основные позиции.</p>
5.	<p>Подведение итогов</p> <p>5 мин.</p>	<p>5.1. Оценивает.</p> <p>5.2. Задает домашнее задание.</p>	<p>Слушают.</p> <p>Записывают домашнее задание.</p>

Приборы и принадлежности: прибор Клемана-Дезорма, манометр, насос.

Теоретическая часть

Термодинамика - исследование отношений между высокой температурой, работой и связанной энергией. После многих десятилетий опыта с тепловыми явлениями ученые сформулировали два фундаментальных закона как основа термодинамики.

Биоэнергетика занимается изучением процессов обеспечения организма за счет внешних энергетических ресурсов. Изучение этих механизмов на молекулярном и субмолекулярном уровнях составляет сущность молекулярной и квантовой биофизики, если же на микроскопическом уровне то биологической термодинамики

Биотермодинамика- это раздел биофизики, устанавливающий количественные закономерности взаимопревращения между теплотой и другими формами энергии в биосистемах в различных явлениях.

Термодинамическая система- это тело или группа тел, в которой процессы сопровождаются как переходом теплоты в другие виды энергии, так и обратным процессом.

Термодинамическая система называется изолированной, если отсутствует обмен между ней и внешней средой как веществом, так и энергией.

Система называется изолированной в тепловом отношении (или адиабатически изолированной), если между ней и внешней средой отсутствует теплообмен.

Если имеется только обмен энергией, то система называется замкнутой.

Если между средой и системой имеется обмен и веществом и энергией, то система называется открытой.

Термодинамический критерий стационарного состояния организма: Продукция энтропии организмом равна потоку энтропии из организма в окружающую среду при $U = \text{const}$, т.е.

$$\frac{d_i S}{dt} = - \frac{d_e S}{dt}$$

где i - internus, e – externus

Теплопотери в условиях умеренного климата составляют примерно 1700 ккал в сутки, что распределяется следующим образом:

1. Теплопроводность и конвекция - 20% (340 ккал)
2. Излучение - 50% (850 ккал)
3. Испарение - 30% (510 ккал)

Если прибавить 600-800 ккал, эквивалентных совершаемой организмом механической работе (для лиц умственного труда), то получится суточный расход: $1700 + (600 \sim 800) = 2300 - 2500$ ккал.

Энерготраты организма- это полное количество тепла, отдаваемое организмом окружающей среде. Энерготраты меняются в зависимости от условий и характера деятельности человека, т.е. от интенсивности его мышечной работы.

Энерготраты бодрствующего организма в условиях исключения действия на него факторов внешней среды, т.е. в состоянии покоя, называются основным обменом. Таким образом, основной обмен - это минимальные энерготраты организма (в нашем примере 1700 ккал в сутки)

У женщин основной обмен на **7-10%** ниже, чем у мужчин вследствие относительно слабого развития мускулатуры. У мускулистых людей основной обмен выше, чем у тучных при одной и той же массе тела. С возрастом величина основного обмена снижается. У здоровых людей колебания величины основного обмена не превосходят **5-7%**. Большие колебания указывают на патологию организма. При тяжелых физических нагрузках энерготраты могут более чем в **15 раз** превосходить величину основного обмена.

Первый Закон Термодинамики заявляет, что энергия, которая включает высокую температуру, сохранена; то есть, одна форма энергии может быть преобразована в другого, но энергия не может ни быть создана, ни разрушена. Это подразумевает, что общая сумма энергии во вселенной - константа I , второй закон, более сложный, чем первый и имеет несколько определений. Возможно, самое простое состояние - определения Второго Закона Термодинамики - то, что непосредственное изменение в природе происходит от состояния порядка к состоянию беспорядка.

Первый закон термодинамики

Один из первых кто заявил закон энергосбережения был немецкий врач Роберт Майер (1814-1878). В 1840 Майер был врачом на шхуне Ява, которая приплыла в Ост-Индию. В то время как на борту судна, он читал трактат французским ученым Лораном Лавуазье, в котором Лавуазье предположил, что высокая температура, произведенная животными, происходит из-за медленного сгорания еды в их телах. Лавуазье далее отметил, что меньше еды сожжено телом в горячей окружающей среде, чем в холодной.

Ит был показан теорией относительности, что закон о сохранении должен включать вопрос, который сохранении энергии.

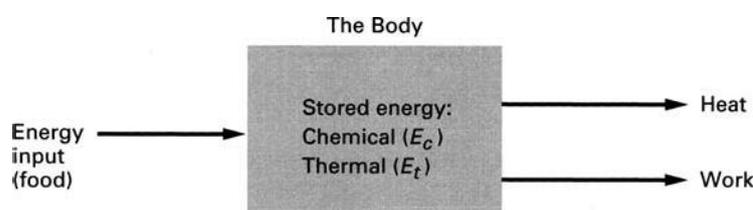


РИСУНОК. Энергетика тела.

Значительно больше доказательств должно было быть представлено, прежде чем сохранение энергии было принято как закон, но интересно, что такой научный физический закон был сначала, предложенным от наблюдения за человеческой физиологией.

Сохранение энергии неявно во всех наших вычислениях энергетического баланса в живущих системах. Рассмотрим, например, энергетику для функционирования животного. Тело живого организма содержит внутреннюю тепловую энергию U , который является продуктом массы и высокой температуры и химического энергетического баланса сохраненного в ткани тела. С точки зрения энергии действия животного состоят из простой еды, работы и отклонения избыточной теплоты посредством различных механизмов охлаждения (радиация, конвекция, и т.д.). Не входя в подробные вычисления первый закон позволяет нам делать некоторые выводы об энергетике живых систем.. Например, если внутренняя энергия и вес живого организма должны остаться постоянными (т.е., E и U постоянный), за установленный срок времени, потребление калорий должно быть точно равно сумме сделанной работы и внутренней энергии потерянной телом.

Формулировка 1-го начала: *Все количество теплоты, переданное системе, расходуется на изменение внутренней энергии системы и на совершение системой работы*

$$Q = \Delta U + A \quad (1)$$

(Paul Davidovits "Physics in Biology and Medicine" 2013, стр. 126-127)

I. ТЕПЛОЕМКОСТЬ ГАЗОВ. Состояние газа может быть охарактеризовано тремя величинами - параметрами состояния: давлением p , объемом - V и температурой T . Уравнение, связывающее эти величины, называется уравнением состояния вещества. Уравнением состояния идеального газа является уравнение Менделеева-Клайперона, которое для одного моля газа имеет вид

$$pV = RT \quad (1)$$

где R - универсальная газовая постоянная.

Величина теплоемкости газов зависит от условий нагревания. Выясним эту зависимость, воспользовавшись уравнением состояния (I) и первым

началом термодинамики, которое можно сформулировать следующим образом: количество теплоты dQ , переданное системе, затрачивается на увеличение ее внутренней энергии dU и на работу dA совершаемую системой против внешних сил

$$dQ = dU + dA \quad (2)$$

По определению теплоемкости

$$C = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU}{dT} + \frac{dA}{dT} \quad (3)$$

Из уравнения (3) видно, что теплоемкость может иметь различные значения в зависимости от способов нагревания газа, так как одному и тому же значению dT могут соответствовать различные значения

dU и dA . Элементарная работа dA равна:

$$dA = p dV$$

Рассмотрим основные процессы, протекающие в идеальном газе при изменении температуры, когда масса газа остается неизменной и равна одному молю. Количество теплоты, необходимое для нагревания одного моля газа на 1°C , определяется молярной теплоемкостью.

2. ИЗОХОРИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС. Процесс называется изохорическим, если объем тела при изменении температуры остается постоянным, т.е.,

$V = \text{const}$. В этом случае: $dV = 0$. Следовательно, и $dA = 0$ т.е. при этом вся подводимая к газу теплота идет на увеличение его внутренней энергии. Тогда из уравнения (3) следует, что молярная теплоемкость газа при постоянном объеме равна

$$C_V = \frac{dU}{dT} \quad (4)$$

3. ИЗОБАРИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС. Процесс, протекающий при постоянном давлении ($p = \text{const}$), называется изобарическим. Для этого случая формула (3) переписывается в виде:

$$C_p = \frac{dU}{dT} + p \frac{dV}{dT} \quad (5)$$

Из уравнения газового состояния (I) получаем

$$pdV + Vdp = RdT \quad (6)$$

Но $p = \text{const}$ и $dp = 0$. Следовательно, $pdV = RdT$. Подставляя это выражение в уравнение (5) и заменяя dU через $C_v dT$, получим окончательно

$$C_p = C_v + R \quad (7)$$

4.ИЗОТЕРМИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС. Изотермическим процессом называется процесс, протекающий при постоянной температуре ($T = \text{const}$). В этом случае $dT = 0$ и $dQ = dA$ т.е. внутренняя энергия газа остается постоянной и все подводимое тепло расходуется на работу

5.АДИАБАТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС. Процесс, протекающий без теплообмена с окружающей средой, называется адиабатическим. Первое начало термодинамики будет иметь вид $dQ = 0$, $dU + dA = 0$;

$$dA = -dU = -C_v dT$$

т.е. при адиабатическом процессе расширения или сжатия работа совершается газом только за счет изменения запаса внутренней энергии.

Выведем уравнение адиабатического процесса (уравнение Пуассона)

$$dA = -dU$$

Но $dA = pdV$ и $dU = C_v dT$, значит

$$pdV = -C_v dT \quad (8)$$

Разделив уравнение (6) на (8) и учитывая (7), получим

$$1 + \frac{V dp}{p dV} = -\frac{c_p - c_v}{c_v} \quad \text{или} \quad \frac{dp}{p} = -\gamma \frac{dV}{V}$$

где $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$

Интегрируя и потенцируя, получим уравнение Пуассона:

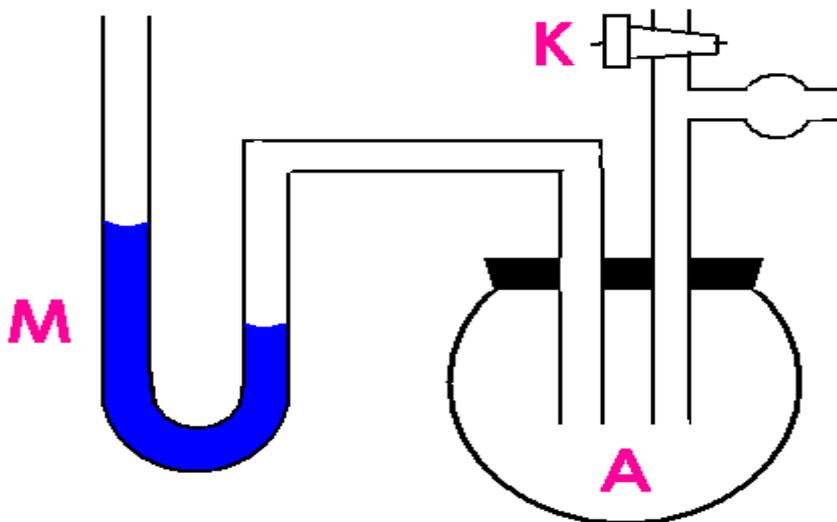
$$pV^\gamma = \text{const}$$

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ C_p/C_v ДЛЯ ВОЗДУХА.

Величину C_p/C_v можно определить с помощью прибора Клемана-Дезорма, состоящего из теплоизолированного баллона **A** с воздухом, насоса и спиртового манометра **M** (рис.). В баллон при закрытом кране **K** накачивается воздух. Давление воздуха в баллоне повысится и станет равным $p_1 = H + h_1$

где h_1 - избыток давления воздуха в баллоне над атмосферным давлением **H**. Величина h_1 изменяется манометром **M**.

Открывают на короткое время кран **K**, чтобы давление в баллоне сравнялось с атмосферным ($p_2 = H$), после чего кран закрывают.



Пусть масса воздуха после накачивания насосом в сосуд в объеме **V** равна **m**. При открывании крана часть воздуха выходит. Обозначим массу вышедшего воздуха через Δm , тогда масса оставшегося воздуха

$$m_1 = m - \Delta m$$

Масса воздуха m_1 , которая заключена в объеме **V** занимала перед открытием крана меньший объем V_1 . Так как процесс кратковременный и

заметного теплообмена между газом и стенками баллона нет, то его можно считать адиабатическим.

Согласно уравнений Пуассона (для массы газа равной m_1) получим

$$p_1 V_1^\gamma = p_2 V_2^\gamma \quad (9)$$

Вследствие адиабатического расширения газа температура его понизилась, а затем в результате теплообмена температура газа через небольшой промежуток времени станет равной комнатной. При этом давление газа поднимается до величины $p_3 = H + h_2$

Начальное и конечное состояние газа наблюдается при одинаковой температуре. Поэтому на основании закона Бойля-Мариотта получим

$$p_1 V_1 = p_3 V_3 \quad (10)$$

Решая уравнения (9) и (10) относительно γ , получим

$$\gamma = \frac{\lg p_1 - \lg p_2}{\lg p_1 - \lg p_3} \quad (11)$$

В нашем случае p_1 , p_3 мало отличаются от p_2 , поэтому отношение разностей логарифмов в уравнении (10) можно заменить отношением разностей чисел, т.е.

$$\gamma = \frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_3} \quad (12)$$

Так как $p_1 = H + h_1$, $p_2 = H$, $p_3 = h_2 + H$, то подставляя их в (12), получим:

$$\gamma = \frac{H + h_1 - H}{H + h_1 - H - h_2} = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

Рабочая формула : $\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2} \quad (13)$

Порядок выполнения работы

1. Накачивать в сосуд А воздух до тех пор, пока разность уравнивания жидкостей станет 15-20 см (но не более 20 см), и выждать, пока температура внутри сосуда станет равна температуре окружающей среды, т.е. пока уровни жидкости в манометре не установятся (на это требуется 2-3 минуты).
2. Отсчитать разность уровней в манометре, т.е. измерить избыточное давление воздуха в мм спиртного столба.
3. Открыть полностью кран (т.е. баллон А соединить с атмосферой) и, когда уровни жидкостей в обоих коленах манометра сравняются, быстро его закрыть.
4. Выждать 2-3 минута, пока газ, охлажденный при адиабатическом расширении, нагреется до комнатной температуры, измерить избыточное давление h_2 (следует помнить, что h_1 и h_2 отсчитываются как разность высоты жидкостей в обоих коленах U-образного манометра).
5. По формуле (13) вычислять значение γ , т.е. отношение C_p/C_v
6. Полученные данные записать в таблицу.

Таблица

№	h_1	h_2	γ	$\gamma_{\text{ср}}$	$\Delta\gamma$	$\Delta\gamma_{\text{ср}}$	$D_\gamma \%$
1							
2							
3							
4							
5							

Истинные значения γ записать в виде

$$\gamma_{\text{наq}} = \bar{\gamma} \pm \overline{\Delta\gamma}; \quad D\gamma = \frac{\overline{\Delta\gamma}}{\bar{\gamma}} \cdot 100\%$$

Контрольные вопросы

1. Первое начало термодинамики и его применение к газовым процессам.
2. Что называется молярной теплоемкостью газа?
3. Что такое C_p , / C_v ? Напишите их уравнения.
4. Почему C_p больше C_v ?
5. Какой процесс называется адиабатическим, изохорическим, изобарическим и изотермическим?
6. Выведите рабочую формулу.
7. Что происходит с внутренней энергией при адиабатическом процессе?
8. Как вычисляют погрешность в данной работе?
9. Второе начало термодинамики.

Ситуационные задачи

1. Почему при еде холодной пищи зубы сильно болят? В чем причина при резком изменении температуры потрескание зубного эмали?
2. Человек расходует 3000 ккал энергию за одну сутки. 1/30 часть этой энергии приходится на сердце. Найти мощность сердца.

Ответ : $\approx 4,8$ Вт.

3. В камеру наркозного аппарата выведен 2 г (1)- оксида азота. Температура газа при этом снизилась до 13°C. Считая этот процесс адиабатическим, найти работу совершенным газом.

Ответ : $\approx 14,7$ Ж.

Тесты

1. Количество теплоты, переданное системе, расходуется на:
А. изменение внутренней энергии
В. совершение работы

- C. изменение объема
 - D. поддержание температуры
2. При изохорическом процессе все подведенное к газу количество теплоты идет на увеличение его:
- A. работы
 - B. потенциальной энергии
 - C. кинетической энергии
 - D. внутренней энергии
 - E. давления
3. При изотермическом процессе подведенное к газу количество теплоты идет на:
- A. выполнение работы
 - B. изменение энергии
 - C. кинетическую энергию
 - D. теплообмен
 - E. потенциальную энергию
4. Адиабатическим процессом называют процесс, протекающий:
- A. без теплообмена с окружающей средой
 - B. при постоянной температуре
 - C. при постоянном объеме
 - D. при постоянном давлении
 - E. с теплообменом с окружающей средой
5. Что происходит с газом при его адиабатическом сжатии?
- A. газ нагревается
 - B. увеличивается внутренняя энергия
 - C. уменьшается внутренняя энергия
 - D. газ охлаждается
 - E. внутренняя энергия постоянна
6. Что такое C_p ?
- A. теплоемкость при постоянном давлении*
 - B. теплоемкость при постоянном объеме
 - C. постоянный коэффициент
 - D. молярная теплоемкость
 - E. количество теплоты
7. Что такое C_v ?
- A. теплоемкость при постоянном объеме
 - B. теплоемкость при постоянном давлении
 - C. количество теплоты
 - D. энтропия
 - E. постоянная Больцмана
8. Открытыми термодинамическими системами называются, системы которые с окружающей средой ...
- A. обмениваются веществом
 - B. обмениваются энергией
 - C. не обмениваются энергией
 - D. не обмениваются веществом
9. Закрытыми термодинамическими системами называются, системы

которые с окружающей средой ...

