

Министерство здравоохранения Российской Федерации
ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия»
Кафедра медбиофизики, информатики и экономики

**ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТОВ НА ЛЕКЦИЯХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ
ПО МАТЕМАТИКЕ, ФИЗИКЕ И БИОФИЗИКЕ**

**Учебно-методическое пособие
для студентов стоматологического факультета**

Ижевск

ИГМА

2013

УДК 378.147:51+53+577.3(075.8)
ББК 74.262+74.265.1+74.264.5я73
С 646

Авторы-составители: Т.А. Снигирева, Т.Г. Станкевич, Е.В. Ворсина, А.Г. Дерябина, М.С. Рябчикова, Л.В. Баранова

Рецензенты: доктор педагогических наук, профессор **О.Ф. Шихова** (Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова); кандидат педагогических наук, доцент **Е.Г. Булатова** (Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова)

*Рекомендовано центральным координационным методическим советом
ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия»*

С 646 Организация самостоятельной работы студентов на лекциях и практических занятиях по математике, физике и биофизике: учебно-метод. пособие / Т.А. Снигирева [и др.]. – Ижевск: ГБОУ ВПО «ИГМА», 2013. – 72 с.

В работе представлены разработанные преподавателями кафедры развернутые планы практических занятий по всем темам курса «Математика, физика и биофизика», включающие в себя перечень основных вопросов темы, список литературы, типовые задачи, а также таблицы, схемы, модели, которые могут быть использованы и как раздаточный материал на лекциях, и как материал для самостоятельной работы студентов. Данное пособие должно способствовать с одной стороны более эффективному использованию лекционного времени преподавателем, а с другой – акцентировать внимание студентов на основных вопросах, облегчая понимание материала, включенного в образовательный стандарт дисциплины.

Адресовано студентам стоматологического факультета.

УДК 378.147:51+53+577.3(075.8)
ББК 74.262+74.265.1+74.264.5я73

© ГБОУ ВПО «Ижевская государственная медицинская академия», 2013

© Снигирева Т.А. [и др.], 2013

Введение

При переходе на федеральные государственные стандарты (ФГОС) третьего поколения возникает необходимость корректировки учебных программ и разработки соответствующего им методического обеспечения. Образовательный процесс, осуществляемый согласно требованиям ФГОС, предполагает для самостоятельной работы студентов выделить до 40% от общего числа часов, отведенных на изучение дисциплины. При этом ставится задача сохранения и даже повышения уровня освоения учебного материала.

Цель разработки данного пособия – создание методического сопровождения для изучения дисциплины «Математика, физика» и «Биофизика» студентами медицинского вуза.

По каждой теме курса учебно-методическое пособие предлагает:

- план практического занятия;
- литературу;
- типовые задачи, а также контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы студентов;
- дополнительные материалы к лекциям в виде таблиц.

Табличное представление материала является удобным способом для проведения сопоставлений, сравнений, классификаций и описания некоторых математических понятий, физических явлений, процессов и методов. Использование такого материала в рамках лекции служит как наглядным примером структурирования изучаемой информации, так и дает возможности лектору сориентировать студентов в предстоящей им самостоятельной работе по подготовке к практическому занятию.

Оглавление

Введение	3
Математика	5
Производные и дифференциалы	5
Основы интегрального исчисления.....	8
Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка.....	11
Теория вероятностей №1.....	12
Теория вероятностей №2.....	14
Теория вероятностей №3.....	16
Физика	20
Характеристики и уравнения колебательных процессов.....	20
Характеристики и уравнения волновых процессов.....	25
Электрические и магнитные свойства тканей организма.....	27
Биологическая ткань при подключении к источнику постоянной и переменной ЭДС.....	29
Воздействие на биологические ткани различными электрическими факторами. Основы электротерапии.....	34
Основы геометрической и волновой оптики. Часть 1.....	36
Основы геометрической и волновой оптики. Часть 2.....	37
Биофизика	39
Механические свойства и модели биологических тканей.....	39
Физические свойства жидкостей.....	43
Гемодинамика Часть 1.....	46
Гемодинамика Часть 2.....	47
Физические процессы в биологических мембранах.....	49
Биофизические основы применения теплового излучения в медицине.....	51
Биофизические основы применения рентгеновского излучения в медицине.....	55
Биофизические основы использования радиоактивного излучения в медицине.....	58
Биофизические основы воздействия ионизирующих излучений на организм.....	62
Физические основы звуковых методов исследования в медицине.....	66
Литература	72

МАТЕМАТИКА

Производные и дифференциалы

План практического занятия

1. Производная функции.
2. Физический смысл производной.
3. Геометрический смысл производной.
4. Основные правила и формулы нахождения производной.
5. Производная сложной функции.
6. Производные высших порядков.
7. Дифференциал функции. Дифференциал аргумента.
8. Формула дифференциала функции через приращение аргумента.
9. Формула дифференциала функции через дифференциал аргумента.

Литература

1. Морозов Ю.В. Основы высшей математики и статистики: учебник – М: ОАО Изд-во Медицина, 2004. – 232 с. §§ 2.1 – 2.16.
2. Лобочкая Н.Л. и др. Высшая математика. – Мн.: Высш. шк., 1987. – 319 с. §§ 2.1 – 2.6. § 2.7.
3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. Приложение §§ 2, 4.
4. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч.I. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с. §§ 87-89.

Контрольные вопросы и задания

1. Что называется функцией? Аргументом функции?
2. Способы задания функции.
3. Как определить приращение аргумента, приращение функции графически, аналитически?
4. Что называется производной функции?
5. В чем заключается физический смысл производной первого порядка, второго порядка?
6. В чем заключается геометрический смысл производной? От чего зависит знак производной функции?

7. Что такое дифференциал функции?
8. Как вычисляется дифференциал функции? Какие величины для вычисления необходимо знать? Укажите 2 формулы для вычисления дифференциала функции.

Типовые задачи

1. Найти производные функций:

1. $y = \frac{5}{x^3} - \sqrt[3]{2x^7} + 4$

5. $y = \cos(2x^4 - 3x)$

2. $y = (x^3 + \frac{x^7}{2} - 8x) \operatorname{ctgx}$

6. $y = 9^{2x-1}$

7. $y = \frac{1}{4} \cos^8 x$

3. $y = \frac{3e^x + 8x^6}{\operatorname{tg} x}$

8. $y = \sqrt[7]{16 - \sin x}$

4. $y = \ln(x^8 + \ln x)$

9. $y = (6x^9 + e^x)^5$

2. Найти дифференциал функции в общем виде:

1) $y = \cos(2x^4 - 3x)$;

2) $y = 9^{2x-1}$

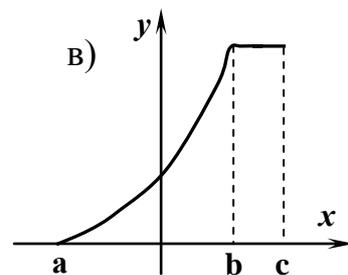
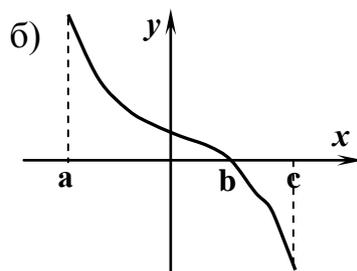
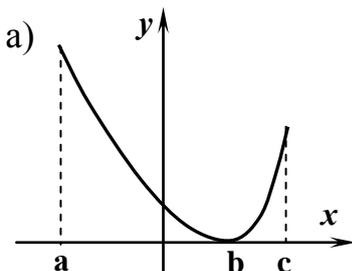
3) $y = (6x^9 + e^x)^5$

3. Вычислить дифференциал функции:

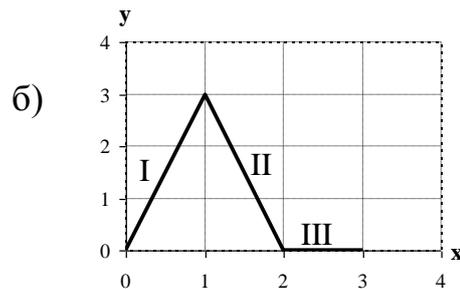
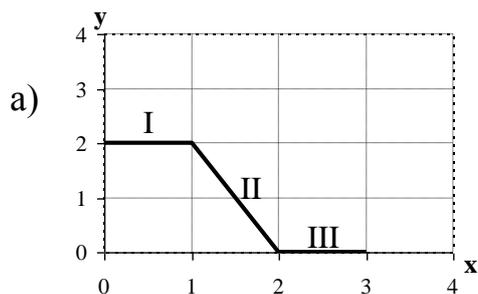
1) $y = (5x+1)^2$ при $x_0 = 2$ и $\Delta x = 0,1$

2) $y = 3x^3 - 1$ при $x_0 = 1$ и $\Delta x = 0,2$

4. Указать знак производных функций ($y' > 0$, $y' < 0$, $y' = 0$) в интервалах (a;b) и (b;c)



5. Вычислить значение производной на каждом из участков графика



**Таблица производных
элементарных функций**

$$c' = 0$$

$$x' = 1$$

$$(x^n)' = nx^{n-1}$$

$$(\sin x)' = \cos x$$

$$(\cos x)' = -\sin x$$

$$(\operatorname{tg} x)' = \frac{1}{\cos^2 x}$$

$$(\operatorname{ctg} x)' = -\frac{1}{\sin^2 x}$$

$$(\ln x)' = \frac{1}{x}$$

$$(a^x)' = a^x \ln a$$

$$(e^x)' = e^x$$

Таблица интегралов

$$\int dx = x + c$$

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1} + c \text{ для } n \neq -1$$

$$\int x^{-1} dx = \int \frac{dx}{x} = \ln|x| + c \text{ (} x \neq 0 \text{)}$$

$$\int \sin x dx = -\cos x + c$$

$$\int \cos x dx = \sin x + c$$

$$\int \frac{dx}{\cos^2 x} = \operatorname{tg} x + c$$

$$\int \frac{dx}{\sin^2 x} = -\operatorname{ctg} x + c$$

$$\int a^x dx = \frac{a^x}{\ln a} + c$$

$$\int e^x dx = e^x + c$$

Правила дифференцирования

$$(u \pm v)' = u' \pm v'$$

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

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

$$(f(\varphi(x)))' = f'(\varphi(x)) \cdot \varphi'(x)$$

Формула Ньютона-Лейбница

$$\int_a^b f(x) dx = F(x) \Big|_a^b = F(b) - F(a)$$

Правила действий со степенями:

$$x^0 = 1$$

$$x^n \cdot x^m = x^{n+m}$$

$$\frac{x^n}{x^m} = x^{n-m}$$

$$(x^n)^m = x^{n \cdot m}$$

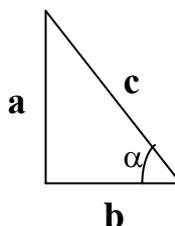
$$(x \cdot y)^n = x^n \cdot y^n$$

$$\left(\frac{x}{y}\right)^n = \frac{x^n}{y^n}$$

$$\frac{1}{x^n} = x^{-n}$$

$$x^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{x^m}$$

Основные тригонометрические функции



$$\sin \alpha = \frac{a}{c}$$

$$\cos \alpha = \frac{b}{c}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{b}$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{b}{a}$$

Связь между градусами и радианами:

$$180^\circ = \pi \text{ рад}$$

Таблица значений тригонометрических функции

	0°	30°	45°	60°	90°	180°	270°	360°
	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	π	$\frac{3\pi}{2}$	2π
$\sin \alpha$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1	0	-1	0
$\cos \alpha$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	-1	0	1
$\operatorname{tg} \alpha$	0	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$	-	0	-	0
$\operatorname{ctg} \alpha$	-	$\sqrt{3}$	1	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	0	-	0	-

Основы интегрального исчисления

План практического занятия

1. Первообразная. Интегрирование как действие обратное дифференцированию.
2. Неопределенный интеграл. Основные свойства неопределенного интеграла.
3. Геометрическое представление неопределенного интеграла.