- A. не обмениваются энергией
- B. не обмениваются теплотой
- C. не обмениваются веществом
- D. обмениваются энергией

10. Изолированными термодинамическими системами называются, системы которые с окружающей средой ...

- A. не обмениваются веществом
- B. не обмениваются энергией
- C. обмениваются веществом
- D. обмениваются энергией

Основная литература

1. Paul Davidovits “Physics in Biology and Medicine” 2013 стр.126-135
2. Ulrich Harten “Physik fur Mediziner” Springer 2011, стр.161-164

Дополнительная литература:

1. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика, М, 2007.
2. Методическое пособие по проведению практических занятий по биофизике. Т., 2015.
3. Антонов В.Ф. Биофизика, Учебник для студентов вузов, 3-изд.,
4. Владимиров Ю. А. и др. Биофизика. М., 1983.
5. Рубин А. Б. Биофизика. 1-2 т. М., 2004.
6. Эссаулова И.А. и др. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. М., 1987.
7. Костюк П. Г. И др. Биофизика. Киев.: 1983.
8. Волькенштейн М. В. Биофизика. М. 1981.
9. Тарусов Б. Н. и др. Биофизика. М., 1981.
10. Антонов В. Ф., Архарова Г. В., Песечник В. И. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1993.
11. Антонов В. Ф., Вознесенский С.А., Черныш А. М. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1991.
12. Рубин А. Биофизика клеточных процессов ,2-х т. Изд.МГУ, 2005.

Интернет сайты

- <http://www.medbiophys.ru/>
- <http://www.biophys.msu.ru/>
- http://biophysics.spbstu.ru/useful_links
- <http://medulka.ru/biofizika>
- <http://www.library.biophys.msu.ru/>
- <http://www.bio.fizteh.ru/>
- <http://www.zone-x.ru/>
- <http://www.knigi-o.com/>

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

Занятие № 9

Практическое занятие

ТЕМА: ЗВУК. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИНЫ
ЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ И СКОРОСТИ ЗВУКА В ВОЗДУХЕ МЕТОДОМ
СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ

Технологическая модель обучения практического занятия

Время: 90мин	Число студентов: 12-14
Вид и форма учебного занятия	Практическое занятие
Структура учебного занятия	1. Введение. 2. Теоретическая часть 3. Практическая часть 4. Аналитическая часть
Цель занятия:	1. Ознакомиться с теорией резонанса и стоячей волны в воздушных столбах. 2. Научиться измерять длину звуковой волны и скорость звука в воздухе методом стоячей волны.
Задачи педагога: - объяснить что такое звук. - дать основные характеристики звука; - ознакомить с понятиями резонанса волны; - дать понятие о звуковых методах исследования используемых в клинике.	Результаты обучения: - получат понятие о звуковых физических методах исследования в клинике; - научатся определять длину звуковой волны; - скорости звука в воздухе - узнают о резонансе звуковой волны; - научатся определять погрешности измерения; - научатся анализировать и систематизировать.
Методы обучения	Лекция, мозговой штурм, рассказ, видеометод, лабораторное занятие, работа с книгой, диалог, учебные игры, пинборд, органайзер.
Формы обучения	Групповая работа, индивидуальная
Учебные средства	Доска-стенд, флипчарт, видеофильмы, писчая доска, модел, график, диаграммы, схема, заметки, контрольный листок, тексты.
Учебные условия	Учебная аудитория
Мониторинги оценка	Устный опрос : экспресс тест, письменный опрос

Технологическая карта учебного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа- ционная часть 5 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние исходных знаний по теме 15 мин.	2.1.Объясняет ключевые моменты 2.2. Проводит параллел с ранее изученным материалом. 2.3. Объясняет мониторинг контроля усвоения данной темы. 2.4. Организует беседу по технологии «Дискуссия» 2.5. Побуждает к высказыванию своего мнения. 2.6. Обеспечивает мотивацию выполнения практической части.	Вспоминает основные понятия. По одному коментируют. Записывают. Слушают Активно участвует при дискуссии Отвечают на вопросы.
3.	Основная часть 60 мин.	3.1. Формулирует задание. 3.2. Объясняет тему 3.3. Задаёт следующие вопросы: 1.Что называется гармоническим колебательным движением? (смещение, период, частота). 2.Выведите формулы смещения, скорости, ускорения, силы, энергии в гармоническом колебательном движении. 3.При каких условиях возникает механический резонанс? 4.Объясните механизм волнового процесса в упругой среде. 5.Чем отличается колебательный процесс материальной точки от волнового процесса в упругой среде? 6.Чем поперечные волны отличаются от продольных? 7.Что называется длиной волны? 8. Какими единицами измеряется частота и длина волны? 9. При каких условиях возникают	Слушают . Записывают Подчеркивают характеристики Отвечают на вопросы Озвучивают понятие Называют определения Приводят примеры Выполняют задание. Изучают прибор. Проводят измерения. Получают результаты Слушают Измеряют

		<p>стоячие волны?</p> <p>10. Какое различие в амплитудах и фазах отдельных колеблющихся точек в проходящей и стоячей волнах?</p> <p>11. Что такое звук, акустический резонанс?</p> <p>12. Как зависит скорость звука от температуры? Напишите формулу.</p> <p>3.4. Объясняет порядок выполнения лабораторной работы.</p> <p>3.5. Показывает как правильно работать с приборами.</p> <p>3.6. Контролирует выполнение работы.</p> <p>3.7. Побуждает к высказыванию своего мнения.</p> <p>3.8. Наводящими вопросами помогает выявить причинно-следственные связи различных параметров.</p>	<p>Получают результаты Заполняют таблицы.</p> <p>По термометру определяют комнатную температуру. Определяют зависимость скорости звука от температуры по формуле.</p> <p>Формулируют конечный результат своей работы</p>
4.	<p>Укрепление темы 10 мин.</p>	<p>4.1. Систематизирует данный материал.</p> <p>4.2. Уточняет основные моменты.</p> <p>4.3. Отвечает на вопросы .</p> <p>4.4. Организует самопроверку.</p> <p>4.5. Организует коллективную проверку.</p> <p>4.6. Акцентирует внимание на конечных результатах учебной деятельности.</p>	<p>. Слушают Анализируют. Задают вопросы Осуществляют самопроверку, взаимопроверку. Сравнивают. Называют основные позиции.</p>
5.	<p>Подведение итогов 5 мин.</p>	<p>5.1. Связывает результаты урока с его целями.</p> <p>5.2. Оценивает.</p> <p>5.3. Задает домашнее задание.</p> <p>5.4. Постановка дальнейших целей.</p>	<p>Слушают. Анализируют. Констатируют. Записывают домашнее задание.</p>

Приборы и принадлежности: железная трубка с подвижным поршнем, звуковой генератор, телефон, укрепленный к одному концу трубки, измерительная линейка.

СВОЙСТВА ЗВУКА

Звук представляет собой механическую волну производимой вибрирующим телом. Например, когда объект, такой как камертон или голосовые связки человека устанавливается в колебательное движение, окружающие молекулы воздуха встревожены и вынуждены следовать за движением колеблющегося тела. Вибрирующие молекулы в свою очередь, передают их движение соседним молекулам, вызывая колебательное возмущение распространяющееся от источника. Когда колебания воздуха достигают уха, они вызывают у барабанной перепонки вибрации; это вызывает нервные импульсы, которые интерпретируются мозгом.

Весь материал, передает звук в некоторой степени, но материальная среда, необходима между источником и приемником для распространения звука. Об этом свидетельствует хорошо известный эксперимент колокола в банке. Когда колокол в движении, его звук отчетливо слышен. Поскольку воздух откачивают из банки, звук колокола уменьшается и, наконец, колокол становится неслышным.

Есть две важные характеристики звука: интенсивность, которая определяется величиной сжатия и разрежения в среде, в которой распространяется звук и частота, которая определяется как частые сжатия и разрежения. Частота измеряется в циклах в секунду, которая обозначается единичным герц в честь ученого Генриха Герца. Символ для данной величины- Гц. (1 Гц = 1 цикл в секунду.)

Колебательное движение объектов может быть весьма сложным в результате чего звуки имеет сложный состав. Тем не менее, полезно проанализировать свойства звука с точки зрения простых синусоидальных колебаний, таких как он будет создан с помощью вибрирующего камертона Тип простого рисунка звука показано на рис. Он называется чистым тоном. Когда чистый тон распространяется через воздух, колебания давления из-за сжатий и разрежений имеют синусоидальную форму. Если бы мы могли были принять «снимок» звука в данный момент времени, мы увидели бы изменения давления в пространстве, которые также являются синусоидальными. (Такие картины на самом деле могут быть получены с помощью специальных методик.)

Некоторые свойства волн

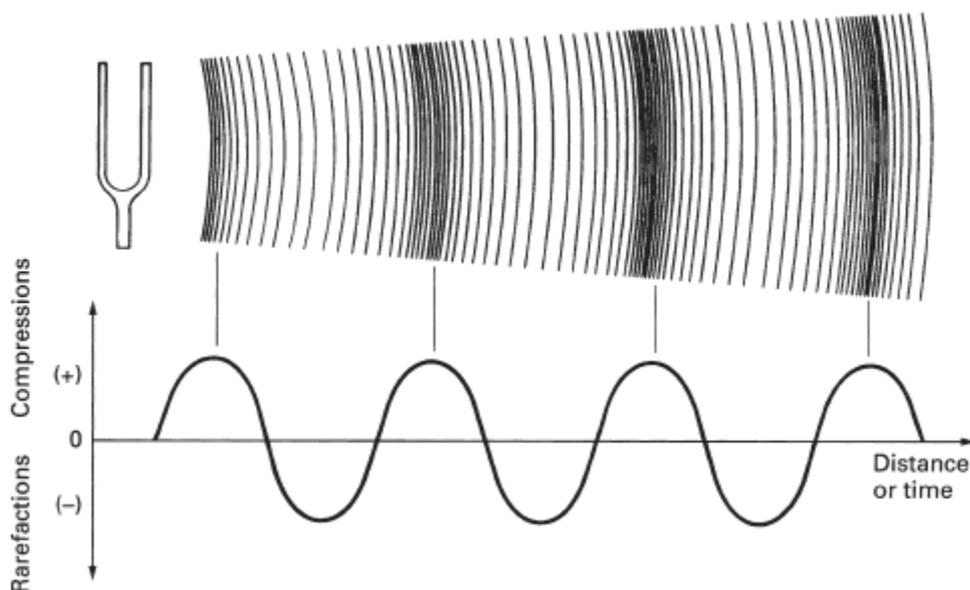


РИСУНОК . Синусоидальный звуковой сигнал, получаемый с помощью вибрирующего камертона.

В такой картине расстояние между ближайшими точками на равных звуковых волнах называется длиной волны λ . Скорость звуковой волны V зависит от материала, распространяющего звук. В воздухе при температуре 20°C , скорость звука составляет около $3,3 \times 10^4$ см / сек, и в воде, он составляет около $1,4 \times 10^5$ см / сек. В общем, соотношение между частотой, длиной волны и скоростью распространения определяется следующим уравнением:

$$v = \lambda \nu$$

Это соотношение между частотой, длиной волны и скоростью верно для всех типов волновых движений. Изменения давления в связи с распространяющимся звуком накладываются на давление окружающего воздуха. Таким образом, общее давление в канале синусоидальной звуковой волны имеет вид

$$P = P_a + P_o \sin 2\pi \nu t$$

где P_a давление окружающего воздуха (которое на уровне моря при 0°C составляет $1,01 \times 10^5$ Па = $1,01 \times 10^6$ дин / см²), P_o максимальное изменение давления ν является частотой звука. Количество энергии, передаваемой с помощью синусоидальной звуковой волны в единицу времени через каждую единицу площади, перпендикулярной к направлению распространения звука называется интенсивностью I и дается формулой

$$I = P^2 \cdot 2\rho v$$

Здесь ρ - плотность среды, v - скорость распространения звука.

НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА ВОЛН

Все волны, в том числе звук и свет, демонстрируют явления отражения, преломления, интерференции и дифракции. Эти явления, которые играют важную роль для слуха и зрения, они подробно описаны в большинстве основных текстов по физике. Здесь мы рассмотрим их лишь вкратце.

Отражение и преломление

Когда волна попадает на одну среду от другой, часть волны отражается на границе раздела, и его часть входит в среду. Если граница раздела между двумя средами является гладкой в масштабах длины волны (то есть неровности поверхности раздела меньше, чем λ), отражение является зеркальным (как зеркало). Если поверхность имеет неровности, которые больше, чем длина волны, отражение рассеивается. Примером является диффузное отражение света, отраженного от бумаги.

Если волна падает на границу под косым углом, направление распространения прошедшей волны в новой среде изменяется (см. 12.3). Это явление называется рефракцией. Угол отражения всегда равен углу падения, но угол преломленной волны, в общем, зависит от свойств двух сред. Доля энергии, передаваемой из одной среды в другую снова зависит от свойств сред и от угла падения. Для звуковой волны, падающей перпендикулярно к границе раздела, то отношение интенсивностей дается формулой:

$$I_t / I_i = 4\rho_1 v_1 \rho_2 v_2 / (\rho_1 v_1 + \rho_2 v_2)^2 \quad (12.4)$$

где индексными величинами являются скорость и плотность в двух средах. Решение уравнения 12.4 показало, что, когда звук распространяется в воздухе, он падает перпендикулярно к поверхности воды, только около 0,1% звуковой энергии входит в воду; 99,9% отражается. Доля звуковой энергии, поступающей в воду еще меньше, когда угол падения скошен. Вода является, таким образом, эффективным барьером для звука.

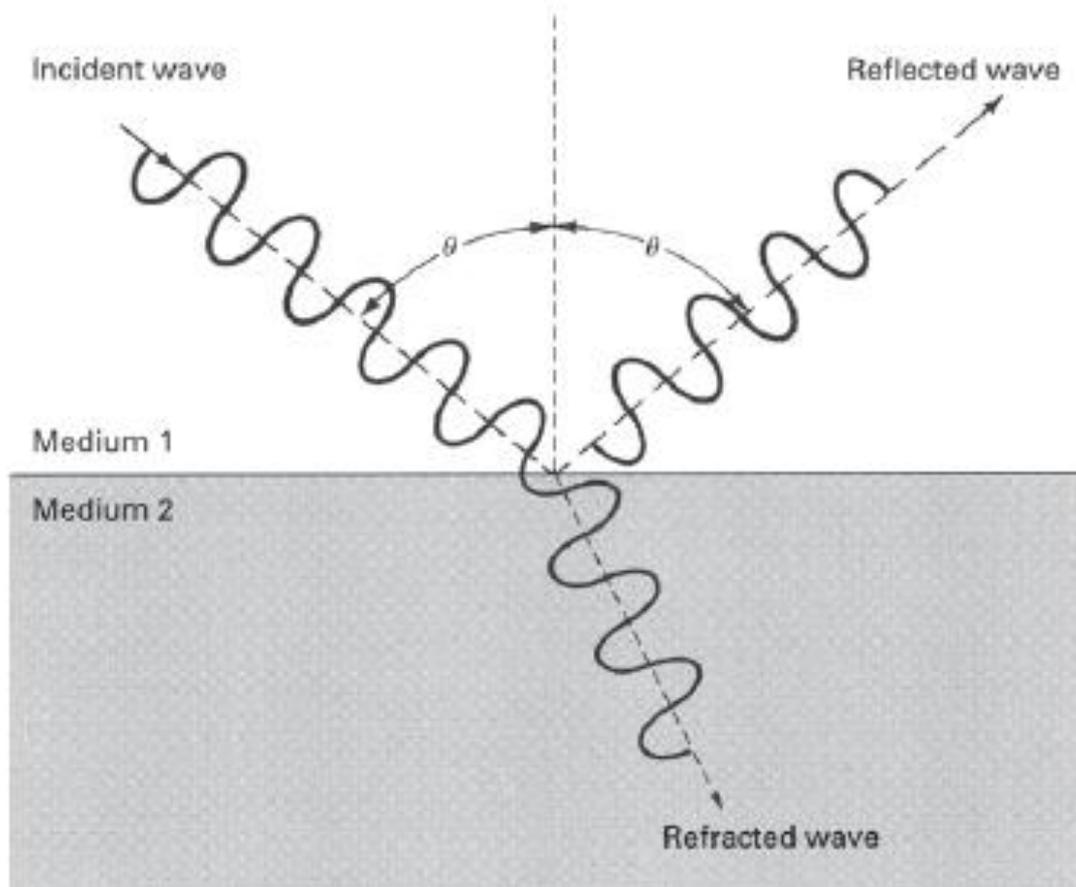
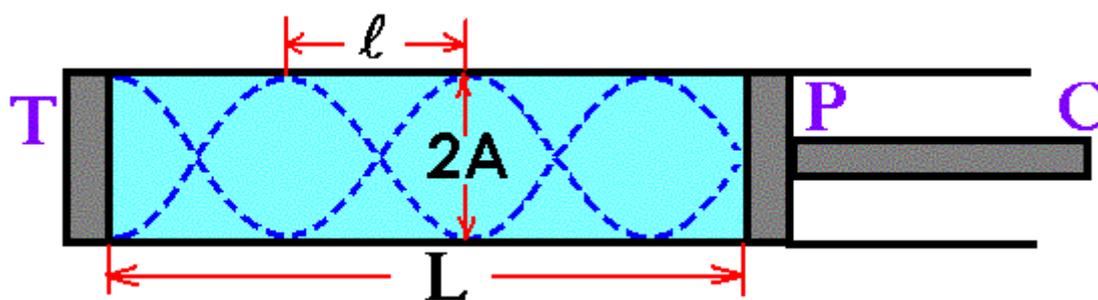


РИСУНОК . Иллюстрация отражения и преломления. (θ -является угол падения.)

В установке, состоящей из звукового генератора, телефона, железной трубки, в которой образуются стоячие волны, и подвижного поршня, звуковые волны распространяются только вдоль трубки.



Стоячие волны в трубке образуются:

1) из прямой волны; идущей от телефона к поршню;

2) из отраженной от поршня волны, фаза которой изменилась на обратную, т.к. отражение происходит от среды более плотной, причем амплитуда её меньше амплитуды прямой волны, а длина волны не изменилась;

3) из этой же отраженной волны, но уже отраженной от открытого конца трубки; фаза этой волны не меняется, т.к. воздух вне трубки акустически менее плотный, чем внутри трубки.

Для наблюдения акустического резонанса необходимо, чтобы все эти волны находились в одинаковой фазе. Это возможно только тогда, когда расстояние от начала трубки до поршня равно $(2n + 1) \cdot \lambda/4$, т.е. нечетному числу четвертей длины звуковой волны.

Таким образом, $L = (2n + 1) \cdot \lambda/4$ где, n - любое целое число.

Только при указанном условии у открытого конца трубки будет иметь место пучность стоячей волны и наблюдаться резкое усиление звука. Если постепенно отодвигать поршень от телефона, то будет последовательно слышно усиление и ослабление звука, т.е. будут образовываться стоячие волны, причем у поршня всегда будет узел, а у открытого конца трубки - пучность.

Находя из опыта расстояние между двумя пучностями стоячей волны, можно определить длину звуковой волны λ т.к. расстояние между двумя ближайшими пучностями

$$\ell = \lambda/2, \text{ то } \lambda = 2\ell \quad (I)$$

Следует отметить, что распространение звука в воздухе, осуществляемое продольными волнами, является адиабатическим процессом, а скорость звука выражается формулой

$$= \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho}} \quad (2)$$

где $\gamma = C_p/C_v$ (3) отношение удельных теплоемкостей воздуха при постоянном давлении C_p и при постоянном объеме C_v . Скорость звука зависит от температуры воздуха. Действительно:

$$\rho = \rho_0 / (1 + \alpha t^0)$$

где ρ_0 - плотность воздуха при 0°C , t^0 - температура воздуха в $^\circ\text{C}$,

α - термический коэффициент объемного расширения воздуха

($\alpha = 0,004$ 1/град), следовательно:

$$v_t = \sqrt{\gamma \frac{P}{\rho_0} (1 + \alpha t^0)} = v_0 \sqrt{1 + 0.004 t^0} \quad (5)$$

Значение v_t , т.е. скорость звука при данной температуре воздуха, можно определить, зная длину волны λ и частоту ν и по формуле $v_t = \lambda \cdot \nu$ (6).

Сравнивая равенства (5) и (6), легко получить формулу для определения скорости звука в воздухе при 0°C :

$$v_0 = \frac{v_t}{\sqrt{1 + 0.004 t^0}} \quad (7)$$

Порядок выполнения работы.

1. Включить звуковой генератор в сеть, задать частоту 800 или 1000 Гц.
2. Медленно и равномерно отодвигать поршень от телефона, отметить на стержне точки резкого усиления звука (пучности) по всей длине стержня.
3. Измерить линейкой расстояние между отметками, т.е. между пучностями звуковой волны. Опыт повторить 10 раз, полученные результаты l_1, l_2, \dots, l_{10} занести в рабочую таблицу.
4. Вычислить длину звуковой волны по формуле (I), полученные результаты $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_{10}$ также занести в рабочую таблицу.
5. Вычислить скорость звука при температуре опыта (при комнатной температуре) по формуле (6), результаты $v_{t1}, v_{t2}, v_{t3}, \dots, v_{t10}$ занести в рабочую таблицу.

6. Заполнив таким образом таблицу наблюдений, вычислить следующие величины: $v_{\text{сред.}}$, Δv_t , $\Delta^2 v_t$, E_{v_t} , D_{v_t} .

7. Записать истинное значение скорости звука в воздухе при комнатной температуре в следующем виде:

$$v_{t \text{ ист.}} = (v_{\text{ср.}} \pm E_{v_t}) \text{ м/с}$$

с указанием относительной ошибки в %: $D_{v_t} = \dots \%$

8. Вычислить скорость звука в воздухе при 0°C по формуле (7).

Таблица

№ п/п	Расстояние между пучностями в м ℓ	Длина волны в м. λ	Скорость звука $v = \lambda \nu$ (м/с)	Δv_t	$\Delta^2 v_t$
1					
2					
.					
.					
.					
10.					
Сред.					

Контрольные вопросы

1. Что называется гармоническим колебательным движением? Величины, характеризующие гармоническое колебательное движение (смещение, период, частота).

2. Выведите формулы смещения, скорости, ускорения, силы, энергии в гармоническом колебательном движении. Начертите графики смещения, скорости, ускорения. Чем они отличаются друг от друга?

3. При каких условиях возникает механический резонанс?

4. Объясните механизм волнового процесса в упругой среде.

5. Чем отличается колебательный процесс материальной точки от волнового процесса в упругой среде?
6. Чем поперечные волны отличаются от продольных?
7. Что называется длиной волны? Какими единицами измеряется частота и длина волны?
8. При каких условиях возникают стоячие волны? Чем они характеризуются?
9. Какое различие в амплитудах и фазах отдельных колеблющихся точек в проходящей и стоячей волнах?
10. Что такое звук, акустический резонанс?
11. Как зависит скорость звука от температуры? Напишите формулу.
12. В чем суть примененного Вами метода определения скорости звука?
13. От чего зависят сила, высота, тембр звука?
14. Как вычисляется погрешность в данной работе?
15. Объясните основы звуковых методов в клинике.

Ситуационные задачи

1. Наблюдатель, находящийся на берегу озера на расстоянии 800 м. от источника звука, воспринимает сначала звуковой сигнал пришедший по воде, а затем через 1,78 с – сигнала, пришедший по воздуху. Определите скорость распространения звука в воде. Температура воздуха 20° С
2. Человек находящийся на берегу реки, кричит своему товарищу. Через 1 с он слышит эхо, пришедшее с противоположного отвесного берега реки. Какова примерно ширина реки?

Тесты

1. Если частота колебаний равна 20 Гц, то, сколько колебаний совершится за 1 с?
 - А. 1
 - В. 2

- C. 10
 - D. 20
 - E. 200
2. Укажите единицы измерения частоты колебаний:
- A. 1/с, Гц
 - B. м
 - C. Бел
 - D. с
 - E. см
3. Скорость звука с ростом температуры:
- A. увеличивается
 - B. уменьшается
 - C. экспоненциально уменьшается
 - D. экспоненциально увеличивается
 - E. не изменяется
4. Скорость распространения звука зависит от:
- A. частота колебаний
 - B. температуры среды
 - C. упругости, плотности, температуры среды
 - D. амплитуды, громкости
 - E. высоты тона
5. Тембр - это качественная характеристика звука, определяющаяся:
- A. периодом колебаний
 - B. частотой
 - C. амплитудой
 - D. длиной волны
 - E. гармоническим спектром
6. Степень слухового ощущения характеризуется :
- A. громкостью
 - B. тембром
 - C. основным тоном
 - D. обертоном
 - E. высотой
7. Если температура воздуха увеличится на 1 градус, то скорость звука:
- A. уменьшится на 0,5 м/с
 - B. увеличится на 0,5 м/с
 - C. не изменится
 - D. увеличится на 0,5 см/с
 - E. уменьшится на 0,5 см/с
8. Плотность потока энергии звуковой волны есть:
- A. высота звука
 - B. звуковое давление
 - C. удельное акустическое сопротивление
 - D. вектор Умова или интенсивность
 - E. гармонический спектр
9. Продолжительность одного полного колебания - есть:

- A. амплитуда
 - B. частота колебаний
 - C. длина волны
 - D. период колебаний
 - E. разность фаз
10. Число колебаний в единицу времени - есть:
- A. частота колебаний
 - B. период колебаний
 - C. длина волны
 - D. разность фаз
 - E. амплитуда
11. Наибольшее по модулю смещение тела от положения равновесия - есть:
- A. амплитуда колебаний
 - B. длина волны
 - C. круговая частота
 - D. разность фаз
 - E. частота колебаний
12. Какой зависимостью связаны скорость волны и длина волны?
- A. обратной
 - B. прямой
 - C. экспоненциальной
 - D. логарифмической
 - E. не связаны
13. Звук какая волна?
- A. поперечная
 - B. продольная
 - C. гармоническая
 - D. бегущая
 - E. монохроматичная
14. Произведение ($\rho \cdot c$) называют:
- A. удельным акустическим импедансом
 - B. скоростью звука
 - C. силой звука
 - D. давлением звука
 - E. длиной волны
15. Произведению каких величин равна скорость звука?
- A. длины волны
 - B. частоты
 - C. λ
 - D. v (нью)
 - E. интенсивности
 - F. амплитуды
 - G. времени
 - H. плотности среды

Основная литература

1. Paul Davidovits “Physics in Biology and Medicine” 2013, стр 154-171
2. Ulrich Harten “Physik fur Mediziner” Springer 2011, стр.105-122

Дополнительная литература:

1. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика, М, 2007.
2. Методическое пособие по проведению практических занятий по биофизике. Т., 2015.
3. Антонов В.Ф. Биофизика, Учебник для студентов вузов, 3-изд.,
4. Владимиров Ю. А. и др. Биофизика. М., 1983.
5. Рубин А. Б. Биофизика. 1-2 т. М., 2004.
6. Эссаулова И.А. и др. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. М., 1987.
7. Костюк П. Г. И др. Биофизика. Киев.: 1983.
8. Волькенштейн М. В. Биофизика. М. 1981.
9. Тарусов Б. Н. и др. Биофизика. М., 1981.
10. Антонов В. Ф., Архарова Г. В., Песечник В. И. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1993.
11. Антонов В. Ф., Вознесенский С.А., Черныш А. М. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1991.
12. Рубин А. Биофизика клеточных процессов ,2-х т. Изд.МГУ, 2005.

Интернет сайты

<http://www.medbiophys.ru/>
<http://www.biophys.msu.ru/>
http://biophysics.spbstu.ru/useful_links
<http://medulka.ru/biofizika>
<http://www.library.biophys.msu.ru/>
<http://www.bio.fizteh.rg/>
<http://www.zone-x.ru/>
<http://www.knigi-o.com/>

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

ЗАНЯТИЕ № 10

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

ТЕМА: СНЯТИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ УХА НА ПОРОГЕ СЛЫШИМОСТИ. АУДИОМЕТРИЯ.

Технологическая модель обучения практического занятия

Время: 90мин	Число студентов: 12-14
Вид и форма учебного занятия	Практическое занятие
Структура учебного занятия	1. Введение. 2. Теоретическая часть 3. Практическая часть 4. Аналитическая часть
Цель занятия:	1. Изучить устройство аудиометра. 2. Ознакомиться с методом определения порога слышимости 3. Построить аудиограмму.
Задачи педагога: - дать основные характеристики звука; - дать понятие о звуковых методах исследования используемых в клинике. - Ознакомиться с методом определения порога слышимости; - Научить устройство аудиометра.	Результаты обучения: - получают понятие о звуковых физических методах исследования в клинике; - ознакомились с физикой слуха; - характеристиками слухового ощущения; - узнают о резонансе звуковой волны; - научатся определять погрешности измерения; - научатся анализировать и систематизировать.
Методы обучения	Лекция, мозговой штурм, рассказ, видеометод, лабораторное занятие, работа с книгой, диалог, учебные игры, пинборд, органайзер.
Формы обучения	Групповая работа, индивидуальная
Учебные средства	Доска-стенд, флипчарт, видеофильмы, писчая доска, модел, график, диаграммы, схема, заметки, контрольный листок, тексты.
Учебные условия	Учебная аудитория
Мониторинги оценка	Устный опрос : экспресс тест, письменный опрос

Технологическая карта учебного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа- ционная часть 5 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние исходных знаний по теме 15 мин.	2.1.Объясняет ключевые моменты 2.2. Проводит параллел с ранее изученным материалом. 2.3. Объясняет мониторинг контроля усвоения данной темы. 2.4. Организует беседу по технологии «Дискуссия» 2.5. Побуждает к высказыванию своего мнения. 2.6. Обеспечивает мотивацию выполнения практической части.	Вспоминает основные понятия. По одному коментируют. Записывают. Слушают Активно участвует при дискуссии Отвечают на вопросы.
3.	Основная часть 60 мин.	3.1. Формулирует задание. 3.2. Объясняет тему 3.3. Задаёт следующие вопросы: 1. Что представляет собой звук? Укажите физические характеристики звука. 2. Перечислите характеристики слухового ощущения и укажите, как они связаны с физическими характеристиками звука. 3. Сформируйте закон Вебера- Фехнера. 4. Укажите единицы уровня интенсивности и громкости звука. 5. Что называется аудиометрией? 6. Что представляет собой аудиометр? 3.4. Объясняет порядок выполнения лабораторной работы.	Слушают . Записывают Подчеркивают характеристики Отвечают на вопросы Озвучивают понятие Называют определения Приводят примеры Выполняют задание. Изучают прибор. Проводят измерения. Получают результаты Слушают Измеряют

		<p>3.5. Показывает как правильно работать с приборами.</p> <p>3.6. Контролирует выполнение работы.</p> <p>3.7. Побуждает к высказыванию своего мнения.</p> <p>3.8. Наводящими вопросами помогает выявить причинно-следственные связи различных параметров.</p>	<p>Получают результаты</p> <p>Заполняют таблицы.</p> <p>Формулируют конечный результат своей работы</p>
4.	<p>Укрепление темы</p> <p>10 мин.</p>	<p>4.1. Систематизирует данный материал.</p> <p>4.2. Уточняет основные моменты.</p> <p>4.3. Отвечает на вопросы .</p> <p>4.4. Организует самопроверку.</p> <p>4.5. Организует коллективную проверку.</p> <p>4.6. Акцентирует внимание на конечных результатах учебной деятельности.</p>	<p>Слушают</p> <p>Анализируют.</p> <p>Задают вопросы</p> <p>Осуществляют самопроверку, взаимопроверку.</p> <p>Сравнивают.</p> <p>Называют основные позиции.</p>
5.	<p>Подведение итогов</p> <p>5 мин.</p>	<p>5.1. Связывает результаты урока с его целями.</p> <p>5.2. Оценивает.</p> <p>5.3. Задает домашнее задание.</p> <p>5.4. Постановка дальнейших целей.</p>	<p>Слушают.</p> <p>Анализируют.</p> <p>Констатируют.</p> <p>Записывают домашнее задание.</p>

Приборы и принадлежности: аудиометр.

Распространяющиеся в воздухе упругие волны, достигнув человеческого уха, вызывают специфическое ощущение звука, если частота этих волн лежит в пределах от 20 до 20000 Гц. Поэтому такие волны называют звуковыми. Упругие волны с частотой, меньшей 20 Гц называют инфразвуком; волны с частотой, превышающей 20000 Гц, называют ультразвуком.

По форме и характеру волн, различают тоны (музыкальные звуки), шумы и звуковые удары.

Простым или чистым тоном называют звук, источник которого совершает гармоническое колебание. Основной характеристикой простого тона является частота. Она определяет высоту тона. Чем больше частота, т.е. меньше период колебаний, тем более высокий звук мы слышим.

Звуки издаваемые музыкальными инструментами, является сложными тонами. Сложный тон может быть разложен на простые тона. Наименьшая частота такого разложения соответствует основному тону ν , остальные - обертонам. Обертоны имеют частоту равные $2\nu, 3\nu, \dots$. В зависимости от того, обертоны каких частот имеются в данном звуке, звук приобретает определенный тембр, или окраску. Тембр музыкального звука определяется его спектром. Вследствие того, что звук имеет определенный тембр, можно отличить ноты, взятые на различных музыкальных инструментах, или голоса различных людей.

Шумом называют звук, состоящий из большого числа гармонических колебаний с разными частотами. Чем больше в спектре различных частот, тем больше звук приближается к шуму. Спектр шума является сплошным.

Звуковой удар - это кратковременное звуковое воздействие на слуховой орган (например, взрыв).

Звук может быть охарактеризован двумя системами физических величин: характеристиками, не зависящими от особенностей восприятия звука человеком (их можно назвать объективными), и такими, которые, наоборот, основываются на восприятии звука (их можно назвать субъективными).

Объективные характеристики звука. К ним относятся физические величины, которые описывают любой волновой процесс: 1) частота звука ν , измеряемая числом колебаний в секунду частиц среды, участвующих в волновом процессе (Гц); 2) интенсивность звука или плотность потока энергии т.е. количество энергии, переносимой волной за единицу времени через единицу площади поверхности перпендикулярной направлению движения этой волны. Единицей измерения интенсивности звука служит ватт на квадратный метр ($Вт/м^2$).