4. Простейшие приемы интегрирования: метод непосредственного интегрирования, метод замены переменных (метод подстановки).
5. Определенный интеграл как приращение первообразной. Основные свойства определенного интеграла.
6. Геометрический смысл определенного интеграла. Вычисление площадей криволинейных трапеций с помощью определенного интеграла.

Литература

1. Морозов Ю.В. Основы высшей математики и статистики: учебник – М.: ОАО Изд-во Медицина, 2004. – 232 с. §§ 5.1-5.5. §§ 6.1-6.5. § 6.7.1.
2. Лобочкая Н.Л. и др. Высшая математика. – Мн.: Высш. шк., 1987. – 319 с. §§ 5.1 – 5.4. §§ 6.1 – 6.4.
3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. Приложение §§ 7, 8.
4. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч. I. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с. §§ 91-93.

Контрольные вопросы и задания

1. Что называется первообразной функции?
2. Что такое неопределенный интеграл?
3. Запишите основные свойства неопределенного интеграла

а) $\int c \cdot f(x)dx = \dots$, где $c = \text{const}$

в) $(\int f(x)dx)' = \dots$

б) $\int (f_1(x) \pm f_2(x))dx = \dots$

г) $d(\int f(x)dx) = \dots$

4. Геометрическое представление неопределенного интеграла.
5. Сформулируйте понятие определенного интеграла как приращения первообразной. Запишите формулу Ньютона-Лейбница.
6. Запишите основные свойства определенного интеграла

а) $\int_a^b (f(x) \pm g(x))dx = \dots$

в) $\int_a^a f(x)dx = \dots$

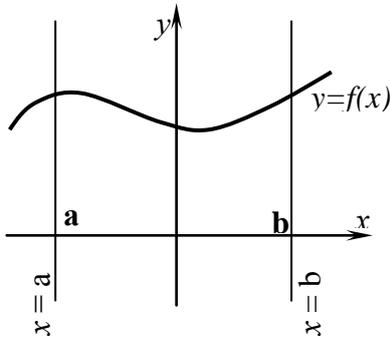
б) $\int_a^b c \cdot f(x)dx = \dots$

г) $\int_a^b f(x)dx = \dots \int_b^a \dots$

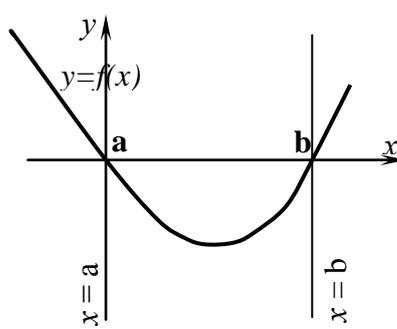
7. Геометрический смысл определенного интеграла.

8. Заштрихуйте криволинейную трапецию, ограниченную графиками функций $y = f(x)$, $y = 0$, $x = a$, $x = b$ и запишите формулу для нахождения её площади

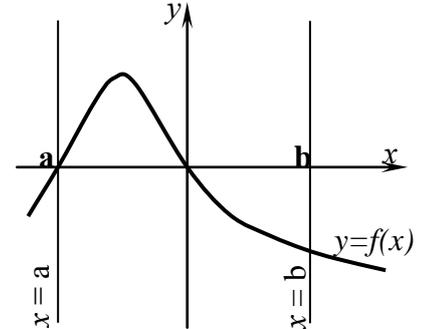
а)



б)



в)



Типовые задачи

1. Вычислить неопределенные интегралы:

$$1) \int (\sin x + \frac{7}{\cos^2 x}) dx$$

$$4) \int \sin^5 x \cos x dx$$

$$2) \int (\sqrt{x} - 2x^3 + 6)x^2 dx$$

$$5) \int \frac{x^3}{(x^4 - 2)^3} dx$$

$$3) \int \frac{(5xe^x - 8e^{2x})}{e^x} dx$$

2. Вычислить определенные интегралы:

$$1) \int_1^2 \frac{2x^2 + 1}{x} dx$$

$$2) \int_0^{\frac{\pi}{2}} (\sin x - \cos x) dx$$

3. Заштрихуйте криволинейную трапецию, ограниченную графиками функций и вычислите ее площадь

$$1) y = 2x + 1; x = 1; x = 2 \text{ и } y = 0$$

$$2) y = x^2 - 1; x = 0; x = 2 \text{ и } y = 0$$

Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка

План практического занятия

1. Дифференциальные уравнения. Основные определения: дифференциальное уравнение, порядок дифференциального уравнения, общее и частное решение.
2. Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка с разделенными переменными.
3. Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка с разделяющимися переменными.
4. Задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям.

Литература

1. Морозов Ю.В. Основы высшей математики и статистики: учебник – М: ОАО Изд-во Медицина, 2004. – 232 с. §§ 7.1-7.2.
2. Лобозкая Н.Л. и др. Высшая математика. – Мн.: Высш. шк., 1987. – 319 с. §§ 1.1; 1.3; 1.4; 1.5; 1.8; 1.9.
3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. Приложение §§ 9.
4. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч.І. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с. §§ 94.

Контрольные вопросы и задания

1. Какое уравнение называется дифференциальным?
2. Какие дифференциальные уравнения называются обыкновенными?
3. Что называется порядком дифференциального уравнения?
4. Что называется решением дифференциального уравнения?
5. Какое решение дифференциального уравнения называется общим решением?
6. Какое решение дифференциального уравнения называется частным решением?
7. Каков порядок уравнения $(y')^5 \sin x - \frac{y''}{y'''} \cos x = y$? Ответ объясните.

8. Является ли функция $y = 2x$ решением дифференциального уравнения $y'' + 2y' = 2y$? Почему?
9. Является ли функция $y = e^x$ решением дифференциального уравнения $y''' + y'' = 2e^x$? Почему?
10. Определите тип уравнения (с разделёнными или с разделяющимися переменными)

а) $\frac{dy}{\operatorname{tg}x} = \frac{dx}{y^3}$

б) $\frac{dy}{y^3 + y} = \frac{dx}{x + 4}$

Типовые задачи

1. Решить дифференциальное уравнение. Сделать проверку.

а) $(x^2 + 1)xdx = 2ydy$

б) $y' = \frac{y}{\sin^2 x}$

2. Найти общее решение дифференциального уравнения $x^2 dy = 6x^4 dx - 4x^3 dx$.
Сделать проверку. Найти частное решение при условии $y = 10$ при $x = 2$.

Теория вероятностей №1

План практического занятия

1. Испытание. Событие. Случайное событие.
2. Виды событий.
3. Классическое определение вероятности.
4. Абсолютная и относительная частота события. Статистическое определение вероятности.
5. Теорема сложения вероятностей для несовместных событий и ее следствия.
6. Условная вероятность. Зависимые и независимые события. Теорема умножения вероятностей.
7. Случайная величина. Дискретные и непрерывные случайные величины.
8. Закон распределения случайной величины.

9. Ряд и многоугольник распределения дискретной случайной величины.
Условие нормировки дискретной случайной величины.
10. Интегральная функция распределения случайной величины и ее свойства.
11. Вероятность попадания случайной величины в заданный интервал на основании интегральной функции распределения.

Литература

1. Лекции «Теория вероятностей и математическая статистика».
2. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 2.1, 2.2
3. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч. I. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с. гл 4. §§ 96, 97, 98.
4. Морозов Ю.В. Основы высшей математики и статистики: учебник – М: ОАО Изд-во Медицина, 2004. – 232 с. гл 8 §§ 8.1.1-8.1.5; § 8.2. §§§ 8.2.1, 8.2.2, 8.2.4.
5. Лобозкая Н.Л. и др. Высшая математика. – Мн.: Высш. шк., 1987. – 319 с. гл. 9 §§ 9.1, 9.2; гл. 10 §§ 10.1, 10.2, 10.3, 10.5.

Типовые задачи

1. В урне 12 шаров; из них – 2 белых, 4 красных. Найти:
 - 1) вероятность выбора белого или красного шара;
 - 2) вероятность выбора сначала белого, а затем красного шара:
 - а) без возвращения белого шара в урну;
 - б) с возвращением белого шара в урну.
2. Просмотрено 50 историй болезни. В 40 случаях отмечено повышенное давление. Чему равна абсолютная и относительная частота появления пациента с повышенным давлением?
3. Результаты измерения случайной величины
$$X = \{16, 14, 15, 14, 15, 15, 17\}$$
 - 1) построить ряд и многоугольник распределения;
 - 2) построить график интегральной функции распределения $F(x)$;
 - 3) найти $P(15 < X < 18)$.

Теория вероятностей №2

План практического занятия

1. Способы задания закона распределения непрерывной случайной величины.
2. Интегральная функция распределения случайной величины.
3. Дифференциальная функция распределения непрерывной случайной величины, ее свойства и вероятностный смысл. Кривая распределения.
4. Вероятность попадания непрерывной случайной величины в заданный интервал на основании интегральной и дифференциальной функций распределения.
5. Условие нормировки непрерывной случайной величины.
6. Числовые характеристики случайных величин. Математическое ожидание. Дисперсия и среднее квадратичное отклонение.
7. Нормальный закон распределения. Формула Гаусса.
8. Кривая нормального распределения. Влияние параметров $M(X)$ и σ на положение и форму кривой нормального распределения.
9. Вероятность попадания случайной величины, распределённой по нормальному закону, в заданный интервал.

Литература

1. Лекции «Теория вероятностей и математическая статистика».
2. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. гл. 2, §§ 2.2, 2.3
3. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч. I. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с. гл. 4, § 98.
4. Морозов Ю.В. Основы высшей математики и статистики: учебник – М.: ОАО Изд-во Медицина, 2004. – 232 с. гл.8, §§8.2.1. 8.2.4., 8.2.3. – 8.2.6.
5. Лобозкая Н.Л. и др. Высшая математика. – Мн.: Высш. шк., 1987. – 319 с. гл.10, §§ 10.3, 10.5, 10.6, 10.7.

Типовые задачи

1. Дана интегральная функция $F(x)$ непрерывной случайной величины:

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0 \\ x^2 & \text{при } 0 < x \leq 1 \\ 1 & \text{при } x > 1 \end{cases}$$

1) построить график $F(x)$;

2) найти $P(0,5 < X < 1)$ на основании $F(x)$:

а) графически; б) аналитически;

3) найти выражение дифференциальной функции $f(x)$ и построить график этой функции;

4) найти $P(0,5 < X < 1)$ на основании $f(x)$:

а) графически; б) аналитически;

5) проверить условие нормировки.

2. Дан ряд распределения

x	6	7	8
P	?	0,5	0,3

Найти:

1) $P(x = 6)$; 2) $M(X)$, $D(X)$, σ .

3. Дано: $M(X) = 9$, $\sigma = 3$:

1) построить кривую нормального распределения;

2) найти графически и аналитически:

а) $P(-\infty < X < 9)$

в) $P(6 < X < 12)$

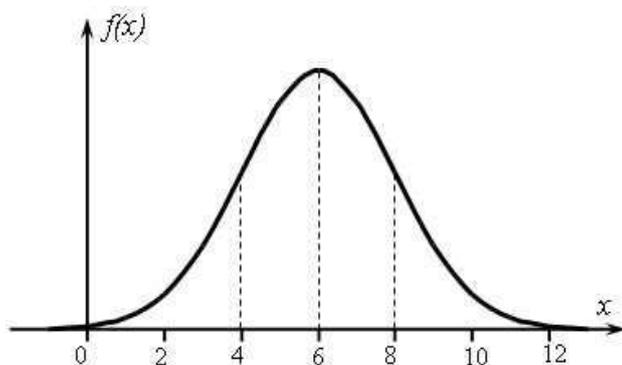
б) $P(9 < X < +\infty)$

г) $P(3 < X < 7)$

4. Дана кривая нормального распределения. Найти: $M(X)$, σ , $P(2 < X < 8)$

графи-

чески и аналитически.