Интенсивность звука (I) связана со звуковым давлением (P) соотношением:

$$I = \frac{P^2}{2\rho c}$$

где ρ - плотность среды, в которой распространяется звук, c - скорость звука, $\rho c = R$ - акустическое сопротивление. Звуковое давление выражается в ньютонах на квадратный метр ($н/м^2$) или паскалях (Па).

Минимальная интенсивность звука, вызывающая у человека слуховое ощущение, называется порогом слышимости. Наименьшая интенсивность звука, при котором восприятие звука органами чувств вызывает болевое ощущение, называется порогом болевого ощущения. Порог болевого ощущения, как и порог слышимости, зависит от частоты звука. Вместе с тем на практике количественную характеристику звука в акустических

измерениях обычно дают в форме определения уровня интенсивности звука или уровня звукового давления.

Нормальное человеческое ухо воспринимает довольно широкий диапазон интенсивности звука: так например на частоте 1 кГц от $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² (порог слышимости) до $I = 10$ Вт/м (порог болевого ощущения). Отношения этих интенсивностей равно 10^{13} . Если какая либо величина изменяется в очень широком интервале значений, то удобно использовать логарифмическую шкалу и сравнить не сами величины, а их логарифмы. Так поступают, создавая шкалу уровней интенсивностей звука. Значение I_0 принимают за начальный уровень шкалы, любую другую интенсивность I выражают через десятичный логарифм ее отношения к I_0

$$L = \lg \frac{I}{I_0}$$

Логарифм отношения двух интенсивностей измеряется в белах (Б).

Наряду с белами широко применяются децибелы (дБ). В этом случае формулу следует записать так:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

Поскольку интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, то уровень давления вычисляют по формуле

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0}$$

Субъективные характеристики звука. К ним относятся высота тона, громкость, тембр.

Высота тона - это субъективная характеристика звука. Чем больше частота, тем выше тон воспринимаемого звука. В значительно меньшей степени высота зависит от сложности тона и его интенсивности.

Громкость - еще одна субъективная характеристика звука, которая характеризует уровень слухового ощущения. Несмотря на субъективность, громкость может быть оценена количественно путем сравнения слухового ощущения от двух источников.

В основе создания шкалы уровней громкости лежит психофизический закон Вебера-Фехнера. Согласно этому закону, если увеличивать раздражение в геометрической прогрессии (т.е. одинаковое число раз), то ощущение раздражения будет возрастать в арифметической прогрессии (т.е. на одинаковую величину). Математически это обозначает, что громкость звука пропорциональна логарифму интенсивности звука:

$$E = k \lg \frac{I}{I_0}$$

где k - некоторый коэффициент пропорциональности, зависящий от частоты и интенсивности.

Условно считают, что на частоте 1 кГц шкалы громкости и интенсивности звука полностью совпадают, т.е. $k=1$ и

$$E = \lg \frac{I}{I_0}$$

Для отличия от шкалы интенсивности звука в шкале громкости децибелы называют фонами (Φ).

Тембр - субъективная характеристика спектрального состава звука. Наиболее простым звуком является чистый тон. Под этим понимают слуховое ощущение, получаемого от простого гармонического колебания.

Более сложные звуки являются смесью тонов, результатом суперпозиции чистых тонов с частотами ν , 2ν , 3ν ,... Высота звука определяется основной частотой ν . Обертоны же с частотами 2ν , 3ν ,... создают тембр звука.

Исследование (определение остроты) слуха называется аудиометрией. Обычно определяют точки кривой порога слышимости при различных частотах колебаний. Потеря слуха определяется как разность между полученными данными и нормой. График, оказывающий эту разность в децибелах в зависимости от частоты колебаний, называется аудиограммой. Аудиометрия производится с помощью аппарата, называемого аудиометром.

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Аудиометр поликлинический АП-02 предназначен для определения порога слышимости человека. Определение порога слышимости осуществляется подачей испытуемым чистых тонов различной частоты и интенсивности. Регистрация результатов производится на бланке аудиограммы по ответам пациента путём нанесения точек в местах пересечения планок, связанных с переключателями частоты и интенсивности.

Электрическая схема прибора

выполнена на транзисторах и состоит из следующих каскадов: генератора электрических колебаний звуковой частоты 2, напряжение на который подаётся от сети через блок питания 1, переключателя частот 4 позволяющий получить гармонические колебаний

фиксированной частоты в диапазоне от 125 до 8000 Гц. Уровень интенсивности изменяется дискретно регулятором 3 с интервалом 5 дБ на каждой частоте диапазоне от 0 до 80 дБ. В наушниках 6 происходит преобразование электрических колебаний в звуковые. Переключатель наушников 5 позволяет, подавать сигнал отдельно на правый и левый наушники.

ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ.

Подключите в розетки задней стенки прибора вилки телефонов, микрофона, кнопки пациента и шнура питания. Установите на горизонтальной панели прибора бланк аудиограммы, подведя под планки переключателей и надев отверстиями на штыри. Переключатель частот установите на частоту 1000 Гц, с которой обычно начинают исследования. Планку переключателя интенсивности тона установите в положение, при котором отверстие в планке против установленной частоты находилось бы на уровне отметки «-10» по шкале «Понижение слуха, дБ». Установите органы управления в исходное положение: а) ручку переключения прерывания рода работ - в положение «В», б) ручку переключателя интенсивности маскирующего тона - в положение «Нет», в) ручку переключателя прерывания подачи тона - в направлении стрелки, г) ручку переключателя «Переговоры» - в положение противоположное направлению стрелки.

Вставьте вилку шнура питания в сетевую розетку. Клавишу включения сети переключите в направлении стрелки, при этом должна загореться индикаторная лампочка. После 10 минутного прогрева прибор готов к работе.

Посадите пациента так, чтобы он не видел органов управления прибора. Дайте пациентку «кнопку пациента» и объясните, что ее необходимо нажимать только тогда, когда он в телефоне слышит тон. Затем наденьте пациенту телефоны воздушной проводимости. Переключатель телефонов воздушной проводимости поставьте в положения, при котором цвет надписи «тон» соответствовал бы цвету чашки телефона со стороны исследуемого уха. После этого можно начать исследования.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подайте сигнал на один из наушников.
2. Установите частоту колебаний 125 Гц и, увеличивая интенсивность, звук от 0 дБ, зафиксируйте значение уровня интенсивности L , при котором «пациент» услышит звук. Измерения повторите три раза
3. Не меняя частоты, установите уровень интенсивности на 15-20 дБ выше I_0 и уменьшая интенсивность, зафиксируйте наименьший уровень интенсивности L при котором звук еще слышен. Измерения повторите три раза.

4. Аналогично определите L для всех частот аудиометра.
5. Данные измерений и вычислений занесите в таблицу.
6. Подайте сигнал на другой наушник и повторите действия заданий п.п. 2-6.

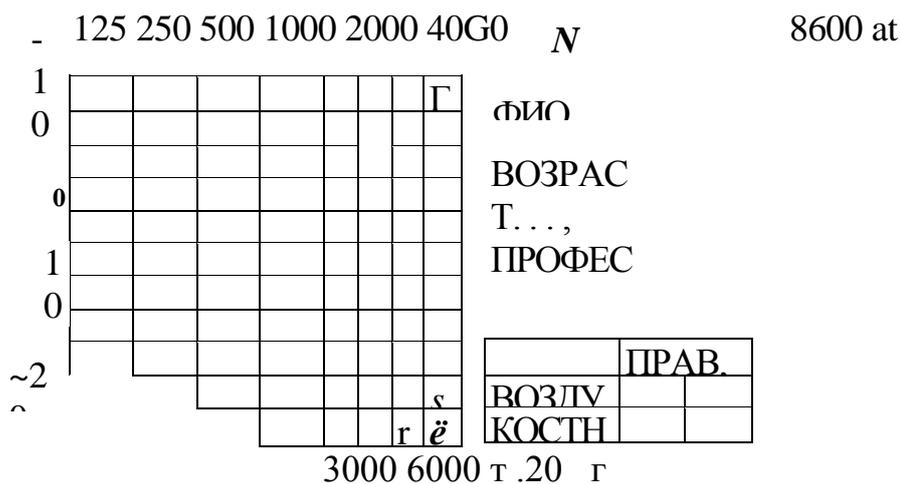
Таблица

V,	125		250		500		1000		2000		4000		6000		8000	
	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л
L_1																
L_2																
L_3																
L_4																
L_5																
L_6																
L_7																
M_1																

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ.

1. Соедините точки, получите аудиограмму для левого и правого уха исследуемого пациента.
2. Соберите у всех студентов группы данные и о их порогах слышимости L для правого и левого уха в зависимости от частоты.
3. По средним значениям порогов слышимости постройте аудиограмму и сравните со своей аудиограммой. Определите, на каких частотах пороги слышимости ваших ушей наиболее сильно отличаются от усредненных.

БЛАНК АУДИОГРАММЫ



ПОДПИСЬ

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.

1. Что представляет собой звук? Укажите физические характеристики звука.
2. Перечислите характеристики слухового ощущения и укажите, как они связаны с физическими характеристиками звука.
3. Сформируйте закон Вебера-Фехнера.
4. Укажите единицы уровня интенсивности и громкости звука.
5. Что называется аудиометрией?
6. Что представляет собой аудиометр?

Основная литература

1. Paul Davidovits “Physics in Biology and Medicine” 2013, стр.153-171
2. Ulrich Harten “Physik fur Mediziner” Springer 2011, стр.110-122

Дополнительная литература:

1. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика, М, 2007.
2. Методическое пособие по проведению практических занятий по биофизике. Т., 2015.
3. Антонов В.Ф. Биофизика, Учебник для студентов вузов, 3-изд.,
4. Владимиров Ю. А. и др. Биофизика. М., 1983.
5. Рубин А. Б. Биофизика. 1-2 т. М., 2004.
6. Эссаулова И.А. и др. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. М., 1987.
7. Костюк П. Г. И др. Биофизика. Киев.: 1983.
8. Волькенштейн М. В. Биофизика. М. 1981.
9. Тарусов Б. Н. и др. Биофизика. М., 1981.
10. Антонов В. Ф., Архарова Г. В., Песечник В. И. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1993.
11. Антонов В. Ф., Вознесенский С.А., Черныш А. М. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1991.
12. Рубин А. Биофизика клеточных процессов ,2-х т. Изд.МГУ, 2005.

Интернет сайты

<http://www.medbiophys.ru/>
<http://www.biophys.msu.ru/>
http://biophysics.spbstu.ru/useful_links
<http://medulka.ru/biofizika>
<http://www.library.biophys.msu.ru/>
<http://www.bio.fizteh.rr/>
<http://www.zone-x.ru/>
<http://www.knigi-o.com/>

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

ЗАНЯТИЕ № 11

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

**ТЕМА: ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА. ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА
НА ОРГАНИЗМ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА С
ПОМОЩЬЮ ПСИХРОМЕТРА АССМАНА**

Технологическая модель обучения практического занятия

Время: 90мин	Число студентов: 12-14
Вид и форма учебного занятия	Лабораторное занятие
Структура учебного занятия	1. Введение. 2. Теоретическая часть 3. Практическая часть 4. Аналитическая часть
Цель занятия:	Изучить термодинамические процессы, научиться определять соотношение теплоёмкостей газа методом Клемана-Дезорма.
Задачи педагога: - Объяснить термодинамические законы; - научить метод определения соотношения теплоёмкостей; - изучить адиабатический процесс; - Дать понятие о физических и биофизических методах исследования.	Результаты обучения: - узнают законы термодинамики ; -получат понятие о физических и биофизических методах исследования; - научатся определять соотношение теплоемкости; - научатся определять погрешности измерения; - научатся анализировать и систематизировать.
Методы обучения	Лекция, мозговой штурм, рассказ, видеометод, лабораторное занятие, работа с книгой, диалог, учебные игры, пинборд, органайзер.
Формы обучения	Групповая работа, индивидуальная
Учебные средства	Доска-стенд, флипчарт, видеофильмы, писчая доска, модел, график, диаграммы, схема, заметки, контрольный листок, тексты.

Учебные условия	Учебная аудитория
Мониторинги оценка	Устный опрос : экспресс тест, письменный опрос

Технологическая карта учебного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа- ционная часть 5 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние исходных знаний по теме 15 мин.	2.1.Объясняет ключевые моменты 2.2. Проводит параллел с ранее изученным материалом. 2.3. Объясняет мониторинг контроля усвоения данной темы. 2.4. Организует беседу по технологии «Дискуссия» 2.5. Побуждает к высказыванию своего мнения. 2.6. Обеспечивает мотивацию выполнения практической части.	Вспоминает основные понятия. По одному коментируют. Записывают. Слушают Активно участвует при дискуссии Отвечают на вопросы.
3.	Основная часть 60 мин.	3.1. Формулирует задание. 3.2. Объясняет тему 3.3. Задаёт следующие вопросы: I. Первое начало термодинамики и его применение к газовым процессам. 2.Что называется молярной теплоемкостью газа? 3.Что такое C_p , / C_v ? Напишите их уравнения. 4.Почему C_p больше C_v ? 5.Какой процесс называется адиабатическим, изохорическим, изобарическим и изотермическим? 6.Выведите рабочую формулу. 7.Что происходит с внутренней энергией при адиабатическом процессе?	Слушают . Записывают Подчеркивают характеристики Отвечают на вопросы Озвучивают понятие Называют определения Приводят примеры Выполняют задание. Изучают прибор. Проводят измерения. Получают результаты

		<p>8. Как вычисляют погрешность в данной работе?</p> <p>9. Второе начало термодинамики.</p> <p>3.4. Объясняет порядок выполнения лабораторной работы.</p> <p>3.5. Показывает как правильно работать с приборами.</p> <p>3.6. Контролирует выполнение работы.</p> <p>3.7. Побуждает к высказыванию своего мнения.</p> <p>3.8. Наводящими вопросами помогает выявить причинно-следственные связи различных параметров.</p>	<p>Слушают</p> <p>Измеряют</p> <p>Получают результаты</p> <p>Заполняют таблицы.</p> <p>Определяют адиабатическую постоянную по формуле</p> <p>Формулируют конечный результат своей работы</p>
4.	<p>Укрепление темы</p> <p>10 мин.</p>	<p>4.1. Систематизирует данный материал.</p> <p>4.2. Уточняет основные моменты.</p> <p>4.3. Отвечает на вопросы .</p> <p>4.4. Организует самопроверку.</p> <p>4.5. Организует коллективную проверку.</p> <p>4.6. Акцентирует внимание на конечных результатах учебной деятельности.</p>	<p>.</p> <p>Слушают</p> <p>Анализируют.</p> <p>Задают вопросы</p> <p>Осуществляют самопроверку.</p> <p>Сравнивают.</p> <p>Называют основные позиции.</p>
5.	<p>Подведение итогов</p> <p>5 мин.</p>	<p>5.1. Оценивает.</p> <p>5.2. Задает домашнее задание.</p>	<p>Слушают.</p> <p>Записывают домашнее задание.</p>

Приборы и принадлежности: психрометр Ассмана, сосуд с водой, пипетка.

Теоретическая часть

Абсолютная влажность определяется массой пара, находящегося в единице объема атмосферного воздуха. Она выражается в граммах на кубический метр.

Можно характеризовать абсолютную влажность иначе, указывая парциальное давление водяного пара, содержащегося в воздухе, часто называемое упругостью пара и обычно выражаемое в миллиметрах ртутного столба.

Относительной влажностью называется отношение абсолютной влажности в условиях опыта к тому наибольшему ее значению, которое бывает при температуре опыта в случае насыщения воздуха парами воды. Упругость и плотность водяных паров, насыщающих пространство при различных температурах, дают в специальных таблицах.

Существует несколько методов определения влажности, из которых чаще других употребляется метод определения влажности при помощи психрометра.

Этот прибор состоит из двух никелированных трубок для защиты от нагревания лучистой энергией двух термометров, помещенных внутри трубок. Один - сухой, находящийся в струе окружающего воздуха, измеряет температуру его. Второй - смоченный, его шарик обернули тонким слоем батиста, увлажненного водой. При обтекании его воздухом, движущимся с определенной скоростью, происходит испарение влаги тем энергичнее, чем суше окружающий воздух. Вместе с испарением, происходит охлаждение батиста, а значит и термометра. Охлаждения прекращается по достижении температуры, при которой потеря тепла на испарение восполняется притоком его из комнаты.

При установившемся режиме испарения, когда температура смоченного термометра тоже установится, приход тепла Q_1 извне будет равен расходу

тепла Q_2 на испарение воды с поверхности термометра. Тогда по закону Ньютона имеем:

$$Q_1 = BCS (t_1 - t_0)$$

где B – функция скорости движения воздуха, C – удельная теплоемкость воды, $(t_1 - t_0)$ – наблюдаемая разность температур, S – поверхность шарика термометра. Расход тепла Q_2 зависит от упругости водяных паров E , содержащихся в воздухе комнаты, абсолютной влажности ℓ , удельной теплоты парообразования δ , функции скорости движения воздуха A , атмосферного давления H , поверхности шарика термометра S , т.е.

$$Q_2 = AS\delta(E - \ell) / H$$

Так как приход тепла к шарик термометра равен его расходу, то

$$Q_1 = Q_2,$$

поставляя их значение $BCS (t_1 - t_0) = AS\delta(E - \ell) / H$

откуда $E - \ell = BCS (t_1 - t_0) / AS\delta H$

или $\ell = E - \alpha(t_1 - t_0)H$ (1),

$BC/A\delta = \alpha$ – постоянная психрометра.