Теория вероятностей №3

План практического занятия

1. Основные понятия математической статистики. Статистическая совокупность. Генеральная и выборочная статистические совокупности. Сплошное и выборочное исследования.
2. Выборочный метод. Этапы выборочного метода.
3. Оценка генеральной средней. Точечная и интервальная оценки.
4. Доверительный интервал. Доверительная вероятность. Уровень значимости гипотезы. Ошибка репрезентативности.
5. Сравнение средних значений двух нормально распределенных генеральных совокупностей. Выявление существенности или несущественности различия между средними.

Литература

1. Лекции «Теория вероятностей и математическая статистика».
2. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. гл. 2, §§ 2.5 – 2.9
3. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч.І. – М.: Высш. шк, 1978. – 336 с. гл. 4, § 98.
4. Морозов Ю.В. Основы высшей математики и статистики: учебник – М: ОАО Изд-во Медицина, 2004. – 232 с. гл.9, §§9.1, 9.2, 9.3,; гл.10 §§10.1 – 10.4; гл.11 § 11.2, 11.3.
5. Лобозкая Н.Л. и др. Высшая математика. – Мн.: Высш. шк., 1987. – 319 с. гл.12, §§ 12.1 – 12.4; гл. 13 §§ 13.1, 13.2; гл.14 §§14.1 – 14.3; гл.15 §§ 15.2, 15.3.

Типовые задачи

1. Средняя частота пульса у студентов составила 70 уд/мин при $\sigma = 4$ уд/мин. Дать точечную оценку генеральной средней. Дать интервальную оценку генеральной средней с вероятностью $P = 0,95$.

2. Дан доверительный интервал для генеральной средней M в общем виде:

$$25 - 2,66 \frac{3}{\sqrt{64}} < M < 25 + 2,66 \frac{3}{\sqrt{64}}$$

Определить:

- 1) выборочную среднюю;
- 2) выборочное среднее квадратическое отклонение;
- 3) выборочную дисперсию;
- 4) ошибку репрезентативности;
- 5) объем выборки;
- 6) доверительную вероятность;
- 7) уровень значимости.

3. Пусть известно из литературы, что средний срок лечения переломов челюстей составляет 25 дней. При применении новой методики лечения в одной из больниц он сократился до 23,5 дней при $\sigma = 3,5$ дня. Объем исследования – 100 больных. Можно ли с вероятностью $P = 0,99$ утверждать, что сроки лечения в этой больнице существенно снижены? Сохраняется или отвергается нулевая гипотеза?

4. Исследовалось влияние стимулятора ожирения на среднесуточный прирост животных.

В опытной группе:

$$n_1 = 100$$

$$\bar{x}_1 = 750 \text{ г};$$

$$\sigma_{\bar{x}_1} = 60 \text{ г};$$

В контрольной группе:

$$n_2 = 100$$

$$\bar{x}_2 = 600 \text{ г};$$

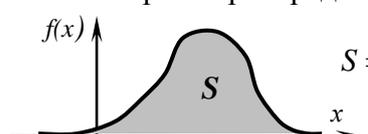
$$\sigma_{\bar{x}_2} = 80 \text{ г}.$$

Можно ли с вероятностью $P = 0,95$ утверждать, что влияние стимулятора существенно? Сохраняется или отвергается нулевая гипотеза?

Таблица 1. Виды событий

№ п/п	Название	Определение	Примеры	Вероятность события
1	Достоверное	непрерывно произойдет	испытание – выбор белого шара из урны с белыми шарами; событие A – выбор белого шара	$P(A) = 1$
2	Невозможное	заведомо не произойдет	событие A – выбор черного шара из урны с белыми шарами	$P(A) = 0$
3	Несовместные	при одном испытании не могут произойти	одновременно появление 5-ти и 6-ти очков при бросании игральной кости	
4	Совместные	при одном испытании могут произойти	A – появление 5-ти очков; B – появление нечетного числа очков при бросании игральной кости	
5	Полная группа событий	при каждом испытании одно из событий этой группы непременно произойдет	получение отметки (2, 3, 4 или 5) на экзамене	Для полной группы несовместных событий $\sum_{i=1}^n P_i = 1$
6	Противоположные	два несовместных события, составляющие полную группу	A – получение зачета; \bar{A} (не A) – неполучение зачета	$P(A) + P(\bar{A}) = 1$
7	Равновозможные	не одно из событий не является объективно возможным больше, чем другое	Появление 1-го, 2-х, ..., или 6-ти очков при бросании игральной кости	$P(A_i) = \frac{1}{n}$, где $i = 1, 2, \dots, n$
8	Независимые	вероятность одного из событий не зависит от того, произошло ли другое событие или нет	Появление герба или числа при повторном бросании монеты. В урне 10 шаров: 3 белых, 7 черных. Испытание – выбор шаров с возвращением в урну. A – выбор белого шара; $P(A) = 3/10$; B – выбор черного шара; $P(B) = 7/10$. Пусть событие A произошло, т.е. выбран белый шар и возвращен в урну; $P(B/A) = 7/10 = P(B)$	$P(B/A) = P(B)$, где $P(B/A)$ – условная вероятность события B при условии, что событие A произошло
9	Зависимые	вероятность одного из событий зависит от того, произошло другое событие или нет	В урне 10 шаров: 3 белых, 7 черных. Испытание – выбор шаров без возвращения в урну. A – выбор белого шара; $P(A) = 3/10$; B – выбор черного шара; $P(B) = 7/10$. Пусть событие A произошло, т.е. выбран белый шар; в урне осталось 9 шаров; $P(B/A) = 7/9 \neq P(B)$	$P(B/A) \neq P(B)$

**Таблица 2. Случайные величины, их числовые характеристики
и способы описания закона распределения**

<i>Дискретная случайная величина</i>	<i>Непрерывная случайная величина</i>												
Определение													
Случайная величина, принимающая в промежутке возможных значений													
отдельные изолированные друг от друга значения	любые значения												
Геометрическое изображение													
 отдельные изолированные точки	 непрерывная линия												
Законы распределения													
1. Интегральная функция распределения – вероятность того, что случайная величина X примет значение, меньше x заданного $F(x) = P(X < x)$													
 график $F(x)$ – ступенчатая линия	 график $F(x)$ – непрерывная линия												
$0 \leq F(x) = P(X < x) \leq 1$													
2. Ряд распределения <table border="1" data-bbox="287 1030 606 1142"> <tr> <td>x</td> <td>x_1</td> <td>x_2</td> <td>x_3</td> <td>x_4</td> <td>x_5</td> </tr> <tr> <td>p</td> <td>p_1</td> <td>p_2</td> <td>p_3</td> <td>p_4</td> <td>p_5</td> </tr> </table>	x	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	p	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	2. Дифференциальная функция распределения $f(x) = F'(x)$
x	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5								
p	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5								
3. Многоугольник распределения 	3. Кривая распределения 												
Условие нормировки													
$\sum_{i=1}^n p_i = 1$	$\int_{-\infty}^{+\infty} f(x)dx = 1$												
Вероятность попадания в интервал (a;b) $P(a < x < b) = F(b) - F(a)$													
$P(a < x < b) = \int_a^b f(x)dx = S_{\text{криволинейной трапеции}}$													
Математическое ожидание (характеризует среднее значение случайной величины)													
$M = \sum_{i=1}^n x_i p_i$	$M = \int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot f(x)dx$												
Дисперсия (характеризует средний разброс (рассеяние) значений случайной величины относительно математического ожидания)													
$D = \sum_{i=1}^n (x_i - M)^2 p_i$	$D = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - M)^2 f(x)dx$												

<i>Среднее квадратичное отклонение</i> (характеризует средний разброс (рассеяние) значений случайной величины относительно математического ожидания)
$\sigma = \sqrt{D}$
<i>Нормированное отклонение</i> (характеризует на сколько σ отличается значение случайной величины x_i от математического ожидания)
$t_i = \frac{x_i - M}{\sigma}$

ФИЗИКА

Характеристики и уравнения колебательных процессов

План практического занятия

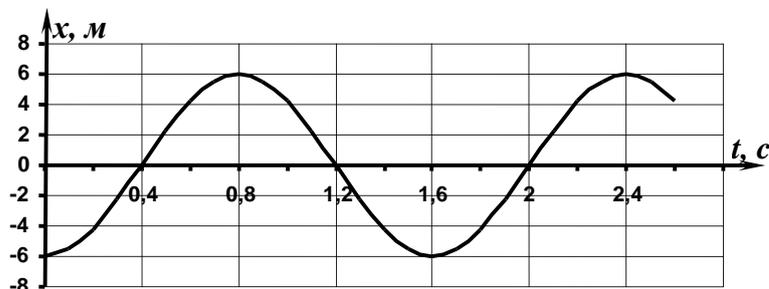
1. Колебание. Классификация колебаний по природе. Классификация колебаний по форме.
2. Периодические колебания. Период. Частота.
3. Гармонические колебания. Амплитуда. Фаза. Начальная фаза. Циклическая частота.
4. Аналитическое, графическое представление гармонического колебания.
5. Разложение периодического колебания на гармонические составляющие. Теорема Фурье.
6. Гармонический спектр. Спектральные характеристики периодических и непериодических колебаний:
 - а) амплитудно-частотная;
 - б) фазо-частотная.
7. Классификация колебаний по характеру воздействия на колебательную систему (свободные (незатухающие и затухающие) и вынужденные колебания).
8. Динамические и дифференциальные уравнения колебаний, их решение и анализ.
9. Зависимость амплитуды вынужденных колебаний от частоты вынуждающей силы и коэффициента затухания (резонансные кривые). Резонанс.

Литература

1. Лекция «Характеристики и уравнения колебательных процессов»
2. Снигирева Т.А. и [др.] Учебный тезаурус курса медицинской и биологической физики: учеб. пособ. – Ижевск: Экспертиза, 2012. – 70 с.
3. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 4. С. 33-40.
4. Физика и биофизика: учебник / под ред. В.Ф. Антонова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с. §§ 1.1-1.6.
5. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 7.1., 7.5. – 7.6.
6. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч.І. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с. §§ 21, 23.

Типовые задачи

1. По уравнению колебания $x = 10 \sin(20\pi t + \frac{\pi}{3})$ определить его параметры: амплитуду, период, частоту, циклическую частоту, фазу, начальную фазу. Построить график колебания.
2. По графику колебания, представленному на рисунке, определить его параметры: амплитуду, период, частоту, циклическую частоту, начальную фазу. Записать его уравнение.



Записать уравнение результирующего колебания.