Формула (1) носит название психрометрической формулой или формулой Ренью.

Порядок выполнения работы

1. Смачивают водой батист на резервуаре влажного термометра при помощи специальной пипетки.
2. Заводят вентилятор, плавно поворачивая головку завода.
3. Через 2-3 минуты после завода производят отсчет по сухому и влажному термометрам.

Опыт повторяют в аудитории 3 раза, в коридоре 3 раза и на открытом воздухе 3 раза.

Полученные данные занести в таблицу наблюдений.

Таблица

	№	Показания термометров		Н	Е	α	ℓ	ℓ_{cp}	$\Delta\ell$	f % cp	Δf
		Сухого t_1	Влажного t_0								
комната	1										
	2										
	3										
коридир	1										
	2										
	3										
улица	1										
	2										
	3										

Вычислить: ℓ_{cp} , $\Delta\ell$, $\Delta\ell_{cp}$, D_ℓ , f_{cp} , Δf , Δf_{cp} , D_f .

Контрольные вопросы

1. Что называется влажностью воздуха?
2. Что называется абсолютной влажностью?
3. Что называется относительной влажностью воздуха?
4. Что называется точкой росы?
5. Какие методы измерения влажности Вы знаете?
6. Выведите психрометрическую формулу (формулу Ренью).
7. Что такое гигрограф? Как он устроен и принцип его работы?
8. Как устроен психрометр Августа и Ассмана? Как устроен конденсационный гигрометр?

Ситуационные задачи

1. Объем минутной выдыхания воздуха у человека равен 8000см^3 .

Найти массу насыщенных водяных паров при выдохе человека за 1 час (37°C).

Ответ : ≈ 21 г.

2. Относительная влажность воздуха при температуре 20°C в комнате равен 60%. Найти число молекул водяных паров в 1м^3 объема.

Ответ : $\approx 3,5 \cdot 10^{23}$.

Тесты

1. Составить психрометрическую формулу Ренью:

- A. $\ell =$
- B. E
- C. -
- D. α
- E. $(t_1 - t_2)H$
- F. S
- G. d
- H. D
- I. F
- J. %

2. Относительная влажность выражается формулой:

- A. $f =$
- B. ℓ
- C. /
- D. E
- E. 100%
- F. H
- G. α
- H. S
- I. d
- J. D

3. Влажность воздуха измеряется:

- A. гигрометром
- B. психрометром
- C. гигрографом
- D. вискозиметром
- E. термометром

- Ф. барометром
4. Содержание водяного пара в воздухе характеризуется:
- А. абсолютной влажностью
 - В. относительной влажностью
 - С. 1 и f
 - Д. вязкостью
 - Е. поверхностным натяжением
 - Ф. давлением
5. Относительная влажность - это отношение следующих величин:
- А. абсолютная влажность
 - В. максимальная влажность
 - С. 1/Е
 - Д. барометрическое давление
 - Е. удельная теплота испарения
 - Ф. температура
6. Единица измерения абсолютной влажности:
- А. г/см³
 - В. мм.рт.ст.
 - С. Па
 - Д. %
 - Е. м³
 - Ф. градус

Основная литература

1. Paul Davidovits "Physics in Biology and Medicine" 2013
2. Ulrich Harten "Physik fur Mediziner" Springer 2011

Дополнительная литература:

1. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика, М, 2007.
2. Методическое пособие по проведению практических занятий по биофизике. Т., 2015.
3. Антонов В.Ф. Биофизика, Учебник для студентов вузов, 3-изд.,
4. Владимиров Ю. А. и др. Биофизика. М., 1983.
5. Рубин А. Б. Биофизика. 1-2 т. М., 2004.
6. Эссаулова И.А. и др. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. М., 1987.
7. Костюк П. Г. И др. Биофизика. Киев.: 1983.
8. Волькенштейн М. В. Биофизика. М. 1981.
9. Тарусов Б. Н. и др. Биофизика. М., 1981.
10. Антонов В. Ф., Архарова Г. В., Песечник В. И. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1993.
11. Антонов В. Ф., Вознесенский С.А., Черныш А. М. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1991.

12.Рубин А. Биофизика клеточных процессов ,2-х т. Изд.МГУ, 2005.

Интернет сайты

<http://www.medbiophys.ru/>

<http://www.biophys.msu.ru/>

http://biophysics.spbstu.ru/useful_links

<http://medulka.ru/biofizika>

<http://www.library.biophys.msu.ru/>

<http://www.bio.fizteh.ru/>

<http://www.zone-x.ru/>

<http://www.knigi-o.com/>

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

ЗАНЯТИЕ № 12

Практическое занятие

ТЕМА: ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ. ТЕРМИСТОР.
ГРАДУИРОВКА ТЕРМОПАРЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ЕЁ В КАЧЕСТВЕ
ТЕРМОМЕТРА.

Технологическая модель обучения практического занятия

Время: 90мин	Число студентов: 12-14
Вид и форма учебного занятия	Практическое занятие
Структура учебного занятия	1. Введение. 2. Теоретическая часть 3. Практическая часть 4. Аналитическая часть
Цель занятия:	1. Научить градуировать термоустановку и определять ее чувствительность; 2. Научить использовать термоустановку для определения температуры в разных точках тела.
Задачи педагога: - Объяснить термоэлектрические явление; - Изучить термистор; - дать понятие о градуировки термопары; - Научить использовать термоустановку для определения температуры в разных точках тела.	Результаты обучения: - узнают о термоэлектрических явлениях; - знакомятся с термопарой; - научить использовать термоустановку для определения температуры в разных точках тела; - научить градуировать термоустановку и определять ее чувствительность научиться определять погрешности измерения; - построят график зависимости параметров; - научиться анализировать и систематизировать.
Методы обучения	Лекция, мозговой штурм, рассказ, видеометод, лабораторное занятие, работа с книгой, диалог, учебные игры, пинборд, органайзер.
Формы обучения	Групповая работа, индивидуальная
Учебные средства	Доска-стенд, флипчарт, видеофильмы, писчая доска, модел, график, диаграммы, схема, заметки, контрольный листок, тексты.
Учебные условия	Учебная аудитория
Мониторинги оценка	Устный опрос : экспресс тест, письменный опрос

Технологическая карта учебного занятия

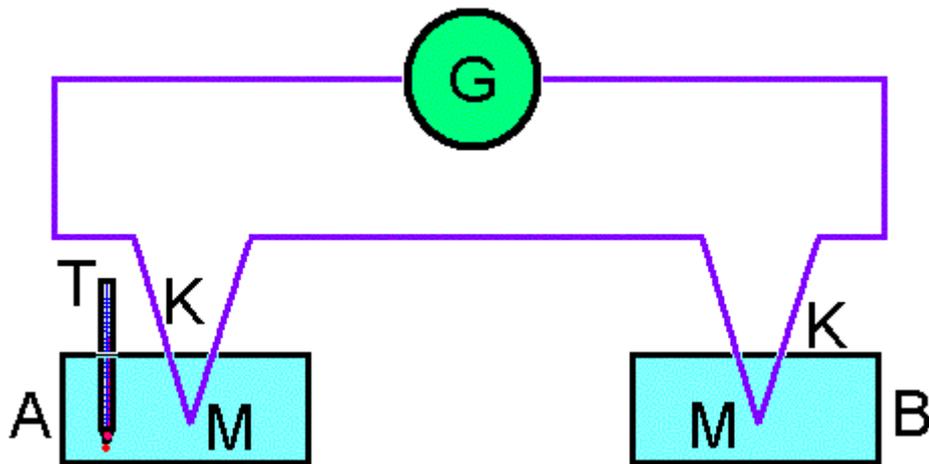
№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа- ционная часть 5 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние исходных знаний по теме 15 мин.	2.1.Объясняет ключевые моменты 2.2. Проводит параллель с ранее изученным материалом. 2.3. Объясняет мониторинг контроля усвоения данной темы. 2.4. Организует беседу по технологии «Дискуссия» 2.5. Побуждает к высказыванию своего мнения. 2.6. Обеспечивает мотивацию выполнения практической части.	Вспоминает основные понятия. По одному комментируют. Записывают. Слушают Активно участвует при дискуссии Отвечают на вопросы.
3.	Основная часть 60 мин.	3.1. Формулирует задание. 3.2. Объясняет тему 3.3. Задаёт следующие вопросы: 1.В чем заключается явление термоэлектричества, как воз- никает термоток? 2.Какими причинами обусловлена внутренняя и внешняя контактная разность потенциалов? 3.Что такое термопара (термоэлемент)? 4.Почему при одной и той же разности температур различные термопары имеют разные ЭДС? 5.Какую форму имеет график градуировки термоустановки и как по этому графику определить искомую температуру? Как определить искомую температуру без графика? 6. Что такое медицинский термометр сопротивления, на чем основано измерение	Слушают . Записывают Подчеркивают характеристики Отвечают на вопросы Озвучивают понятие Называют определения Приводят примеры Выполняют задание. Изучают прибор. Проводят измерения. Получают результаты Слушают Измеряют

		<p>температуры этим термометром? Что такое термистор? 7. Что Вы знаете о термоэлектрических явлениях в полупроводниках: а) полупроводниковая термопара, б) явление Пельтье. Где они применяются?</p> <p>3.4. Объясняет порядок выполнения лабораторной работы. 3.5. Показывает как правильно работать с приборами. 3.6. Контролирует выполнение работы. 3.7. Побуждает к высказыванию своего мнения. 3.8. Наводящими вопросами помогает выявить причинно-следственные связи различных параметров.</p>	<p>Получают результаты</p> <p>Заполняют таблицы. Определяют чувствительность измерительного прибора.</p> <p>Рисует график зависимости определенных параметров.</p> <p>Формулируют конечный результат своей работы</p>
4.	<p>Укрепление темы 10 мин.</p>	<p>4.1. Систематизирует данный материал. 4.2. Уточняет основные моменты. 4.3. Отвечает на вопросы . 4.4. Организует самопроверку. 4.5. Организует коллективную проверку. 4.6. Акцентирует внимание на конечных результатах учебной деятельности.</p>	<p>Слушают Анализируют. Задают вопросы Осуществляют самопроверку. Сравнивают. Называют основные позиции.</p>
5.	<p>Подведение итогов 5 мин.</p>	<p>5.1. Оценивает. 5.2. Задает домашнее задание.</p>	<p>Слушают. Записывают домашнее задание.</p>

Приборы и принадлежности: Термоустановка (2 термопары, опущенные в сосуды с водой, гальванометр, термометр).

Порядок выполнения работы

I. Собрать установку по схеме



М - медный проводник термопар,

К - проводник из константана,

А и Б - сосуды для воды, в которые опущены термопары,

G- гальванометр

T- термометр

2. Налить в сосуды А и Б водопроводной воды (до половины сосуда), и опустить в них термопары.

3. В сосуд А опустить термометр. Измерить температуру. Это будет начальная температура для обоих сосудов (t_0).

4. Долить в сосуд А горячей воды так, чтобы температура в сосуде поднялась на $6-5^\circ$. Подождать, пока температура установится и записать ее в значение в таблицу. Записать также соответствующее этой температуре показания гальванометра.

5. Долить горячую воду нужно несколько раз и каждый раз измерять температуру и показания гальванометра.

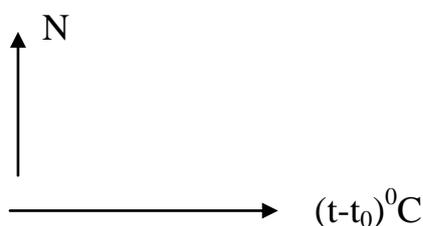
6. Доливать в сосуд А холодную воду так, чтобы температура в нем уменьшалась при каждом добавлении, на 5-6°. Доливать холодную воду надо до тех пор, пока стрелка гальванометра не вернется к нулю.

7. При каждом доливании холодной воды измерить температуру в сосуде А (t_A) и показание гальванометра (N) и записать в таблицу.

8. Вычислить разность температур $(t-t_0)^{\circ}\text{C}$ в сосудах А и Б и чувствительность термоустановки $n = \frac{N}{(t-t_0)^{\circ}}$ (дел / $^{\circ}\text{C}$)

9. Вычислить среднее значение чувствительности термоустановки $n_{\text{ср}}$

10. Построить градуировочный график зависимости N от $(t-t_0)^{\circ}\text{C}$.



II. Определить температуру точек тела. Для этого спай термопары из сосуда А приложить последовательно к носу, к правой руке, к левой руке и записать полученные значения показаний гальванометра.

N носа =делений

N прав. руки =делений

N лев. руки =делений

12. По этим показаниям из градуировочного графика определить температуру носа, правой и левой рук:

t носа =

t пр.р. =

t л.р. =

13. Проверить полученные данные вычислением по формулам:

$$t_{\text{нос}} = t_0 + N_{\text{н}} / n_{\text{сп}}$$

$$t_{\text{пр.р}} = t_0 + N_{\text{пр.р}} / n_{\text{сп}}$$

$$t_{\text{л.р}} = t_0 + N_{\text{л.р}} / n_{\text{сп}}$$

Таблица

№	$t^{\circ}\text{C}$ (сосуда А)	$t_0^{\circ}\text{C}$ (сосуда Б)	$(t-t_0)^{\circ}\text{C}$	$N_{\text{дел}}$	$n \text{ дел}/^{\circ}\text{C}$
1.					
2.					
3.					
4.					
5					

Контрольные вопросы.

1. В чем заключается явление термоэлектричества, как возникает термоток?
2. Какими причинами обусловлена внутренняя и внешняя контактная разность потенциалов?
3. Что такое термопара (термоэлемент)?
4. Почему при одной и той же разности температур различные термопары имеют разные ЭДС?
5. Какую форму имеет график градуировки термоустановки и как по этому графику определить искомую температуру? Как определить искомую температуру без графика?
6. Что такое медицинский термометр сопротивления, на чем основано измерение температуры этим термометром? Что такое термистор?
7. Что Вы знаете о термоэлектрических явлениях в полупроводниках:
 - а) полупроводниковая термопара,

б) явление Пельтье. Где они применяются?

Ситуационные задачи

1. Э.д.с. термопары при температурах холодного и горячего спаев 0°C и 100°C равна

5 мВ. В интервале от 0°C до 100°C э.д.с. термопары находится в линейной зависимости от температур спаев. Начертить график зависимости термоэлектродвижущей силы от разности температур спаев. Какова э.д.с. при $\Delta t_1 = 0^{\circ}\text{C}$ и $\Delta t_2 = 60^{\circ}\text{C}$?

Ответ: ≈ 0 и 3 мВ

2. Найти э.д.с. термогенератора, составленного из 20 термопар, если температуры спаев 500°C и 0°C и коэффициент термоэлектродвижущей силы $k \approx 1000$ мкВ/град.

Ответ: ≈ 10 В.

Тесты

1. Что называется термопарой?

- А. два одинаковых проводника спаянных вместе
- Б. два разных проводника спаянных вместе
- В. два разных проводника неспаянных вместе

2. Чему равен ЭДС (ε_t) термопары?

- А. $\varepsilon_t = c (T_2 - T_1)$
- Б. $\varepsilon_t = c (T_2 + T_1)$
- В. $\varepsilon_t = c (T_2 \cdot T_1)$
- Г. $\varepsilon_t = c T_2/T_1$

3. Что означает n в этой формуле: $n = n_0 e^{-\frac{E_a}{kT}}$?

- А. свободного протона
- Б. свободного электрона
- В. свободного атома

Г. свободного заряда

4. Как называется несколько термопар соединенных последовательно?.

А). Термобатарея Б) термоустановка В) термосопротивление

1. АБВ 2. БВ 3. В 4. АБ

5. С повышением температуры сопротивление полупроводника

А. повышается

Б. понижается

В. не меняется

6. При градуировки термопары используемая прибор это

А. вольтметр

Б. гальванометр

В. амперметр

Г. омметр

7. От чего зависит внутренняя контактная разность потенциалов?

А. от температуры

Б. от число свободных электронов

В. от число ионов

Г. все ответы верны

1. АБВГ 2. АБВ 3. АБ 4. ВГ

8. Величина термоэлектродвижущей силы зависит от

А. разности температур между контактов

Б. соединенных последовательно нескольких термопар

В. соединенных параллельно нескольких термопар

1. АВ 2. АБ 3. БВ 4. ВБА

9. Как называется процесс обратное термоэлектричеству?

А. Пельтье

Б. термоэмиссия

В. диффузия

10. Какие термопары Вы знаете?

А. Полупроводниковые Б. Металлические В. электролитические

1. АВ 2. БВ 3. АВ 4. АВВ

Основная литература

1. Paul Davidovits “Physics in Biology and Medicine” 2013
2. Ulrich Harten “Physik für Mediziner” Springer 2011

Дополнительная литература:

1. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика, М, 2007.
2. Методическое пособие по проведению практических занятий по биофизике. Т., 2015.
3. Антонов В.Ф. Биофизика, Учебник для студентов вузов, 3-изд.
4. Владимиров Ю. А. и др. Биофизика. М., 1983.
5. Рубин А. Б. Биофизика. 1-2 т. М., 2004.
6. Эссаулова И.А. и др. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. М., 1987.
7. Костюк П. Г. И др. Биофизика. Киев.: 1983.
8. Волькенштейн М. В. Биофизика. М. 1981.
9. Тарусов Б. Н. и др. Биофизика. М., 1981.
10. Антонов В. Ф., Архарова Г. В., Песечник В. И. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1993.
11. Антонов В. Ф., Вознесенский С.А., Черныш А. М. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1991.
12. Рубин А. Биофизика клеточных процессов, 2-х т. Изд. МГУ, 2005.

Интернет сайты

<http://www.medbiophys.ru/>
<http://www.biophys.msu.ru/>
http://biophysics.spbstu.ru/useful_links
<http://medulka.ru/biofizika>
<http://www.library.biophys.msu.ru/>
<http://www.bio.fizteh.ru/>
<http://www.zone-x.ru/>
<http://www.knigi-o.com/>

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

ЗАНЯТИЕ № 14

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

**ТЕМА: ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК. ИМПЕДАНС. ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ИНДУКТИВНОСТИ И ЕМКОСТИ В ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА
НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ.**

Технологическая модель обучения практического занятия

Время: 90мин	<i>Число студентов:</i> 12-14
Вид и форма учебного занятия	Практическое занятие
Структура учебного занятия	1. Введение. 2. Теоретическая часть 3. Практическая часть 4. Аналитическая часть
Цель занятия:	Научиться определять L и C в цепи переменного тока частотой 50 Гц.
Задачи педагога: -Дать основные понятие переменного тока; Научить: - последовательное соединение; - параллельное соединение; -определять индуктивность катушки; - ёмкость конденсатора	Результаты обучения: - узнают о переменном токе; - приобретают навык последовательного и параллельного соединений; - Научатся определять L и C в цепи переменного тока частотой 50 Гц; - научатся анализировать и систематизировать.
Методы обучения	Лекция, мозговой штурм, рассказ, видеометод, лабораторное занятие, работа с книгой, диалог, учебные игры, пинборд, органайзер.
Формы обучения	Групповая работа, индивидуальная
Учебные средства	Доска-стенд, флипчарт, видеофильмы, писчая доска, модел, график, диаграммы, схема, заметки, контрольный листок, тексты.
Учебные условия	Учебная аудитория
Мониторинги оценка	Устный опрос : экспресс тест, письменный опрос

Технологическая карта учебного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа- ционная часть 5 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние исходных знаний по теме 15 мин.	2.1.Объясняет ключевые моменты 2.2. Проводит параллель с ранее изученным материалом. 2.3. Объясняет мониторинг контроля усвоения данной темы. 2.4. Организует беседу по технологии «Дискуссия» 2.5. Побуждает к высказыванию своего мнения. 2.6. Обеспечивает мотивацию выполнения практической части.	Вспоминает основные понятия. По одному комментируют. Записывают. Слушают Активно участвует при дискуссии Отвечают на вопросы.
3.	Основная часть 60 мин.	3.1. Формулирует задание. 3.2. Объясняет тему 3.3. Задаёт следующие вопросы: 1. Какой ток называется переменным? 2. Что такое индуктивность? Единицы измерения. 3. Показать, чему равен сдвиг фаз между током и напряжением в цепи с индуктивностью. 4. Что такое конденсатор? Формула емкости плоского кон- денсатора. Чему равна емкость при последовательном и параллельном соединении конденсаторов? 5. Показать, чему равен сдвиг фаз между током и напряжением в цепи с конденсатором. 6. Что называется индуктивным и емкостным сопротивлением? Чему равно полное сопротивление (импеданс) в цепи переменного тока? 7.Закон Ома для полной цепи	Слушают . Записывают Подчеркивают характеристики Отвечают на вопросы Озвучивают понятие Называют определения Приводят примеры Выполняют задание. Изучают прибор.

		<p>переменного тока.</p> <p>8. Эквивалентные электрические схемы тканей и импеданс тканей организма.</p> <p>9. Резонанс в цепи переменного тока.</p> <p>3.4. Объясняет порядок выполнения лабораторной работы.</p> <p>3.5. Показывает как правильно работать с приборами.</p> <p>3.6. Контролирует выполнение работы.</p> <p>3.7. Побуждает к высказыванию своего мнения.</p> <p>3.8. Наводящими вопросами помогает выявить причинно-следственные связи различных параметров.</p>	<p>Проводят измерения.</p> <p>Получают результаты</p> <p>Измеряют</p> <p>Получают результаты</p> <p>Заполняют таблицы.</p> <p>Определяют индуктивность катушки.</p> <p>Определяют ёмкость конденсатора</p> <p>Формулируют конечный результат своей работы</p>
4.	Укрепление темы 10 мин.	<p>4.1. Систематизирует данный материал.</p> <p>4.2. Уточняет основные моменты.</p> <p>4.3. Отвечает на вопросы .</p> <p>4.4. Организует самопроверку.</p> <p>4.5. Организует коллективную проверку.</p> <p>4.6. Акцентирует внимание на конечных результатах учебной деятельности.</p>	<p>Слушают</p> <p>Анализируют.</p> <p>Задают вопросы</p> <p>Осуществляют самопроверку.</p> <p>Сравнивают.</p> <p>Называют основные позиции.</p>
5.	Подведение итогов 5 мин.	<p>5.1. Оценивает.</p> <p>5.2. Задает домашнее задание.</p>	<p>Слушают.</p> <p>Записывают домашнее задание.</p>

Приборы и принадлежности: Потенциометр с вольтметром, амперметр, катушка индуктивности, конденсатор, соединительные провода, ключ.

Краткая теория

Закон Ома цепи переменного тока, содержащей последовательно соединенные активное сопротивление R , индуктивное сопротивление X_L и емкостное сопротивление X_C имеет вид: $I=U/Z$, где Z -полное сопротивление (импеданс) в цепи переменного тока.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}, \text{ причем } X_L = \omega L; X_C = 1/\omega C$$

ω - круговая частота, $\omega = 2\pi\nu$. При $\nu = 50$ Гц, $\omega = 314$ Гц.

Если цепь состоит из активного сопротивления R и индуктивного сопротивления X_L , то импеданс

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}, \text{ откуда } X_L^2 = Z^2 - R^2 \text{ и } X_L = \sqrt{Z^2 - R^2} \text{ т.к. } X_L = \omega L,$$

то

$$L = X_L / \omega - \text{рабочая формула 1.}$$

Если цепь состоит из активного сопротивления R , емкостного X_C и индуктивного X_L , то емкостное сопротивление можно рассчитать так:

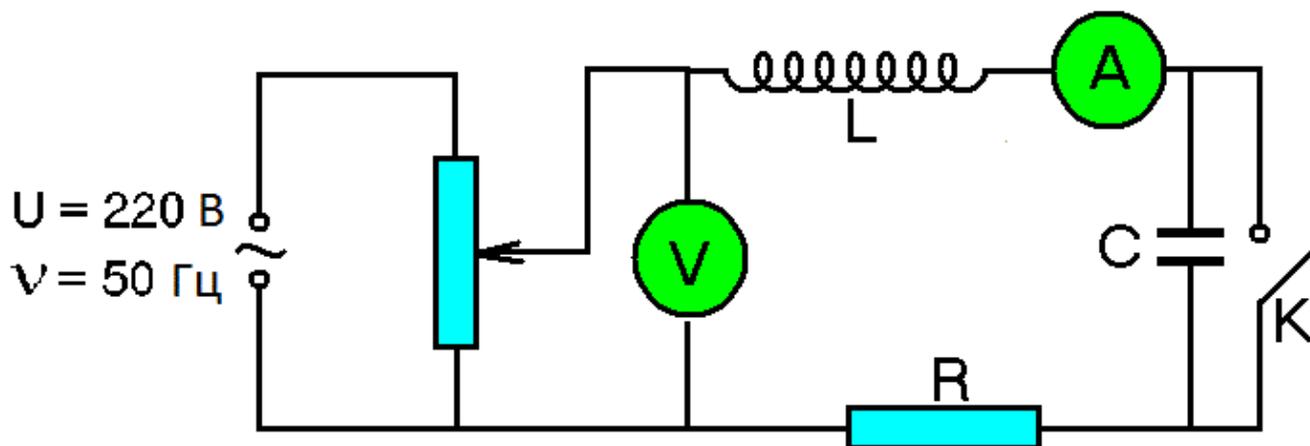
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}; \quad Z^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2; \quad X_C = X_L \pm \sqrt{Z^2 - R^2}$$

а т.к. $X_C = 1/\omega C$, то $C = 1/\omega X_C$

$$C = 1/\omega (X_L \pm \sqrt{Z^2 - R^2})$$

$C = 1/\omega X_C$ – рабочая формула 2 .

Принципиальная схема установки дана на рис.



Порядок выполнения работы.

а) Определение X_L и L

1. При помощи ключа K зашунтировать конденсатор C (т.е. замкнуть ключ K) и включить схему в цепь переменного тока.
2. Подавая в цепь при помощи регулятора напряжения **60, 80, 100 В**, измерить ток I .
3. Рассчитать значения полного сопротивления Z по формуле $Z=U/I$
4. Рассчитать X_L и L по формулам $X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}$; $L = X_L / \omega$; $\omega = 2\pi\nu$.
Причем учесть, что $R = 12 \text{ Ом}$.
5. Результаты занести в таблицу I.

Таблица 1

№	U(В)	I (А)	Z(Ом)	X_L (Ом)	L (Г)	ΔL (Г)
1.	60					
2.	80					
3.	100					
					$L_{\text{ср.}}$	$\Delta L_{\text{ср.}}$

6. Рассчитать абсолютную и относительную погрешность для L , записать истинное значение L с учетом погрешности.

$$L_{\text{ист}} = (L_{\text{ср}} + \Delta L_{\text{ср}}) \text{ Г};$$

$$D_L = (\Delta L_{\text{ср}} / L_{\text{ср}}) 100\%$$

б) Определение X_C и C

1. Разомкнуть ключ **К**.
2. Подать в цепь **50, 70, 90 В**, измерить I . Рассчитать. $Z=U/I$
3. Рассчитать X_C и C по формулам: $X_C=X_L \pm \sqrt{Z^2 - R^2}$; $C=1/\omega X_C$
4. При расчетах X_C брать знак "+" перед корнем.
5. Результаты занести в таблицу 2.

Таблица 2

№	U(В)	I (А)	Z(Ом)	X_C Ом)	C (Ф)	ΔC (Ф)
1.	50					
2.	70					
3.	90					
					$C_{\text{ср.}}$	$\Delta C_{\text{ср.}}$

6. Рассчитать абсолютную и относительную погрешности для C , записать результат с учетом погрешности. $C_{\text{ист}} = C_{\text{ср}} \pm \Delta C_{\text{ср.}}$

$$D_c = (\Delta C_{\text{ср}} / C_{\text{ср}}) \cdot 100\%$$

Контрольные вопросы

1. Какой ток называется переменным?
2. Что такое индуктивность? Единицы измерения.
3. Показать, чему равен сдвиг фаз между током и напряжением в цепи с индуктивностью.
4. Что такое конденсатор? Формула емкости плоского конденсатора. Чему равна емкость при последовательном и параллельном соединении конденсаторов?

5. Показать, чему равен сдвиг фаз между током и напряжением в цепи с конденсатором.
6. Что называется индуктивным и емкостным сопротивлением? Чему равно полное сопротивление (импеданс) в цепи переменного тока?
7. Закон Ома для полной цепи переменного тока.
8. Эквивалентные электрические схемы тканей и импеданс тканей организма.
9. Резонанс в цепи переменного тока.

Ситуационные задачи

1. Определить ёмкостное сопротивление конденсатора ёмкостью 40 мкФ при частоте переменного тока 1 кГц и 1 МГц.

Ответ: $\approx 4 \text{ Ом}$, $\approx 0,004 \text{ Ом}$

2. Определить индуктивное сопротивление катушки, если индуктивность ее 2 Гн, а частота переменного тока 500 Гц.

Ответ: $\approx 6280 \text{ Ом}$.

Тесты

1. Что означает C , в формуле емкостного сопротивления $X_c = 1/\omega C$ - для БМ?
 - А. емкость
 - В. сопротивление
 - С. индуктивность
 - Д. концентрацию
 - Е. электропроводность ионы связанные электроны
2. Что означает L , в формуле $X(L) = \omega L$ - для индуктивного сопротивления?
 - А. индуктивность катушки
 - В. емкость
 - С. сопротивление
 - Д. частоту
 - Е. ЭДС
3. Какое сопротивление переменному току отсутствует в тканях?
 - А. индуктивное
 - В. емкостное
 - С. активное
 - Д. омическое
 - Е. емкостное и индуктивное
4. Если удельное сопротивление тканей увеличится, то электропроводность:
 - А. уменьшится
 - В. увеличится
 - С. не изменится

- D. экспоненциально увеличится
 E. экспоненциально уменьшится
5. Что означает ω (омега) в формуле $X_c=1/\omega C$ для емкостного сопротивления тканей?
- A. круговая частота
 B. частота постоянного тока
 C. собственная частота
 D. вектор Умова-Пойнтинга
 E. энергия
6. Чем характеризуется резонанс напряжений в цепи переменного тока?
- A. $X(L)=X(C)$
 B. $\omega L=\omega C$
 C. $Z=R$
 D. $X(L)=0$
 E. $X(C)=0$
 F. $Z=0$
7. Из каких компонентов состоит реактивное сопротивление?
- A. $X(L)-X(C)$
 B. $X(C)=1/\omega C$
 C. $X(L)=\omega L$
 D. $X(L)=\omega C$
 E. $X(L)=1/\omega C$
 F. R
8. Эффективное (действующее) значение силы переменного тока равна
- A. $0,71 \cdot I_m$
 B. $I_m/\sqrt{2}$
 C. $I_m/1,41$
 D. $0,71 \cdot I_o$
 E. $0,71 \cdot U_m$
 F. $U_m/\sqrt{2}$
9. Эффективное (действующее) значение напряжения переменного тока равна
- A. $0,71 \cdot U_m$
 B. $U_m/\sqrt{2}$
 C. $U_m/1,41$
 D. $0,71 \cdot I_m$
 E. $I_m/\sqrt{2}$
 F. $U_o/2$

Основная литература

1. Paul Davidovits "Physics in Biology and Medicine" 2013
2. Ulrich Harten "Physik für Mediziner" Springer 2011, стр. 172-186

Дополнительная литература:

1. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика, М, 2007.
2. Методическое пособие по проведению практических занятий по биофизике. Т., 2015.
3. Антонов В.Ф. Биофизика, Учебник для студентов вузов, 3-изд
4. Владимиров Ю. А. и др. Биофизика. М., 1983.
5. Рубин А. Б. Биофизика. 1-2 т. М., 2004.
6. Эссаулова И.А. и др. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. М., 1987.
7. Костюк П. Г. И др. Биофизика. Киев.: 1983.
8. Волькенштейн М. В. Биофизика. М. 1981.
9. Тарусов Б. Н. и др. Биофизика. М., 1981.
10. Антонов В. Ф., Архарова Г. В., Песечник В. И. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1993.
11. Антонов В. Ф., Вознесенский С.А., Черныш А. М. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1991.
12. Рубин А. Биофизика клеточных процессов ,2-х т. Изд.МГУ, 2005.

Интернет сайты

<http://www.medbiophys.ru/>
<http://www.biophys.msu.ru/>
http://biophysics.spbstu.ru/useful_links
<http://medulka.ru/biofizika>
<http://www.library.biophys.msu.ru/>
<http://www.bio.fizteh.rg/>
<http://www.zone-x.ru/>

<http://www.knigi-o.com/>

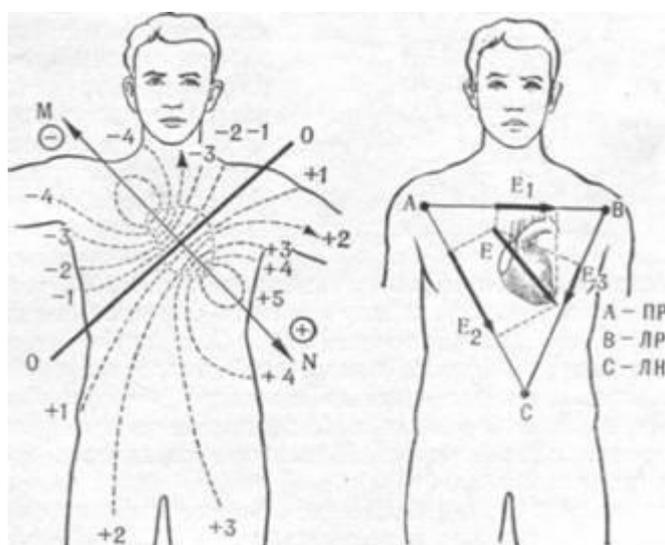
STUDYING OF WORK OF THE ELECTROCARDIOGRAPH

Devices and accessories: the electrocardiograph, sound the generator, an electrode for finitenesses.

The work purpose: studying of a principle of work of the electrocardiograph, removal of electrocardiograms and measurement of their characteristics.