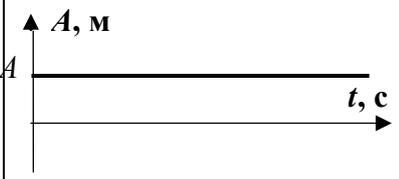
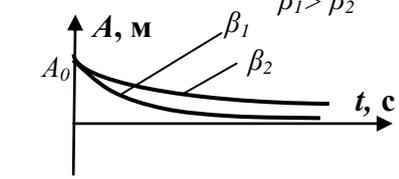
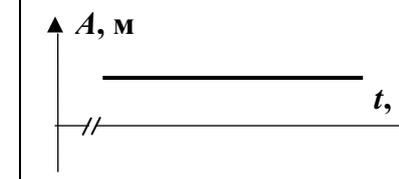
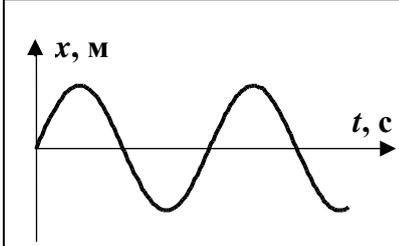
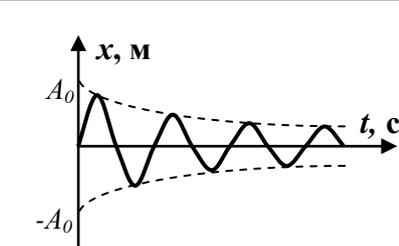
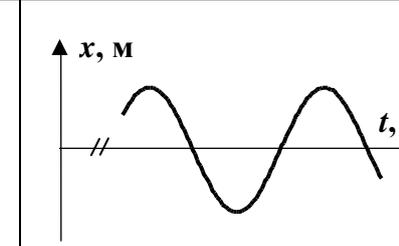
3. Построить амплитудно-частотный (АЧХ) и фазо-частотный (ФЧХ) спектры сложного колебания, заданного уравнением

$$x(t) = 10 + 10 \sin 20t + 5 \sin(40t - \frac{\pi}{2}) + 8 \sin(60t + \pi)$$

Определить форму данного колебания, частоту и период, с которыми оно совершается.

4. Амплитуда тела, совершающего гармонические колебания, равна 5 см. Период колебаний 0,1 с. Масса тела 20 г. Написать уравнение колебания и его решение, учитывая, что в начальный момент времени смещение было равно половине амплитуды. Найти $v(t)$ и $a(t)$.
5. Груз массой 1 кг. Закреплен на стержне с пружинами и может двигаться, скользя по этому стержню с трением ($r = 6 \frac{\text{кг}^2}{\text{с}}$). Известно, что для смещения груза на $\Delta x = 4 \text{ см}$ из положения равновесия необходимо приложить силу $F = 1 \text{ Н}$. В начальный момент времени груз сместили на 2 см от положения равновесия и отпустили. Написать дифференциальное уравнение движения груза и его решение. Начертить график $x(t)$.
6. Тело совершает свободные колебания с коэффициентом затухания 2 с^{-1} , собственной циклической частотой 5 рад/с и начальной фазой $\pi/3$. Записать дифференциальное уравнение колебания и зависимость $x(t)$ этого колебания.
7. По дифференциальному уравнению колебания $0,4x'' + 0,12x' + 1,6x = 0,8 \sin 6t$ определить:
 - а) вид колебания;
 - б) частоту, с которой совершается колебание;
 - в) коэффициент затухания;
 - г) собственную циклическую частоту системы;
 - д) резонансную частоту.
8. Частота собственных колебаний доски, положенной через ручей, равна 0,5 Гц. Наступит ли явление механического резонанса, если по доске будет проходить человек, делающий по 6 шагов за каждые 3 с?

Таблица 3. **Виды механических колебаний** * пояснения к табл. 3 см. ниже

Свободные		Вынужденные
незатухающие	затухающие	
<i>Силы, действующие в системе, где совершаются колебания</i>		
$F_{\text{упр}}$	$F_{\text{упр}}, F_{\text{тр}}$	$F_{\text{упр}}, F_{\text{тр}}, F_{\text{вн}}$
<i>Второй закон Ньютона (динамическое уравнение)</i>		
$ma = F_{\text{упр}}$	$ma = F_{\text{упр}} + F_{\text{тр}}$	$ma = F_{\text{упр}} + F_{\text{тр}} + F_{\text{вн}}$
<i>Вывод дифференциального уравнения колебания</i>		
$ma = -kx$ $ma + kx = 0 \mid \div m$ $a + \frac{k}{m}x = 0$ $x'' + \omega_0^2 x = 0$	$ma = -kx - r\dot{v}$ $ma + r\dot{v} + kx = 0 \mid \div m$ $a + \frac{r}{m}\dot{v} + \frac{k}{m}x = 0$ $x'' + 2\beta x' + \omega_0^2 x = 0$	$ma = -kx - r\dot{v} + F_{\text{max}} \sin \omega_{\text{вн}} t$ $ma + r\dot{v} + kx = F_{\text{max}} \sin \omega_{\text{вн}} t \mid \div m$ $a + \frac{r}{m}\dot{v} + \frac{k}{m}x = \frac{F_{\text{max}}}{m} \sin \omega_{\text{вн}} t$ $x'' + 2\beta x' + \omega_0^2 x = f_{\text{max}} \sin \omega_{\text{вн}} t$
<i>Дифференциальное уравнение колебания</i>		
$x'' + \omega_0^2 x = 0$	$x'' + 2\beta x' + \omega_0^2 x = 0$	$x'' + 2\beta x' + \omega_0^2 x = f_{\text{max}} \sin \omega_{\text{вн}} t$
<i>Решение дифференциального уравнения, зависимость $x = f(t)$</i>		
$x = A \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$	$x = A_0 e^{-\beta t} \sin(\omega_3 t + \varphi_0)$	$x = A_g \sin(\omega_{\text{вн}} t + \varphi_0)$
<i>Частота, с которой совершается колебание</i>		
ω_0 – собственная циклическая частота; $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$	ω_3 – частота затухающих колебаний $\omega_3 = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$	$\omega_{\text{вн}}$ – частота внешней периодической силы
<i>Зависимость амплитуды колебания от времени</i>		
$A = \text{const}$ 	$A = A_0 e^{-\beta t}$ $\beta_1 > \beta_2$ 	$A_g = \text{const}$ 
<i>График колебания, зависимость смещения от времени</i>		
		

Основные величины и их соотношения (пояснения к табл. 3)

$F_{упр}$ – сила упругости – сила, возвращающая систему в положение равновесия.

$$F_{упр} = -kx, \text{ где } k \text{ – коэффициент жесткости (упругости); } [k] = H/m;$$

x – смещение тела от положения равновесия;

Знак «-» указывает на противоположное направление силы упругости по отношению к направлению смещения тела от положения равновесия.

$$F_{тр} \text{ – сила трения; } F_{тр} = -r\nu; \text{ где } r \text{ – коэффициент трения; } [r] = \kappa\sigma/c;$$

ν – скорость движения тела.

Знак «-» указывает на противоположное направление силы трения по отношению к скорости движения тела.

$F_{вн}$ – внешняя периодическая сила, в частном случае – гармоническая;

$$F_{вн} = F_{\max} \sin \omega_{вн} t, \text{ где } F_{\max} \text{ – амплитуда внешней периодической силы;}$$

$\omega_{вн}$ – частота внешней периодической силы.

$\nu = x'$; ν – скорость колеблющегося тела (первая производная смещения по времени); $[\nu] = m/c$

$a = x''$; a – ускорение колеблющегося тела (вторая производная смещения по времени); $[a] = m/c^2$

$$\frac{k}{m} = \omega_0^2; \omega_0 \text{ – собственная циклическая частота; } \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}; [\omega_0] = \text{рад}/c$$

$$\frac{r}{m} = 2\beta; \beta \text{ – коэффициент затухания; } [\beta] = c^{-1};$$

$$\frac{F_{\max}}{m} = f_{\max};$$

A_g – амплитуда вынужденных колебаний.

Таблица 4. Виды спектров колебаний

Форма колебания		периодическое		непериодическое
		гармоническое	негармоническое	
Графическое представление спектра	АЧХ			
	ФЧХ			
Название спектра		линейчатый (дискретный)		сплошной (непрерывный)
Описание спектра		одна линия на частоте колебания	совокупность линий на частотах $\omega, 2\omega, 3\omega, \dots, n\omega$	оглабающая бесчисленного множества линий на всех частотах диапазона от ω' до ω'' (в общем случае от 0 до ∞)

Характеристики и уравнения волновых процессов

План практического занятия

1. Волны. Классификация по природе. Продольные и поперечные волны.
2. Распространение волн в упругой среде.
3. Волновая поверхность. Фронт волны. Длина волны.
4. Уравнение волны в общем виде, уравнение плоской гармонической волны, уравнение сферической волны.
5. Графики волны: зависимость $S = f(t)$ при $x = const$; зависимость $S = f(x)$ при $t = const$.
6. Поток и плотность потока энергии волны. Вектор Умова.
7. Эффект Доплера.
8. Дифракция волн. Условие проявления дифракции. Принцип Гюйгенса.
9. Когерентные источники и когерентные волны.
10. Интерференция волн. Условия максимумов и минимумов интерференции.

Литература

1. Лекция «Характеристики и уравнения волновых процессов».
2. Снигирева Т.А. и [др.] Учебный тезаурус курса медицинской и биологической физики: учеб. пособ. – Ижевск: Экспертиза, 2012. – 70 с.
3. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 5. С. 41-50.
4. Физика и биофизика: учебник / под ред. В.Ф. Антонова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с. §§ 2.1, 4.3.
5. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 7.8., 7.9., 7.11.
6. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч.І. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с., §24

Типовые задачи

1. Источник совершает колебания по закону $S = 5 \sin 20t$.
 - а) Записать уравнение волны, если скорость распространения колебаний 1000 м/с
 - б) Записать уравнение и построить график колебания для точки, находящейся на расстоянии 150 м от источника.
 - в) Найти длину волны.
2. Интенсивность плоской волны в воздухе $I = 10^{-10} \text{ Вт/м}^2$. Найти амплитуду колебаний частиц воздуха при нормальных условиях и объёмную плотность энергии колебательного движения, если скорость волны $v = 330 \text{ м/с}$, частота $\nu = 1000 \text{ Гц}$. Плотность воздуха $\rho = 1,29 \text{ кг/м}^3$.
3. Источник колебания излучает волны длиной 6 м . Определить разность фаз в двух точках пространства, удаленных от источника на 20 и 35 м .
4. Длина волны $1,6 \text{ м}$. На каком расстоянии находятся ближайшие частицы, совершающие колебания в противоположных фазах?
5. Лодка качается на морских волнах с периодом 2 с . Определить длину морской волны, если она распространяется со скоростью 4 м/с .

6. Определить длину волны, если две точки среды, расположенные на одном луче на расстоянии 0,8 м, совершают колебания с разностью фаз $\pi/8$.
7. Разность хода двух когерентных волн в данной точке равна 10 м. Усиливается или ослабляется амплитуда колебания в этой точке, если длина волны равна 4 м?
8. Два когерентных источника колеблются в одинаковых фазах с частотой 500 Гц. Скорость распространения волн равна 340 м/с. Каков результат интерференции волн в точке, расположенной от первого источника на расстоянии 30 м, а от второго на 65,7 м?
9. Что будет наблюдаться в точке А при наложении когерентных волн (максимум или минимум), если $\lambda = 1$ м, расстояние от источника первой волны до точки А $r_1 = 7$ м, от источника второй волны до точки А $r_2 = 5$ м?
10. Движущийся по реке теплоход дает звуковой сигнал частоты $\nu_0 = 400$ Гц. Стоящий на берегу наблюдатель воспринимает звук свистка как колебания с частотой $\nu = 395$ Гц. С какой скоростью u движется теплоход? Приближается или удаляется он от наблюдателя? Скорость звука в воздухе $v = 340$ м/с.

Электрические и магнитные свойства тканей организма

План практического занятия

1. Классификация веществ по электрическим свойствам (выучить самостоятельно по таблице):
 - а) свободные и связанные заряды;
 - б) ток проводимости и ток поляризации;
 - в) основные носители заряда в проводниках, полупроводниках и диэлектриках.
2. Электрические свойства тканей организма.
 - а) основные виды зарядов в клетке (ткани);
 - б) особенности движения зарядов при внесении клетки в постоянное электрическое поле;

- в) виды поляризации в клетке;
 - г) моделирование процессов эквивалентными электрическими схемами.
3. Эквивалентная электрическая схема тканей организма.
 4. Классификация веществ по магнитным свойствам.

Литература

1. Лекция «Электрические и магнитные свойства тканей организма».
2. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 13. С. 110-117. Лекция 18. С. 158-160. Лекция 19. С. 172-174. Лекция 35. С. 303-310.
3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 13.1, 14.6, 15.1-15.5.
4. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч.І. – М.: Высш. шк, 1978. – 336 с. § 34 (с.112), §§ 35-36.

Типовые задачи

Определить эквивалентное сопротивление в цепи последовательного, параллельного и смешанного соединений сопротивлений.

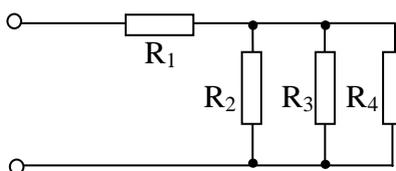
1. Определите эквивалентное сопротивление цепи $R_{экв}$, если

$$R_1 = 2 \text{ Ом},$$

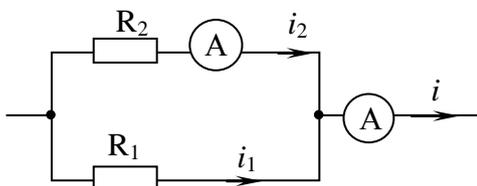
$$R_2 = 2 \text{ Ом},$$

$$R_3 = 4 \text{ Ом},$$

$$R_4 = 5 \text{ Ом}$$



2. Найдите R_2 , если известно, $R_1 = 3 \text{ Ом}, i = 25 \text{ А}, i_2 = 5 \text{ А}$



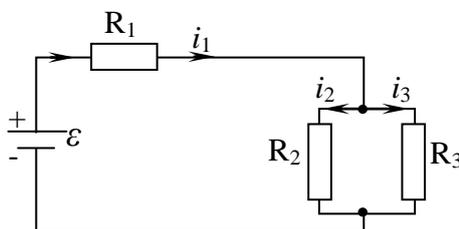
3. Найдите токи i_1, i_2, i_3 и мощность, выделяемую в резисторе R_3 , если

$$\varepsilon = 100 \text{ В}$$

$$R_1 = 20 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 10 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 30 \text{ Ом}$$



Биологическая ткань при подключении к источнику постоянной и переменной ЭДС

План практического занятия

1. Биологическая ткань при подключении к источнику постоянной ЭДС. Экспериментальная зависимость силы тока от времени.
2. Расчет силы тока при замене участка биологической ткани эквивалентной электрической схемой.
3. Биологическая ткань при подключении к источнику гармонической ЭДС. Зависимость силы тока от времени.
4. Зависимость полного сопротивления (импеданса) биологической ткани от частоты в эксперименте и на основании анализа эквивалентной электрической схемы.
5. Зависимость импеданса от функционального состояния сердечно-сосудистой системы. Реография.

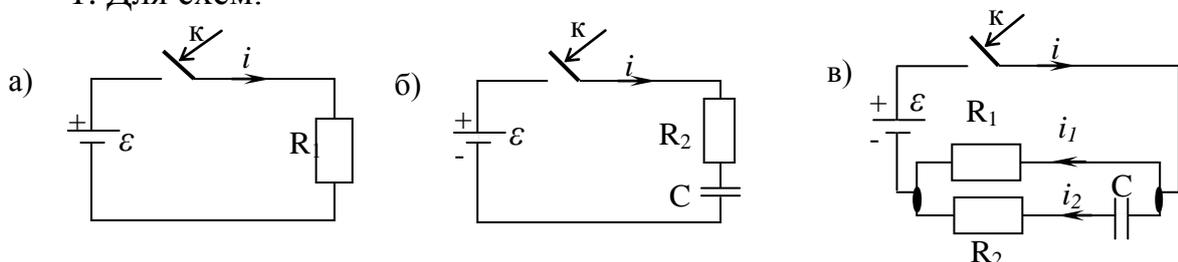
Литература

1. Лекция «Электрические и магнитные свойства тканей организма».
2. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 13. С. 110-117. Лекция 18. С. 158-160. Лекция 19. С. 172-174. Лекция 35. С. 303-310.
3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 13.1, 14.6, 15.1-15.5.
4. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч. I. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с. § 34 (с.112), §§ 35-36.

Типовые задачи

Задачи о подключении биологических тканей к источнику постоянной ЭДС

1. Для схем:

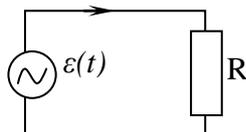


по заданным значениям $\varepsilon = 5 \text{ В}$, $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $C = 2 \text{ мкФ}$, записать закон изменения тока $i(t)$ после включения ключа К в момент времени $t = 0$.

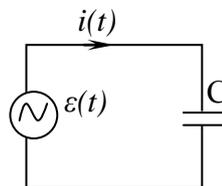
Постройте графики: $i_1(t)$; $i_2(t)$; $i(t)$.

Расчет цепей с источником гармонической ЭДС

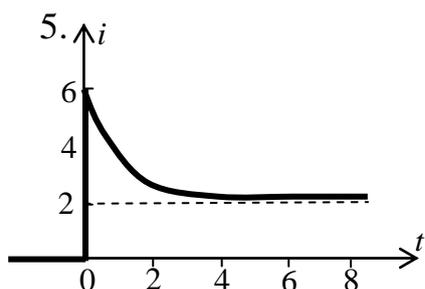
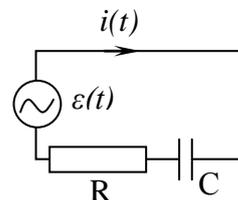
2. Определите силу тока $i(t)$, если $R = 10 \text{ Ом}$, $\varepsilon = 30 \sin 500t$. Вычислите импеданс и постройте график $z(\omega)$.



3. Определите силу тока $i(t)$, если $C = 200 \text{ мкФ}$, $\varepsilon = 30 \sin 500t$. Вычислите импеданс и постройте график $z(\omega)$.



4. Найдите импеданс z схемы, если $R = 2 \text{ Ом}$, $C = 5 \text{ мкФ}$. Найдите силу тока $i(t)$, если $\varepsilon = 30 \sin 500t$. Постройте график $z(\omega)$.



На основании графика общего тока $i(t)$ в эквивалентной схеме тканей организма найти: ξ , $R_{\text{пол.}}$, если $R_{\text{пров}} = 6 \text{ Ом}$.

5. Дан график $z(\omega)$ для живой ткани. Определите $R_{\text{пол.}}$ и $R_{\text{пров}}$.

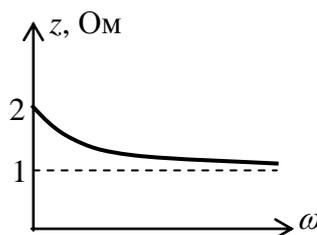
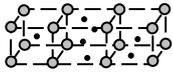
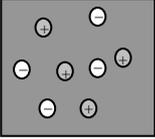
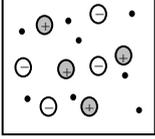
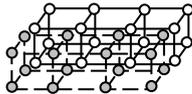


Таблица 5. Сравнительная характеристика электрического и магнитного поля

Сравнительные характеристики	Электростатическое поле	Постоянное магнитное поле
Определение	Особая форма существования материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между неподвижными электрическими зарядами	равномерно движущимися электрическими зарядами
Источник поля	неподвижный электрический заряд	1) движущиеся электрические заряды; 2) проводники с током
Можно обнаружить	по действию на электрический заряд	по действию на движущиеся электрические заряды или магнитную стрелку
Силовая характеристика поля	\vec{E} – вектор напряженности электрического поля; $E = \frac{F}{q}$; численно равен силе Кулона, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в данную точку поля, к величине этого заряда; $[E] = \text{Н/Кл}$; для однородного электрического поля $[E] = \text{В/м}$.	\vec{B} – вектор магнитной индукции; $B = \frac{F_A}{Il \sin \alpha},$ где F_A – сила Ампера, сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля; I – сила тока в проводнике; l – длина проводника; α – угол между направлением вектора магнитной индукции и силой тока в проводнике; $[B] = \text{Тл}$
Скалярная характеристика поля	φ – потенциал; численно равен потенциальной энергии положительного единичного заряда в данной точке поля; $\varphi = \frac{W_p}{q}$; $[\varphi] = \text{В}$	Φ – магнитный поток $\Phi = BS \cos \alpha,$ где B – вектор магнитной индукции; S – площадь рамки, ограниченной проводником с током; α – угол между перпендикуляром, восстановленным к центру рамки с током и направлением вектора магнитной индукции; $[\Phi] = \text{Вб}$
Поле можно изобразить	Силовыми линиями (линии напряженности). Касательная к силовой линии в любой точке показывает направление вектора \vec{E} . Силовые линии не замкнуты, начинаются на положительных и заканчиваются на отрицательных зарядах	Линиями магнитной индукции. Касательная к силовой линии в любой точке показывает направление вектора \vec{B} . Линии магнитной индукции замкнуты. Магнитное поле – вихревое поле.
Характеристика среды	ε_r – относительная диэлектрическая проницаемость среды; характеризует во сколько раз поле ослабляется веществом	μ_r – относительная магнитная проницаемость среды; характеризует во сколько раз поле усиливается веществом

Таблица 6. Классификация веществ по электрическим свойствам

Класс веществ	Проводники			Полупроводники		
	I рода металлы	II рода электролиты	плазма	химически чистые	с примесями	
					n-типа	p-типа
Особенности строения	<p>в узлах кристаллической решётки расположены «+» ионы, а между ними хаотически движутся свободные электроны</p> 	<p>вещества, распадающиеся в воде на ионы</p> 	<p>сильно ионизированный газ</p> 	<p>кристаллические вещества, атомы которых имеют ковалентную связь. В результате теплового движения электрон может оторваться от атома. Образовавшийся при этом «+» заряд называется дыркой</p>		
Примеры	Pt, Ag, Au, Cu	растворы кислот, щелочей, солей	звёзды, газовые туманности, слои ионосферы	Si, Ge, In, As	Si+ <u>As</u>	Si+ <u>In</u>
Основные носители заряда	свободные			свободные		
	электроны	ионы	электроны ионы	электроны дырки	электроны	дырки
Основной процесс под действием электрического поля	упорядоченное движение свободных зарядов по всему объёму вещества – ток проводимости			упорядоченное движение свободных зарядов от атома к близко расположенным атомам – ток проводимости		
Название процесса	электронная проводимость	ионная проводимость	электронная и ионная проводимость	собственная проводимость	примесная проводимость	
					электронная	дырочная
Удельное сопротивление ρ , Ом·м	$10^{-8} \div 10^{-6}$			$10^{-3} \div 10^6$		
Характер изменения удельного сопротивления при увеличении температуры	увеличивается вследствие усиления теплового движения электронов и ионов и увеличения числа их столкновений	уменьшается за счет увеличения числа свободных зарядов вследствие				
		диссоциации		ионизации		

Класс веществ	Диэлектрики		
Характеристики	с полярными молекулами	с неполярными молекулами	ионные кристаллы
Особенности строения	Молекулы у которых центры симметрии «+» и «-» зарядов не совпадают – диполи 	Молекулы у которых центры симметрии «+» и «-» зарядов совпадают 	В узлах кристаллической решетки расположены «+» и «-» ионы. Кристалл в целом можно рассматривать как систему вдвинутых одна в другую подрешеток 
Примеры	H ₂ O, NH ₃ , SO ₂ , CO	N ₂ , H ₂ , O ₂ , CO ₂ , CH ₄	NaCl, KCl, KBr
Основные носители заряда	связанные		
	ядра атомов и электроны		ионы
Основной процесс под действием электрического поля	упорядоченное ограниченное смещение связанных зарядов в пределах атома, молекулы, макроструктуры – ток поляризации		
Название процесса	дипольная (ориентационная) поляризация	электронная (деформационная) поляризация	ионная (макроструктурная) поляризация
Удельное сопротивление ρ , Ом·м	$10^6 \div 10^{15}$		
Характер изменения удельного сопротивления при увеличении температуры	уменьшается за счет увеличения числа свободных зарядов вследствие ионизации		

Электрические свойства клетки

Внутренняя среда клетки (цитоплазма) и среда, окружающая клетку (межклеточное вещество) являются проводниками II-го рода (электролитами). Мембрана клетки является диэлектриком.