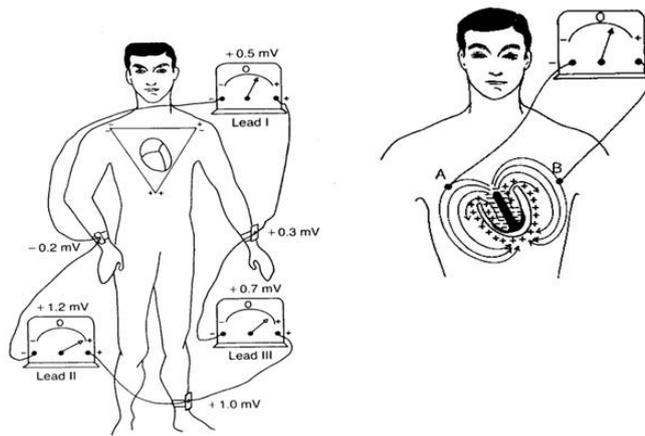
Method of registration of electric activity, the extending on heart during a warm cycle is called electrocardiography and is one of the important diagnostic methods in the field of heart diseases. At the heart of a method theory Einthoven lays.

According to theory Einthoven the instant electric condition of working heart can be presented the equivalent warm dipole which is in the homogeneous spending environment. Round a dipole electric field is formed. Its power lines proceed from positive a strip (source) and enter into the negative policy (drain). Perpendicularly to power lines there pass equipotent lines, i.e. lines in which any point the size of electric potential is identical (on pic. 1 dashed lines, a 00-line of zero potential). Straight line MN which is passing through the policy of a dipole is called dipole as an axis.

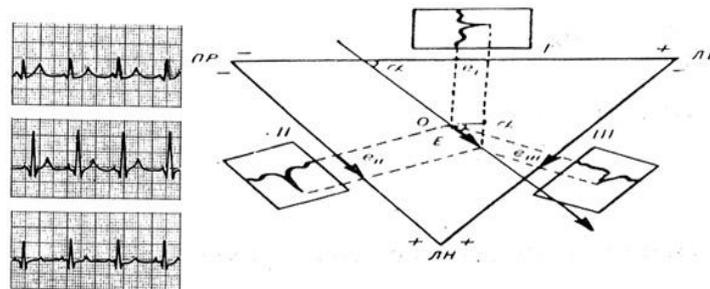


Picture 1.

Einthoven considered an equivalent warm dipole as a current source in a volume conductor, having admitted, that the equivalent dipole is located in the centre of a thorax and has the form of sphere of infinite radius. These assumptions allow considering heart, as an equivalent dipole of small size. If thus to register a potential difference from tops of an equipotent triangle for which Einthoven has accepted the right hand (RH), the left foot (LF) and the left hand (LH), it is possible by means of simple calculations to define size and a direction (i.e. a vector) the electromotive forces, forming electrocardiograms. In the course of works of heart the size and a direction of electromotive forces continuously vary, according to it value, a so-called integrated vector of heart IVH (the conditional name of a vector of the electric moment of a dipole) changes also. The point of the appendix of beginning IVH is constant is a nerve ganglion in interatrial septum to a partition. The vector end for a cycle of work of heart describes the difficult spatial curve located in a face-to-face plane of a body and consisting of three loops, atrial P, complex QRS (distribution of excitation or a phase depolarization of ventricles) and T (excitation fading, or repolarisation)



Picture 2.



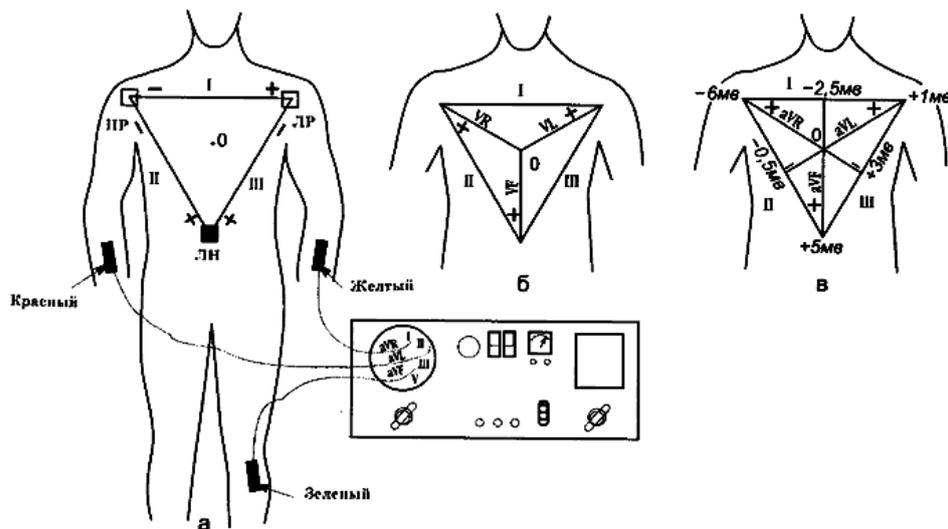
Picture 3.

Projection IVH to the parties of Einthoven's triangle, gives scalar size electromotive force in three standard assignments at present to time. These scalar sizes registered throughout a warm cycle, also form an electrocardiogram. They during each moment of time are defined by the equation $I_1 = I_2 + I_3$ (1)

The specified parity carries the name of Einthoven's rule, where I_1, I_2, I_3 - algebraic size of signals. The direction of average projection IVH on a face-to-face plane of a body is called as an electric axis of heart. A straight line connecting points of an arrangement of two electrodes of opposite polarity, name an axis of the given assignment.

For electrocardiogram registration in clinic the system including 12 assignments is accepted: three standard assignments from the finitenesses (1,2,3), three strengthened unipolar assignments from finitenesses (aVR, aVL, aVF) and six unipolar chest ($V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$) assignments.

For registration of standard assignments electrodes settle down in places as which it is possible to consider electrically as equivalent points and, in, from Einthoven's triangle (picture.3): on the right both left forearms and the left shin. Each two points of imposing of electrodes form in common assignment: I assignment LH-PH, II assignment LF-PH and III assignment LF-LH. At electrocardiogram record in I assignment the electrode of the right hand is connected to an electrocardiograph minus (a negative electrode), an electrode of the left hand-with plus (a positive electrode), the assignment axis is located horizontally. II assignment is registered at an arrangement of a negative electrode on the right hand and positive - on left foot, thus the assignment axis is directed from top to down and from right to left. For electrocardiogram record in III assignment a negative electrode place on the left hand, positive - on the left foot, the assignment axis goes from top to down and from left to right.



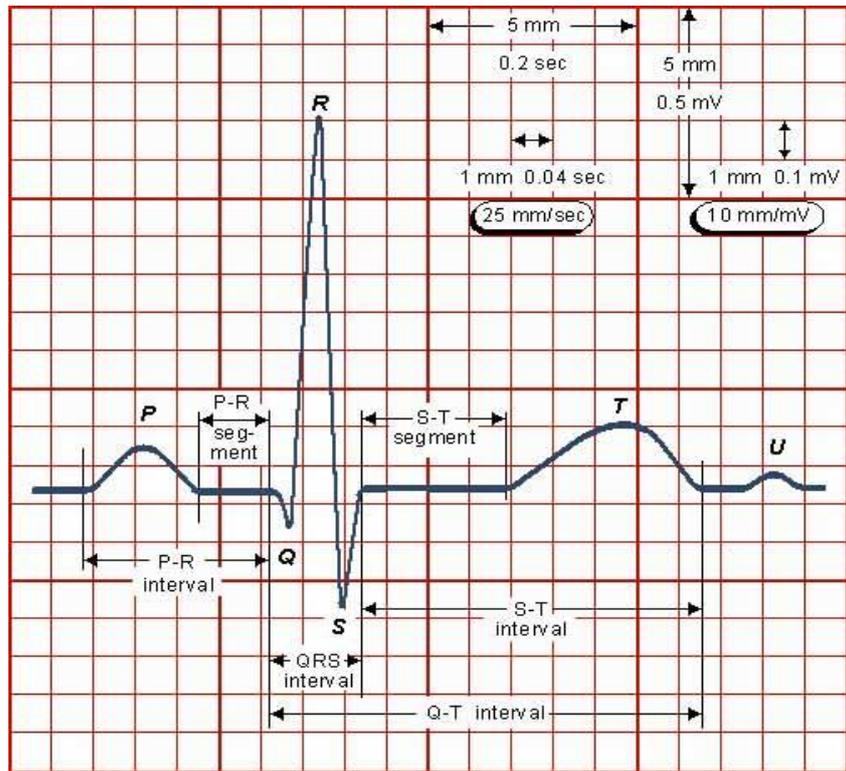
Picture 4.

The strengthened unipolar assignments from finitenesses are registered as follows: assignment aVR: the minus the-united electrode of the left hand (LH) and the left foot (LF), plus (an active electrode) - an electrode of the right hand (RH), an axis goes from the middle of distance of an incorporated electrode through the centre of heart (triangle) to the right hand. Assignment aVL: the minus incorporated electrode RH and LF, plus - an electrode on the left hand, an axis passes from below upwards and on the left. Assignment aVF: a minus an incorporated electrode of both hands, plus an electrode - on the left foot, the axis is located vertically downwards.

At registration of chest assignments the negative pole (a negative electrode of the electrocardiograph) unites electrodes of the right hand, the left hand and the left foot. Positive poles correspond to position of chest electrodes, axes pass between the centre of heart and chest electrodes. Chest electrodes settle down as follows: assignment V1 in the fourth intercostal space by a breast right edge, V2 - at the same level on to breast left edge, V3 - at level of IV edge on left nearby sternal lines, V4 - in the fifth intercostal space on left midclavicular lines, and V5 - at level V4 on the left forward axillary line and V6 at the same level on the left average axillary line.

Twelve standard assignments of an electrocardiogram give the basic and, in most cases, the sufficient information about electromotive force hearts in norm and at a pathology. The electrocardiogram analysis in standard assignments and the strengthened unipolar assignments allows characterizing a direction of vector electromotive force in a face-to-face plane, and in chest assignments, deviations of vector electromotive force in a horizontal plane.

The normal electrocardiogram for a cycle of work of heart in standard assignment I is represented on (picture 5.) On an electrocardiogram are defined: the horizontal piece which is writing down during time diastole (T-P-diastolic interval), teeth - a curve deviation upwards (positive teeth) or downwards (negative teeth) from a horizontal line. Atrial tooth P, and also concerning to ventricular to a complex teeth T and U, the having rounded off tops, name waves. Time intervals between an identical teeth name an intercytic interval, and between a different teeth of one cycle - an intracyclic interval.



Picture 5.

The basic characteristics of an electrocardiogram are the form and height of a teeth and duration of intervals. Normal duration of excitation of the auricles, measured on width of tooth P, is equal 0,08 - 0,10 sec. Time atrioventricular carrying out - interval P - Q in norm is equal 0,12-0,20 sec. Time of distribution of excitation on желудочкам, defined on width of complex QRS, makes 0,06-0,10 sec. Duration of an electric systole ventricles - interval QRST (Q-T) depends on frequency of a rhythm and is calculated under formula Basset:

$$Q - T = K \sqrt{C}$$

Where the K-factor making 0,37 for men and 0,39 for women and children,

S-duration of a warm cycle (R-R) in seconds.

Position of an electric axis of heart is defined on size of the corner formed by a vector dipole of the moment of heart with lines of assignments (picture 3). Knowing height of teeth of an electrocardiogram it is possible to find α . It is accepted, that line AB corresponds to assignment I, the EXPERT - to assignment II, BC to-assignment III (picture 3). Then $U_{AB} = U_I$, $U_{AC} = U_{II}$ $U_{BC} = U_{III}$ - Then the corner α can be found under the formula

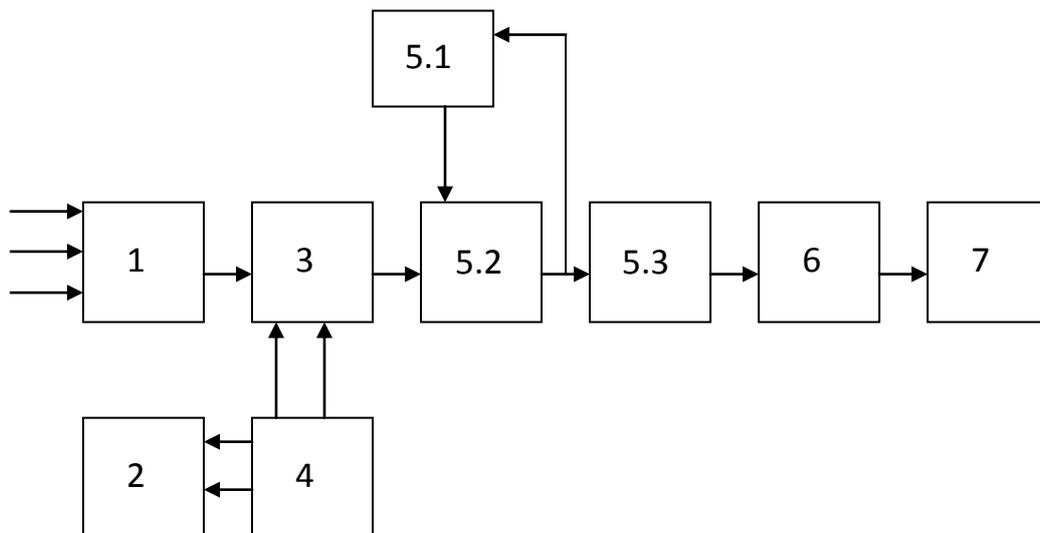
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{U_{II} + U_{III}}{\sqrt{3}U_{I} - U_{III}}$$

At that moment of time, when dipole moment of the heart accepts the maximum value (a tooth R, on an electrocardiogram), the direction дипольного the moment (an electric axis of heart) coincides with an anatomic axis. On the basis of it is possible to define position of an anatomic axis of heart.

The device intended for strengthening and registration of electric potentials, resulting electric processes by which excitation distribution on heart is accompanied, is called as the electrocardiograph. Exist one - two - four-and six-channel electrocardiographs.

The installation description

Let's consider the device and a principle of work of single-channel electrocardiograph EK1K-01 with first record. The electrocardiograph block diagramme is resulted on picture 6.



picture 6.

Biosignals through a cable of assignments 1 are brought to an input of the amplifier of biopotentials 3. Preliminary strengthening of a biosignal and its deducing is carried out by a preamplifier 5.2. Additional exit 8, for its supervision on the oscilloscope screen. The signal from an exit of a preamplifier 5.2 arrives on inputs of the amplifier-terminator 5.3 and systems of automatic calm 5.1. The amplifier-terminator 5.3 limits limiting scope of a signal to the level providing on record scope of the image no more (42-43) mm. The amplifier of capacity 6 strengthens a signal to the size necessary for reception of full scope of a feather of a galvanometer 7. In the electrocardiograph the system of stabilization speed of broach the carrier of record 2 with the photo electronic gauge of speed is applied. The power unit 4 carries out a food of all knots of the electrocardiograph. Electrocardiograph general view is given on picture 7.



picture 7.

The-button "□" - turning on of manual calm;
 The-button "5-10-20 mm/mV" sensitivity-changes;
 The-handle of the switch of assignments.

For removal of an electrocardiogram electrodes are imposed on the patient on system of standard assignments LH.RH.LL. As the current-carrying environment between a skin and electrodes apply special ласты either linings from байки or the filtering paper, moistened in warm 5-10 % the solution of table salt.

Order of performance of work

1. Preparation of the device for work:
 - Fill the electrocardiograph with a copy tape and a chart paper;
 - Establish controls in following position; the button of inclusion of a network - it is switched off; the button the handle of displacement of a zero line of record - an average; the inclusion button of the broat the record carrier - it is switched off; the button of switching of speeds - 25 mm/s; the button of inclusion of the filter of low frequency - it is switched off; the button of change of sensitivity - it is switched off; the switch assignments - 0;
 - Connect to an entrance socket a cable of assignments;
 - Connect the electrocardiograph to a network 220 V, press the button. Network inclusions. After 1 minute the device is ready to work.
2. The electrocardiograph is efficient, if:
 - By pressing of the button a network indicators of inclusion of a network are shone (Red colour) and possible position of a feather of a galvanometer (Green colour);
 - By pressing of the button of inclusion of the broat the carrier of record, the extract of a chart paper is carried out;
 - By pressing - lowering of the button of inclusion signal, record caliberative a signal is made; At rotation of the handle of displacement of a zero line of record, a record line on the carrier it is displaced concerning a zero line in both parties.
3. Electrocardiogram record:
 - Connect the electrocardiograph to a network 220 V;
 - press the button of inclusion of a network;

- impose on the patient electrodes;
- switch the switch of assignments in position I;
- choose necessary sensitivity pressing of the corresponding button;
- choose speed of broat the record carrier;
- press the button of inclusion of record and carry out electrocardiogram record in three standard assignments, changing switch position assignments;
- After the termination of record of an electrocardiogram repeatedly press the button record reenergizing.

Processing of results

1. Measure for each assignment of height h, electrocardiogram teeth. On the measured height of a teeth to sensitivity S of the electrocardiograph calculate potential difference $U = h/S$ for each tooth.
2. Results of measurements and calculations bring in table I.

Table I

Symbol of a tooth of an electrocardiogram	h mm			S mm/mB			U mB		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
P									
R									
S									
T									

- 3 Using given tab. 1, define a corner α under the formula (I).
- 4 Calculate for assignment of I duration t electrocardiogram time intervals under the formula

$$t = l/V$$

Where l - distance between corresponding points of an electrocardiogram;
 V - Speed of movement of a tape.