Электрические свойства тканей организма

Ткани живого организма по электрическим свойствам являются проводниками II-го рода (электролиты) и диэлектриками. К проводящим тканям относятся: спинномозговая жидкость, кровь, лимфа, мышцы и т.д., диэлектриками являются: сухая кожа, кость без надкостницы, связки, сухожилия, жировая ткань.

Таблица 7. Процессы, происходящие в клетке, помещённой в постоянное электрическое поле

Вид зарядов	Описание процесса	Схема процесса	Время процесса τ , с	Название процесса	Эквивалентная электрическая схема
Свободные ионы	Свободные ионы проходят сквозь мембрану, что сопровождается тепловыми потерями, т.е. преобразованием электрической энергии в тепловую энергию.	\vec{E}_0 – вектор напряжённости внешнего электрического поля 	$10^{-18} \div 10^{-16}$	ток проводимости	
Связанные ионы	Ионы перемещаются внутри клетки и скапливаются около клеточных мембран. Происходит разделение зарядов. Сопровождается потерей энергии.	\vec{E}' – вектор напряжённости электрического поля диэлектрика 	$10^{-8} \div 10^{-3}$	макροструктурная поляризация	
Связанные заряды в полярной молекуле	Связанные заряды в полярной молекуле (диполи) поворачиваются, ориентируясь по электрическому полю. Процесс сопровождается потерями энергии.	$\vec{E}_0 = 0$ 	$10^{-13} \div 10^{-7}$	дипольная (ориентационная) поляризация	
Связанные заряды в неполярной молекуле	Электроны смещаются вдоль линий напряжённости. Происходит деформация электронных оболочек. Молекулы становятся полярными. Процесс происходит почти без потерь энергии.	$\vec{E}_0 = 0$ 	$10^{-16} \div 10^{-14}$	электронная (деформационная) поляризация	

Таблица 8. Классификация веществ по магнитным свойствам

	Название вещества		
	Диамагнетики	Парамагнетики	Ферромагнетики
Относительная магнитная проницаемость среды μ_r	$\mu_r < 1$	$\mu_r > 1$	$\mu_r \gg 1$
Влияние на внешнее магнитное поле	внешнее магнитное поле незначительно ослабляется	внешнее магнитное поле незначительно усиливается	внешнее магнитное поле существенно усиливается
Примеры веществ	вода, органические соединения, <i>Zn, Pb, Ag, Au</i> и др.	<i>N₂, O₂, Mn, Cr, Pt</i> и др.	<i>Fe, Ni, Co</i> и их сплавы

Воздействие на биологические ткани различными электрическими факторами. Основы электротерапии

План практического занятия

1. Раздражение и возбуждение. Порог раздражения.
2. Электрическое раздражение. Ощутимый ток. Порог ощутимого тока. Неотпускающий ток. Порог неотпускающего тока.
3. Зависимость порогового тока от скорости его нарастания. Закон Дюбуа Реймона.
4. Зависимость порогового тока от длительности прямоугольного импульса. Уравнение Вейса-Лапика.
5. Зависимость порогового тока от частоты импульсов.
6. Тепловое действие электрического тока и его зависимость от частоты.
7. Классификация основных методов электротерапии по физическим характеристикам фактора, действующего на ткани организма.
8. Вывод формулы удельного количества теплоты, выделяющегося в тканях, при: а) диатермии; б) УВЧ-терапии (для тканей проводников; для тканей диэлектриков).

Литература

1. Лекция «Воздействие на ткани организма электрическим током или электромагнитным полем».

2. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 19. С. 164-170.

Типовые задачи

1. По уравнению Вейса-Лапика $i_n = \frac{20}{t_u} + 5$ определить реобазу и хронаксию.

Построить график $i_n(t_u)$ и обозначить на нем реобазу и хронаксию.

Таблица 9. Классификация основных методов электротерапии

№ п/п	Физический фактор воздействия	Режим действия Н – непрерывный; И – импульсный	Название метода	Первичный лечебный эффект Р – раздражающий; Т – тепловой
I. Контактные методы. Воздействие током через контактно наложенные электроды				
1	Постоянный электрический ток	Н	Гальванизация Лечебный электрофорез $U = 40-60$ В; $i = 20-50$ мА	Р
2	Ток постоянного направления	И	Электростимуляция (электросон, электроанаркоз, электроаналгезия и т.п.)	Р
3	Переменный ток ВЧ $\nu \sim 0,2 - 30$ МГц	И	Дарсонвализация $\nu \sim 500$ кГц	Р
4	Переменный ток ВЧ	Н	Диатермия $\nu \sim 1-2$ МГц	Т
II. Бесконтактные методы (воздействие электрическим, магнитным, электромагнитным полем)				
1	Постоянное электрическое поле	Н	Аэрононизация Статдуш Франклиннизация	Р
2	Постоянное магнитное поле	Н	Магнитотерапия	Р
3	Магнитное поле ВЧ	Н	Индуктотермия $\nu \sim 10-15$ МГц	Т
4	Электрическое поле УВЧ $\nu \sim 30-300$ МГц	Н	УВЧ-терапия $\nu \sim 40-50$ МГц	Т
5	Электромагнитное поле СВЧ $\nu > 300$ МГц	Н	Микроволновая терапия	Т

Основы геометрической и волновой оптики. Часть 1

План практического занятия

1. Природа света. Свет как электромагнитные волны. Уравнение плоской гармонической световой волны. Шкала электромагнитных волн. Свет как поток фотонов (гипотеза Планка).
2. Распространение света в веществе
 - 2.1. Геометрическая оптика. Законы геометрической оптики.
 - 2.2. Полное внутреннее отражение света. Предельный угол. Волоконная оптика. Рефрактометрия.
3. Предел разрешения. Разрешающая способность оптических приборов (теория Аббе).

Литература

1. Лекция «Основы волновой и геометрической оптики».
2. Физика и биофизика: учебник / под ред. В.Ф. Антонова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с. §§ 5.3, 5.4, 7.2.
3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. М.: Высш. школа, 1987. – с. 638., §§ 18.8, 18.9, 25.1, 25.4, 26.1. 26.10, 29.2.
4. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 19. С. 161-164. Лекция 23. С. 198-205. Лекция 25. С. 218-221. Лекция 31. С. 274-277.

Типовые задачи

1. Зрительное ощущение у человека может возникнуть, если энергия попадающего в глаз света составляет $2 \cdot 10^{-13}$ Дж. Сколько квантов красного света с длиной волны $\lambda = 700$ нм должно одновременно попасть в глаз для создания зрительного ощущения?
2. Предельный угол полного отражения на границе стекло-жидкость $\alpha_{пр} = 65^\circ$. Определите показатель преломления жидкости, если показатель преломления стекла $n = 1,5$.

Основы геометрической и волновой оптики. Часть 2

План практического занятия

1. Взаимодействие света с веществом

1.1. Поляризация света. Закон Малюса. Оптическая активность. Поляриметрия.

1.2. Поглощение света. Закон Бугера. Закон Бера. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Концентрационная колориметрия

2. Выходной контроль по обеим частям.

Литература

1. Лекция «Основы волновой и геометрической оптики».
5. Антонов В.Ф. и др. Физика и биофизика: учебник. М. 2008 §§ 5.3, 5.4, 7.2.
6. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. М.: Высш. школа, 1996, §§ 26.10, 26.8, 25.1, 25.4, 29.2.
7. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 19. С. 161-164. Лекция 23. С. 198-205. Лекция 25. С. 218-221. Лекция 31. С. 274-277.

Типовые задачи

1. Определите удельное вращение раствора сахара, концентрация которого $C = 0,33 \text{ г/см}^3$, если при прохождении монохроматического света через трубку с раствором угол поворота плоскости поляризации $\alpha = 22^\circ$. Длина трубки $x = 10 \text{ см}$.
2. В кювете находится раствор крови с концентрацией $0,85 \text{ моль/л}$. Удельный показатель поглощения в законе Бера для этого раствора равен $0,35 \text{ л/(см·моль)}$. Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность света при прохождении его через кювету высотой 8 см , заполненную этим раствором.

Таблица 10. Оптические методы исследования в медицине

Суть метода	Явление, закон, свойства лежащие в основе метода	Примечание
волоконная оптика, эндоскопия		
<p><i>эндоскоп</i> – оптическая система, при помощи которой осматривают внутренние полые органы (например, желудок, пищевод, кишечник) и полости (брюшную, таза). В устройство эндоскопа входит волоконно-оптический световод, подсоединённый к телевизионной камере или окуляру. <i>Световод</i> – тонкое гибкое волокно, состоящее из кварцевой сердцевины с высоким показателем преломления и окружающей её оболочки из кварца с меньшим показателем преломления. Часть волокон проводит свет внутрь органа или полости пациента, остальные – передают изображение на телекамеру или окуляр</p>	<p>полное внутреннее отражение, закон преломления</p>	<p>передача света и изображения поверхности полого органа по любым траекториям и с малыми потерями энергии</p>
рефрактометрия		
<p>метод определения показателя преломления веществ</p>	<p>преломление, закон преломления</p>	<p>применяется для идентификации химических соединений, количественного и структурного анализа, определения физико-химических параметров веществ (например, содержание белка в крови и т.п.)</p>
поляриметрия, сахариметрия		
<p>метод определения концентрации веществ</p>	<p>поляризация, оптическая активность веществ</p> $C = \frac{\alpha}{[\alpha_0]x}$ <p>где C – концентрация оптически активного вещества; α – угол поворота плоскости поляризации; x – толщина слоя раствора; $[\alpha_0]$ – удельное вращение</p>	<p>например, определение концентрации сахара в моче</p>
концентрационная колориметрия		
<p>метод количественного анализа, основанный на определении концентрации вещества в растворе путем измерения интенсивности света, поглощенной этим раствором</p>	<p>поглощение, закон Бугера – Ламберта – Бера</p> $I = I_0 e^{-\chi Cx}$	<p>определение концентрации исследуемого раствора</p> <p>Пусть есть два раствора одного и того вещества, концентрация C_1 и толщина слоя x_1 известны. Изменяя толщину слоя x_2 раствора искомой концентрации C_2, добиваются равенства интенсивностей света на выходе</p> $C_2 = \frac{x_1}{x_2} C_1$

БИОФИЗИКА

Механические свойства и модели биологических тканей

План практического занятия

1. Сравнительные характеристики агрегатных состояний вещества.
2. Действие внешних сил на твердые тела. Деформация. Упругая и неупругая деформации. Виды деформаций (продольная, сдвиг, изгиб, кручение).
3. Механические свойства твердых тел. Закон Гука.
4. Диаграмма деформации твердого тела.
5. Идеальные механические модели (упругая, вязкая). Графики зависимости относительного удлинения от времени.
6. Механические модели биологических тканей (модель Максвелла, модель Кельвина-Фойхта, модель Зинера). Графики зависимости относительного удлинения от времени.
7. Механические свойства биологических тканей.

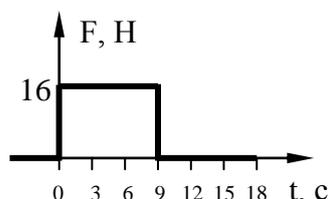
Литература

1. Лекция «Механические свойства и модели биологических тканей».
2. Снигирева Т.А. и [др.] Учебный тезаурус курса медицинской и биологической физики: учеб. пособ. – Ижевск: Экспертиза, 2012. – 70 с.
3. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 11 С. 90-100.
4. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 10.1 – 10.4.

Типовые задачи

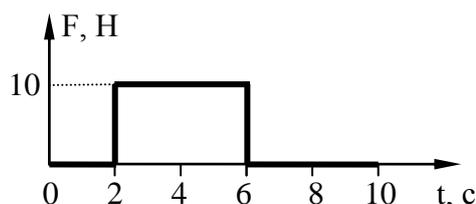
1. Какую силу надо приложить к стальной проволоке длиной 2 м для ее растяжения на 1 мм? Площадь сечения проволоки $0,5 \text{ мм}^2$. Модуль Юнга стали $2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$.

2. Определите абсолютное удлинение сухожилия длиной 4 мм и площадью сечения 10^{-6} м^2 под действием силы 320 Н. Модуль упругости сухожилия принять равным 10^9 Па . Считать сухожилие абсолютно упругим телом.
3. К вязкому элементу $S = 2 \text{ м}^2$, $\eta = 4 \text{ Па}\cdot\text{с}$ прикладывается сила F , график изменения которой представлен на рисунке. Определите относительную деформацию ε в моменты времени. Постройте график $\varepsilon(t)$.



- а) $t = 0 \text{ с}$,
 б) $t = 3 \text{ с}$,
 в) $t = 9 \text{ с}$,
 г) $t = 15 \text{ с}$.

4. К упругому элементу $S = 2 \text{ м}^2$, $E = 4 \text{ Н/м}^2$ прикладывается сила F , график изменения которой представлен на рисунке. Определите относительную деформацию ε в моменты времени. Постройте график $\varepsilon(t)$.



- а) $t = 0 \text{ с}$,
 б) $t = 2 \text{ с}$,
 в) $t = 6 \text{ с}$,
 г) $t = 10 \text{ с}$.

Таблица 11. Сравнительные характеристики агрегатных состояний вещества

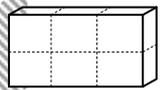
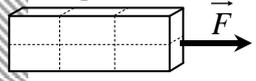
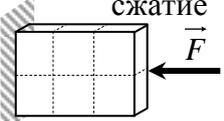
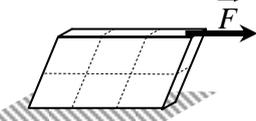
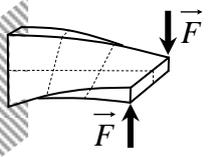
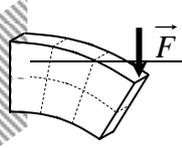
Сравнительные характеристики	Агрегатные состояния			
	газообразное	жидкое	твёрдое	
			аморфное	кристаллическое
Соотношение между размером молекулы d и расстоянием между ними l	$d \ll l$	$d \approx l$	$d \leq l$	
Силы взаимодействия между молекулами	F_z	$<$	$F_{ж}$	$<$ $F_{тт}$
Соотношение между кинетической энергией E_k (энергией движения) и потенциальной энергией E_n (энергией взаимодействия) молекул	$E_k > E_n$	$E_k \approx E_n$	$E_k < E_n$	
Характер движения молекул вещества	хаотичное движение (свободный пробег до столкновения)	колебания около временных положений равновесия и пе-	колебания около постоянных положений равновесия	

		рескакивание на новые	
--	--	--------------------------	--

продолжение табл. 11

Порядок в расположении молекул	нет порядка	ближний	ближний	дальний
Плотность	$\rho_г$	$<$	$\rho_ж$	$<$ $\rho_{тт}$
Постоянство формы	нет	нет	есть	
Постоянство объема	нет (занимает весь предоставленный объем)	есть (малосжимаема)	есть	
При увеличении t°	<u>испарение</u> ←		← <u>плавление</u>	
При уменьшении t°	→ <u>конденсация</u>		→ <u>кристаллизация</u>	
Явление, возникающее под действием внешних сил	деформация (текучесть)	деформация (текучесть)	деформация	

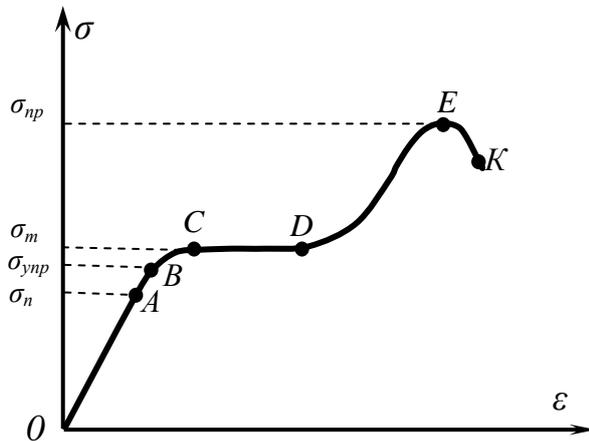
Таблица 12. Классификация деформации по направлению приложения внешней силы

Вид деформации	Направление приложения внешней силы	Результат деформации	Пример деформации в организме человека
	тело до деформации 		
продольная	растяжение \vec{F} 	изменение начальной длины и площади поперечного сечения тела	верхние конечности, связки, сухожилия и мышцы позвоночник, нижние конечности под действием силы тяжести
	сжатие \vec{F} 		
сдвиг		смещение слоев тела относительно друг друга	кровь при течении в сосудах, возникновение резаной раны на коже
кручение		отдельные слои тела остаются параллельными, но смещаются относительно друг друга на некоторый угол	шейный отдел позвоночника при повороте головы
изгиб		растяжение одной стороны тела и сжатие	позвоночник при наклонах корпуса, деформация

		другой	стопы при ходьбе
--	--	--------	------------------

Диаграмма деформации твердого тела

Результаты экспериментов по растяжению твердого тела изображаются в виде зависимости $\sigma(\epsilon)$ – *диаграммы деформации* твердого тела.



Диаграмму можно разбить на несколько участков:

OB – участок упругой деформации, который состоит из участков **OA** и **AB**. **OA** – участок упругой деформации с прямо пропорциональной зависимостью между σ и ϵ . На этом участке выполняется закон Гука.

Предел пропорциональности (σ_n) – максимальное механическое напряжение, при котором еще выполняется закон Гука.

AB – участок упругой деформации с нелинейной зависимостью $\sigma(\epsilon)$.

Предел упругости ($\sigma_{упр}$) – максимальное механическое напряжение, при котором деформация еще сохраняет упругий характер.

BCDEK – участок неупругой деформации, который включает:

BC – участок упруго-пластической деформации.

CD – участок *текучести* материала. Текучесть – явление удлинения тела при неизменной силе.

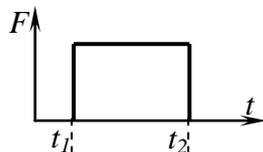
Предел текучести (σ_m) – механическое напряжение, при достижении которого тело изменяет свои размеры при неизменной внешней силе.

DE – участок достижения предела прочности материала

Предел прочности ($\sigma_{пр}$) – максимальное механическое напряжение, которое выдерживает образец без разрушения.

EK – участок разрушения тела.

Таблица 13. Механические модели биологических тканей и их деформация под действием постоянной внешней силы



Название и схема	График	Законы	Биологическая ткань
идеальные модели			
<p><i>упругая</i></p>		<p>закон Гука</p> $\varepsilon = \frac{F}{SE}$	
<p><i>вязкая</i></p>		<p>следствие закона Ньютона для вязкой жидкости</p> $\varepsilon = \frac{F}{S\eta}t,$ <p>где η – вязкость жидкости</p>	
модели биологических тканей			
<p><i>упруго-вязкая (Максвелла)</i></p>		$\varepsilon = \frac{F}{SE} + \frac{F}{S\eta}t$	<p>гладкие мышцы (мочевой пузырь, желудок)</p>
<p><i>вязко-упругая (Кельвина-Фойхта)</i></p>		$\varepsilon = \frac{F}{SE} \left(1 - e^{-\frac{E}{\eta}t} \right)$	<p>скелетные мышцы</p>
<p><i>комбинированная (Зинера)</i></p>		$\varepsilon = \frac{F}{SE_2} + \frac{F}{SE_3} \left(1 - e^{-\frac{E_2}{\eta}t} \right)$	<p>костная ткань</p>

Физические свойства жидкостей

План практического занятия

1. Физические явления на границах агрегатных состояний
 - 1) поверхностное натяжение;

- 2) смачивание и несмачивание;
 - 3) капиллярные явления;
 - 4) газовая эмболия;
2. Закономерности течения идеальной жидкости
- 1) уравнение неразрывности струи;
 - 2) уравнение Бернулли;
3. Реология
- 1) основные понятия (внутреннее трение, напряжение сдвига, градиент скорости, уравнение течения, кривая течения);
 - 2) ньютоновские жидкости;
 - 3) неньютоновские жидкости;
 - 4) реологические свойства крови.

Литература

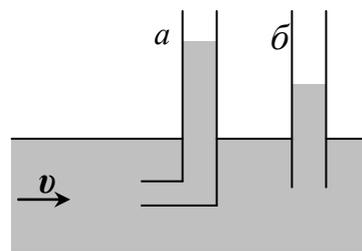
1. Лекция «Физические свойства жидкостей».
2. Камашев Г.Я. и [и др.] Лабораторные работы по физике: учеб.-метод. пособ. – Ижевск: Экспертиза, 2012. 68 с. Лабораторная работа № 3 «Исследование реологических свойств жидкостей» (теоретическая часть).
3. Снигирева Т.А. и [др.] Учебный тезаурус курса медицинской и биологической физики: учеб. пособ. – Ижевск: Экспертиза, 2012. – 70 с.
4. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 9.1, 9.7, 9.8
5. Физика и биофизика: учебник / под ред. В.Ф. Антонова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с. §§ 21.1.
6. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 9, 10 С. 77-84.
7. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч.І. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с. §§ 15, 17, 53, 54.

Типовые задачи

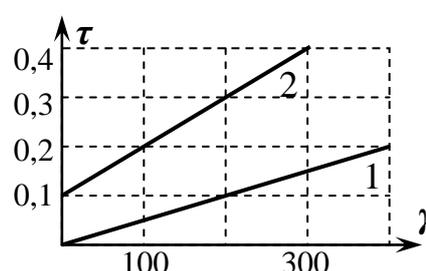
1. Наблюдая под микроскопом движение эритроцитов в капилляре, можно измерить скорость течения крови ($v_{\text{кап}} = 0,5 \text{ мм/с}$). Средняя скорость тока крови

в аорте $v_a = 40 \text{ см/с}$. На основании этих данных определите, во сколько раз сумма поперечных сечений всех функционирующих капилляров больше сечения аорты.

2. Трубка Пито (а) позволяет по высоте столба жидкости измерять полное давление p . Статическое давление p_1 в движущейся жидкости измеряется трубкой, нижнее сечение которой параллельно линиям тока (б). Вычислите скорость течения керосина, если известно, что $p = 13,3 \text{ кПа}$, $p_1 = 2,66 \text{ кПа}$, $\rho_{\text{керосин}} = 800 \text{ кг/м}^3$.



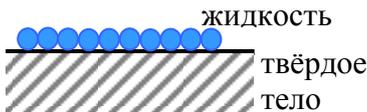
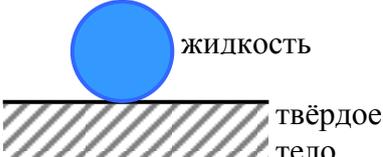
3. Определите высоту подъема воды в капилляре, внутренний радиус которого $0,01 \text{ см}$. Плотность воды 1000 кг/м^3 , коэффициент поверхностного натяжения $0,072 \text{ Н/м}$, смачивание идеальное ($\theta = 0$).