5. Results of measurements and calculations bring in table 2.

Table 2

Interval symbol	V, mm/s	l, mm	t, s
R-R			
P-Q			
QRS			
S-T			
Q-T			

Control questions:

1. What basic device of the electrocardiograph?
2. What key rules of technics of registration electrocardiograms?
3. Describe a technique of registration of the standard electrocardiographic assignments.

4. Describe a technique of registration of the strengthened unipolar electrocardiographic assignments.
5. Describe a technique of registration of the chest electrocardiographic assignments.
6. What is "Einthoven's triangle a", and what relation to it of axes electrocardiographic assignments from finite nesses?

СИЛЛАБУС
на 2019/2020 учебный год по предмету
«БИОФИЗИКА»

ЗАНЯТИЕ № 16

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ

**ТЕМА: ПОГЛОЩЕНИЕ СВЕТА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ
ВЕЩЕСТВ В РАСТВОРАХ ПРИ ПОМОЩИ
ФОТОЭЛЕКТРОКОЛОРИМЕТРА КФК-2**

Технологическая модель обучения практического занятия

Время: 90мин	Число студентов: 12-14
Вид и форма учебного занятия	Практическое занятие
Структура учебного занятия	1. Введение. 2. Теоретическая часть 3. Практическая часть 4. Аналитическая часть
Цель занятия:	Ознакомиться с устройством ФЭК КФК-2 и научиться определять концентрацию вещества в окрашенном растворе.
Задачи педагога: -Дать основные понятие поглощения света; -раскрыть физическую суть законов поглощения; -научить определять концентрацию вещества в окрашенном растворе.	Результаты обучения: - узнают о поглощении света; -ознакомятся с законами поглощения; - приобретают навык работы с прибором ФЭК КФК-2 - научиться анализировать и систематизировать.
Методы обучения	Лекция, мозговой штурм, рассказ, видеометод, лабораторное занятие, работа с книгой, диалог, учебные игры, пинборд, органайзер.
Формы обучения	Групповая работа, индивидуальная
Учебные средства	Доска-стенд, флипчарт, видеофильмы, писчая доска, модел, график, диаграммы, схема, заметки, контрольный листок, тексты.
Учебные условия	Учебная аудитория
Мониторинги оценка	Устный опрос : экспресс тест, письменный опрос

Технологическая карта учебного занятия

№	Этап урока время	Деятельность преподавателя	Деятельность студентов
1.	Организа- ционная часть 5 мин	1.1.Приветствует, проверяет их готовность к уроку. 1.2. Объявляет тему, цель и план	Слушают, записывают Уточняют, задают вопросы
2.	Определе- ние исходных знаний по теме 15 мин.	2.1.Объясняет ключевые моменты 2.2. Проводит параллель с ранее изученным материалом. 2.3. Объясняет мониторинг контроля усвоения данной темы. 2.4. Организует беседу по технологии «Дискуссия» 2.5. Побуждает к высказыванию своего мнения. 2.6. Обеспечивает мотивацию выполнения практической части.	Вспоминает основные понятия. По одному комментируют. Записывают. Слушают Активно участвует при дискуссии Отвечают на вопросы.
3.	Основная часть 60 мин.	3.1. Формулирует задание. 3.2. Объясняет тему 3.3. Задаёт следующие вопросы: 1. Что такое поглощение света ? 2.Напишите закон Бугера ? 3. Что такое показатель поглощения? От чего он зависит? Его единица измерения. 4. Что такое спектр поглощения ? Чем определяется характер спектра поглощения ? 5. Напишите закон Бугера- Ламберта-Бера ? 6. Что такое коэффициент пропускания ? Что он характеризуется ? 7. Что такое оптическая плотность ? Что она характеризуется ? 3.4. Объясняет порядок выполнения лабораторной работы.	Слушают . Записывают Подчеркивают характеристики Отвечают на вопросы Озвучивают понятие Называют определения Приводят примеры Выполняют задание. Изучают прибор. Проводят измерения. Получают результаты

		<p>3.5. Показывает как правильно работать с приборами.</p> <p>3.6. Контролирует выполнение работы.</p> <p>3.7. Побуждает к высказыванию своего мнения.</p> <p>3.8. Наводящими вопросами помогает выявить причинно-следственные связи различных параметров.</p>	<p>Измеряют</p> <p>Получают результаты</p> <p>Заполняют таблицы.</p> <p>Определяют индуктивность катушки.</p> <p>Определяют ёмкость конденсатора</p> <p>Формулируют конечный результат своей работы</p>
8.	<p>Укрепление темы</p> <p>10 мин.</p>	<p>4.1. Систематизирует данный материал.</p> <p>4.2. Уточняет основные моменты.</p> <p>4.3. Отвечает на вопросы .</p> <p>4.4. Организует самопроверку.</p> <p>4.5. Организует коллективную проверку.</p> <p>4.6. Акцентирует внимание на конечных результатах учебной деятельности.</p>	<p>Слушают</p> <p>Анализируют.</p> <p>Задают вопросы</p> <p>Осуществляют самопроверку.</p> <p>Сравнивают.</p> <p>Называют основные позиции.</p>
9.	<p>Подведение итогов</p> <p>5 мин.</p>	<p>5.1. Оценивает.</p> <p>5.2. Задаёт домашнее задание.</p>	<p>Слушают.</p> <p>Записывают домашнее задание.</p>

Приборы и принадлежности: фотоколориметр КФК-2, кюветки с исследуемыми и контрольной жидкостью (дистиллированной водой).

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТ

Концентрация окрашенных растворов может быть определена по поглощению света этими растворами.

Свет при прохождении через любое вещество поглощается, т. е. убывает его интенсивность. (Интенсивностью называется энергия световой волны приходящаяся на единицу площади в времени). Ослабление интенсивности света при прохождении через вещество связано с тем, что часть энергии волны затрачивается на возбуждение электронов. Частично это энергия возвращается к излучения в виде вторичных волн, порождаемых

электронами; частично же она переходит в энергию движения атомов, т. е. во внутреннюю энергию вещества. Вынужденные колебания электронов, а следовательно и поглощение света, становятся особенно интенсивными при резонансной частоте.

Опыт показывает, что интенсивность света при прохождении через вещество убывает по экспоненциальному закону (закон Бугера):

$$I_d = I_0 e^{-\alpha d} \quad (1)$$

Здесь: I_d -интенсивность света, проходящего через слой вещества толщиной d .

I_0 -интенсивность света, падающего на этот слой.

α -постоянная, называемая показателем поглощения. Она характеризует поглощательную способность вещества, зависит от ее химической природы и состояния, а также световой волны. Показатель поглощения численно равен величине, обратной расстоянию, на котором интенсивность света убывает в e раз ($e \approx 2,783$). Измеряется в системе СИ в m^{-1} (внесистемная единица cm^{-1}). В медицине и в биологии часто изучают поглощение света растворами. Экспериментально установлено, коэффициент поглощения окрашенного раствора прямо пропорционален концентрации (закон Бера):

$$\alpha = \epsilon c \quad (2)$$

Здесь: ϵ -показатель поглощения для раствора единичной концентрации.

c -концентрация раствора.

Учитывая (2), зависимость (1) можно представить в виде:

$$I_d = I_0 e^{-\epsilon c d} \quad (3)$$

Полученная формула представляет собой закон Бугера-Ламберта-Бера. Часто этот закон выражают через показательную функцию с основанием 10: $I_d = I_0 10^{-\epsilon' c d}$ (4)

Здесь $\epsilon' = \frac{\epsilon}{2.3} \approx 0.43 \epsilon$

Отношения $\frac{I_d}{I_0} = \tau$ называют коэффициентом пропускания или прозрачностью раствора. Он показывает какая часть излучения прошла через вещество. Чем больше τ , тем большая часть излучения проходит через раствор не поглощаясь, т. е. тем он прозрачнее.

Величину
$$D = \lg \frac{I_0}{I_d} = \lg \left(\frac{1}{\tau} \right) = \alpha' C d \quad (5)$$

Называют оптической плотностью данного раствора. Она называет, на сколько порядков убывает интенсивность света при прохождении через вещество.

Оптическая плотность при постоянной толщине слоя зависит только от концентрации окрашенного раствора и от длины волны падающего света.

Если же два раствора одного и того же вещества с концентрациями (c_1 и c_2) при различной толщине слоев (d_1 и d_2) поглощают свет одинаков, то оптические плотности их равны: $D_1 = D_2$ или

$$\alpha' C_1 d_1 = \alpha' C_2 d_2 \rightarrow C_1 d_1 = C_2 d_2$$

Отсюда
$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

т. е. концентрации растворов обратно пропорциональны толщинам слоев.

На рассмотренных закономерностях основан метод определения концентрации вещества в окрашенном растворе, называемой концентрационной колориметрией. Приборы, используемые при , называются колориметрами. Они делятся на субъективные (визуальные) и объективные (фотоэлектрические).

В данной лабораторной работе концентрация вещества в растворе определяется при помощи фотоэлектрического колориметра КФК-2.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ФОТОЭЛЕКТРОКОЛОРИМЕТРА КФК-2

Колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2 предназначен для измерения коэффициентов пропускания и оптической плотности растворов жидкостей и твердых тела , также определения концентрации веществ в растворах методом построения градировочных графиков в отдельных участках диапазоне длин волн от 315 по 980 нм, выделяемых светофильтрами.

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

Принцип определения коэффициента пропускания при помощи этого колориметра основан на определении отношении световых потоков, прошедших через исследуемый раствор и растворитель.

Оптическая схема ФЭК-2 приведена на рис. 1.

Свет от лампы 1 формируется в параллельных пучок определенного диаметра конденсором 2. Затем пройдя через светофильтр 3 и кювету 4 с исследуемым раствором (растворителем) ,по попадает на один из фотоприёмников, каждый из которых работает в определенной области спектра:

-фотоэлемент Ф=26 (6) – в области 315-540 нм, фотодиод ФД-24 К (7) – в области 590-980 н

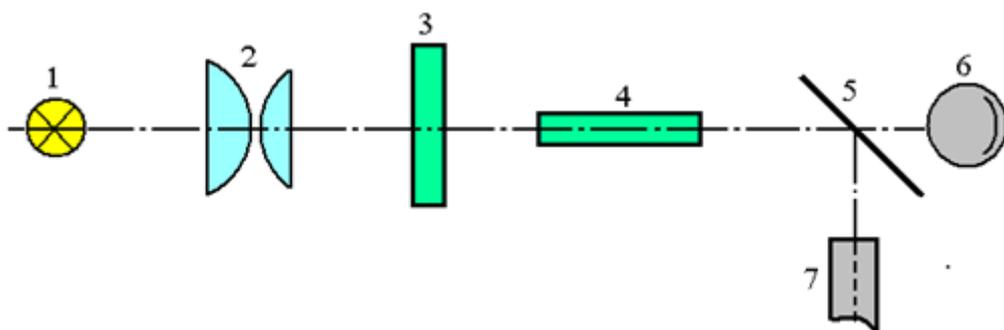


Рис 1

Перед фотоприёмникам расположена длительная пластина 5, которая делит световой поток на два:

10% его направляется на ФД-24 К₁

90% на фотоэлемент Ф-26

Для проведения микроанализа в колориметре предусмотрена специальная приставка с набором кювет.

Ток подключенного фотоприёмника усиливается усилителем постоянного тока и подаётся на микроамперметр 1 (рис.2), показания которого пропорциональны световому потоку через исследуемый раствор (или растворитель).

Шкала микроамперметра оцифрован в единицах коэффициента пропускания и оптической плотности.

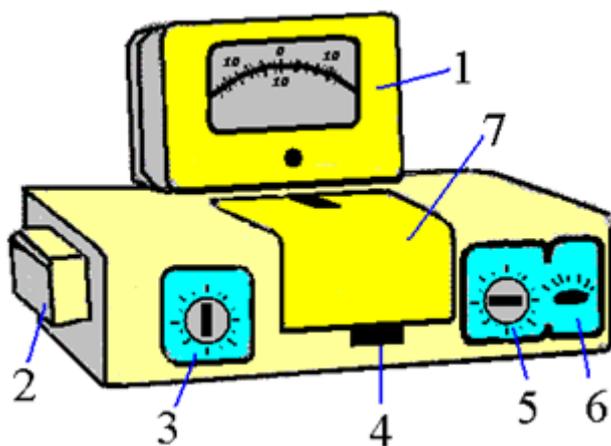


Рис 2

Цветной светофильтр выбирается так, чтобы он поглощал те длины, которые раствор пропускается. При этом достигается максимальная разница оптической плотности при фотометрировании чистого растворителя и исследуемого раствора.

Колориметр КФК-2 имеет 2 светофильтра, смена которых производится ручкой 3 (рис. 2).

Необходимый для работы в данной области спектра фотоприёмника включается ручкой «Чувствительность» 5 (рис. 2). Причем положения «1», «2», «3», отмеченные на лицевой панели колориметра черным цветом устанавливаются при работе со светофильтрами 315, 364, 400, 440, 490, 540, нм отмеченными на панели также черным цветом. При этом работает фотоэлемент Ф-26. Положения «1», «2», «3», отмеченные красным цветом устанавливаются при работе со светофильтрами 590, 670, 750, 870, 980 нм, отмеченным на панели также цветом. При этом работает фотодиод ФД-24 К.

Переключение кювет в световом пучке производится поворотом ручки 4 (рис. 2) до упора.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определить крышку 7 (рис.2) кюветного отделения (при этом шторка перекрывает световой пучок перед фотоприёмниками). Включить колориметр в сеть (прогреть 15 мин).
2. Ввести необходимый по роду измерений цветной светофильтр.
3. Установить минимальную чувствительность колориметра . Для этого ручки «Чувствительность» 5 (рис. 2) установить в положение «1» (цвет этой цифры должен совпадать с цветом цифры выбранного светофильтра) , ручки « Установка 100 грубо»- в крайнее левое положение.

4. Проверить установку стрелки колориметра на «0», по шкале коэффициентов пропускания T при открытом кюветом отделении.
5. На пути светового пучка поместить кювету с растворителем или контрольным раствором, по отношению к которому производится измерения. В состояние гнездо поместить исследуемый раствор с известной концентрацией C_1 .
6. Закрыть крышу кюветного отделения.
7. Ручками «Чувствительность» и «Установка 100 грубо» и точно установить отсчет по шкале колориметра. Ручка «Чувствительность» может находиться в одном из трех положений: «1», «2», или «3».
8. Поворотом ручки 4 до упора на световой пучок поставить кювету с исследуемым раствором и по показанию прибора 1 (рис.2) записать в таблицу её оптическую плотность.
Измерения проводится 3 раза.
9. Определить таким же образом оптические исследуемого раствора концентрации C_2, C_3, C_4, C_5 и неизвестной концентрации C_x .
Результаты записать в таблицу.
10. Откладывая по оси абсцисс известные концентрации C , а по оси ординат средние значения соответствующих им оптических плотностей D , построить градировочный график и по нему найти известную концентрацию C_x .
11. Определить ошибки измерений.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЙ

Для определения абсолютной погрешности надо найти отклонение каждой экспериментальной точки от графика ($\Delta C_1, \Delta C_2, \dots, \Delta C_5$) найти среднее значение этого отклонения:

$$\overline{\Delta C} = \frac{\Delta C_1 + \Delta C_2 + \dots + \Delta C_5}{5}$$

Истинный результат следует записать в виде:

$$C_{\text{ист.}} = C_x \pm \Delta C$$

Относительную погрешность вычислить по формуле:

$$E = \frac{\Delta C}{C_x} \times 100\%$$

	Концентрации					
растворов Оптическая плотность	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_x

D_1						
D_2						
D_3						
D_{cp}						

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

10. Что такое поглощение света ?
11. Напишите закон Бугера ?
12. Что такое показатель поглощения ? От чего он зависит ? Его единица измерения.
13. Что такое спектр поглощения ? Чем определяется характер спектра поглощения ?
14. Напишите закон Бугера-Ламберта-Бера ?
15. Что такое коэффициент пропускания ? Что он характеризуется ?
16. Что такое оптическая плотность ? Что она характеризуется ?

Основная литература

1. Paul Davidovits "Physics in Biology and Medicine" 2013
2. Ulrich Harten "Physik fur Mediziner" Springer 2011

Дополнительная литература:

1. Ремизов А. Н. Медицинская и биологическая физика, М, 2007.
2. Методическое пособие по проведению практических занятий по биофизике. Т., 2015.
3. Антонов В.Ф. Биофизика, Учебник для студентов вузов, 3-изд.
4. Владимиров Ю. А. и др. Биофизика. М., 1983.
5. Рубин А. Б. Биофизика. 1-2 т. М., 2004.
6. Эссаулова И.А. и др. Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике. М., 1987.
7. Костюк П. Г. И др. Биофизика. Киев.: 1983.
8. Волькенштейн М. В. Биофизика. М. 1981.
9. Тарусов Б. Н. и др. Биофизика. М., 1981.
10. Антонов В. Ф., Архарова Г. В., Песечник В. И. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1993.
11. Антонов В. Ф., Вознесенский С.А., Черныш А. М. Медицинская биофизика. М., ММА.: 1991.
12. Рубин А. Биофизика клеточных процессов ,2-х т. Изд.МГУ, 2005.

Интернет сайты

- <http://www.medbiophys.ru/>
<http://www.biophys.msu.ru/>
http://biophysics.spbstu.ru/useful_links

<http://medulka.ru/biofizika>

<http://www.library.biophys.msu.ru/>

<http://www.bio.fizteh.ru/>

<http://www.zone-x.ru/>

<http://www.knigi-o.com/>