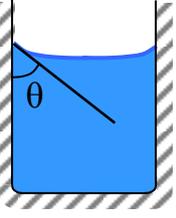
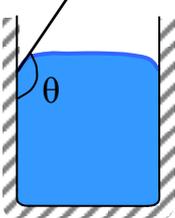
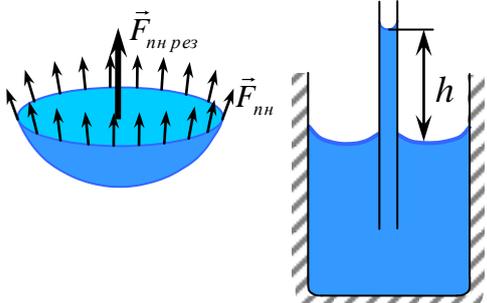
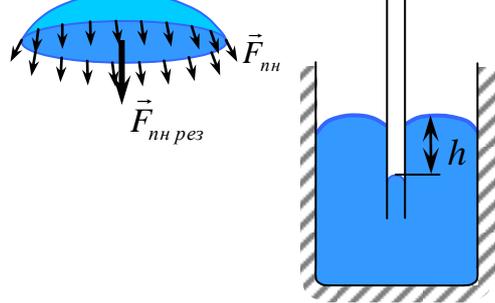
4. Запишите уравнения течения жидкостей, кривые течения которых представлены на рисунке.

Таблица 14. Явления на границе жидкости и твёрдого тела

Соотношение между $F_{ж,ж}$ и $F_{ж,тв.т}$	$F_{ж,ж} < F_{ж,тв.т}$	$F_{ж,ж} > F_{ж,тв.т}$
Название явления	<i>смачивание</i>	<i>несмачивание</i>
Вид капли жидкости на поверхности твёрдого тела		
Значения краевого угла	$0 \leq \theta < \frac{\pi}{2}$	$\frac{\pi}{2} < \theta \leq \pi$

Предельные случаи	$\theta = 0$ – идеальное смачивание 	$\theta = \pi$ – идеальное несмачивание 
--------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

продолжение табл. 14

Вид поверхности жидкости у стенок сосуда		
Капиллярные явления		

Гемодинамика Часть 1

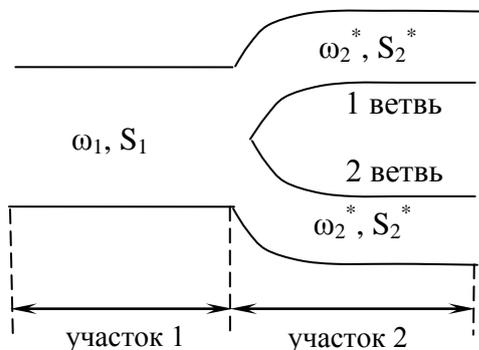
План практического занятия

1. Ламинарное и турбулентное течение вязкой жидкости по трубам. Число Рейнольдса.
2. Профиль скоростей течения жидкости по сечению трубы. Формула Пуазейля.
3. Закон Гагена-Пуазейля.
4. Изменение давления при течении вязкой жидкости по трубам постоянного и переменного сечения.
5. Аналогия между течением жидкости и электрическим током. Гидравлическое сопротивление.
6. Гидравлическое сопротивление последовательно и параллельно соединенных труб.
7. Гидродинамика течения крови. Изменение скорости и среднего давления крови вдоль кровеносных сосудов.

Типовые задачи

1. Чему равно гидравлическое сопротивление трубы, если объёмная скорость $2 \text{ м}^3/\text{с}$, а разность давлений в начале и в конце трубы 50 Па ?

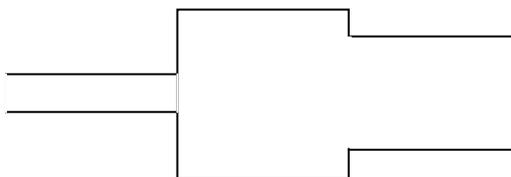
2. Труба, по которой течет вязкая жидкость, состоит из двух участков (см. рисунок).



Участок 1 имеет площадь поперечного сечения $S_1 = 10 \text{ кв.ед.}$ и гидравлическое сопротивление $\omega_1 = 20 \text{ ед.}$ Участок 2 состоит из двух одинаковых ветвей, площади поперечного сечения которых $S_2^* = 20 \text{ кв.ед.}$ Найдите:

- гидравлическое сопротивление каждой из ветвей участка 2 – ω_2^* ,
- общее гидравлическое сопротивление участка 2 – ω_2 ,
- общее гидравлическое сопротивление всей трубы – $\omega_{1,2\text{экв}}$.

3. Труба, по которой течет вязкая несжимаемая жидкость, состоит из трёх участков одинаковой длины (см. рис.). Постройте график изменения давления жидкости вдоль трубы.



Гемодинамика Часть 2

План практического занятия

- Механическая модель участка сердечно-сосудистой системы.
- Электрическая модель участка сердечно-сосудистой системы.
- Пульсовая волна. Уравнение пульсовой волны. Анализ уравнения (графики зависимости $p(x)$ и $p(t)$).
- Работа и мощность сердца.

Типовые задачи

- Вычислите работу левого и правого желудочков, если работа сердца равна $1,2 \text{ Дж}$.
- Вычислите мощность сердца за 2 минуты, если работа сердца равна 360 Дж .

Литература

1. Лекция «Гемодинамика».
2. Снигирева Т.А. и [др.] Учебный тезаурус курса медицинской и биологической физики: учеб. пособ. – Ижевск: Экспертиза, 2012. – 70 с.
3. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 10 С. 84-89. Лекция 12. С. 101-109.
4. Физика и биофизика: учебник / под ред. В.Ф. Антонова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с. §§ 21.2. 21.3.
5. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 7.1., 7.5. – 7.6.

Таблица 15. Аналогия между течением жидкости и электрическим током

	движение зарядов – электрический ток	движение (течение) жидкости
основной закон	закон Ома $I = \frac{U}{R}$	закон Гагена – Пуазейля $Q = \frac{\Delta p}{\omega}$
причины появления движения	на концах проводника есть разность потенциалов – напряжение $U = \varphi_1 - \varphi_2$	на концах трубы есть разность давлений $\Delta p = p_1 - p_2$
величина, характеризующая скорость переноса	сила тока $I = \frac{q}{t}$	объёмная скорость $Q = \frac{V}{t}$
величина, характеризующая потери энергии	электрическое сопротивление где ρ – удельное сопротивление $R = \rho \frac{l}{S}$	гидравлическое сопротивление $\omega = \frac{8\eta l}{\pi R^4}$

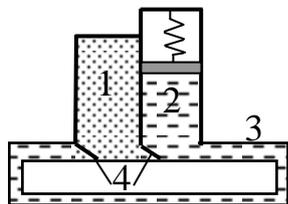
Таблица 16. Сопоставление участка ССС с соответствующим элементом модели

участок ССС	функция	элемент механической модели	элемент электрической модели
левый желудочек сердца	поддержание движения крови в ССС	насос	источник периодической ЭДС
клапаны сердца	обеспечение движения крови по ССС в одном направлении	клапаны	диод
эластичные сосуды	запасание крови в момент систолы и проталкивание её в момент диастолы для непрерыв-	камера с поршнем на пружине	конденсатор

	ного тока		
неэластичные сосуды	преобразование одного вида энергии в другой	недеформируемая, жёсткая труба	резистор

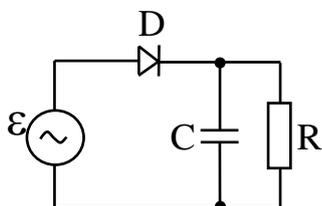
Модели сердечно-сосудистой системы

Механическая модель



- 1 – насос (действующий периодически)
- 2 – камера с поршнем на пружине
- 3 – недеформируемая, жёсткая труба
- 4 – клапаны

Электрическая модель



- ϵ – источник периодической ЭДС
- C – конденсатор
- R – резистор
- D – диод

Физические процессы в биологических мембранах

План практического занятия

1. Биологические мембраны. Современные представления о строении и функциях биологических мембран.
2. Классификация видов транспорта веществ через мембрану.
3. Виды пассивного транспорта: простая диффузия, диффузия через поры и диффузия с помощью молекул-переносчиков.
4. Явления переноса. Уравнение диффузии. Уравнение электропроводности.
5. Уравнение пассивного транспорта молекул (незаряженных частиц) через мембрану. Проницаемость мембраны. Особенности применения уравнения для диффузии через поры и диффузии с помощью молекул-переносчиков.
6. Уравнение пассивного транспорта ионов (заряженных частиц) через биологическую мембрану. Электродиффузионное уравнение Нернста-Планка. Составление и анализ решения.

7. Характеристика состояния системы с помощью понятия градиента. Активный транспорт. K^+ - Na^+ – насос.
8. Мембранный потенциал. Природа мембранного потенциала.
9. Потенциал покоя. Теория стационарного мембранного потенциала. Уравнение Гольдмана-Ходжкина-Катца.
10. Потенциал действия. Определение. Фазы. Распространение потенциала действия по возбудимой клетке в форме автоволны.

Литература

1. Лекция «Физические процессы в биологических мембранах».
2. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 14, 15. С. 119-134.
3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 7.1., 7.5. – 7.6.

Типовые задачи

1. Определите плотность потока незаряженных частиц через биомембрану, если коэффициент диффузии $10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$, а градиент концентрации $3 \cdot 10^{10} \text{ моль}/\text{м}^4$.
2. Найдите коэффициент проницаемости плазматической мембраны *Mycoplasma* для формамида, если при разнице концентраций этого вещества внутри и снаружи мембраны, равной $0,5 \cdot 10^{-4} \text{ моль}/\text{л}$, плотность потока его через мембрану равна $8 \cdot 10^{-4} \frac{\text{моль} \cdot \text{см}}{\text{л} \cdot \text{с}}$
3. Определите равновесный мембранный потенциал, создаваемый на бислойной липидной мембране ионами калия при температуре 20°C , если концентрация калия с одной стороны мембраны равна $10^{-3} \text{ моль}/\text{л}$, а с другой $10^{-5} \text{ моль}/\text{л}$.

Таблица 17. Виды явлений переноса

Явление	Название (примеры)	Неоднородность	Градиент	Плотность потока	Уравнение

Перенос массы m	диффузия (распространение запахов, растворение веществ)	концентрации	$gradC = \frac{dC}{dx}$	$J_m = \frac{m}{t \cdot S}$, где J_m – плотность потока массы; $[J_m] = \frac{кг}{с \cdot м^2}$	диффузии (уравнение Фика) $J_m = -D \frac{dC}{dx}$, где D – постоянная диффузии (Фика)
-----------------------------	---------------------------------------------------------	--------------	-------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------

продолжение табл. 17

Перенос заряда q	электропроводность (электрический ток)	электрического потенциала	$grad\varphi = \frac{d\varphi}{dx}$	$J_q = \frac{q}{t \cdot S}$, где J_q – плотность потока заряда; $[J_q] = \frac{Кл}{с \cdot м^2}$	электропроводности $J_q = -\sigma \frac{d\varphi}{dx}$, где σ – удельная электропроводность
Перенос энергии W	теплопроводность (нагревание и охлаждение)	температуры	$gradT = \frac{dT}{dx}$	$J_w = \frac{W}{t \cdot S}$, где J_w – плотность потока энергии; $[J_w] = \frac{Дж}{с \cdot м^2}$	теплопроводности $J_w = -k \frac{dT}{dx}$, где k – коэффициент теплопроводности
Перенос импульса p	вязкость (внутреннее трение) (перемещение одного слоя относительно другого при перемешивании жидкости или газа)	скорости	$gradv = \frac{dv}{dx}$	$J_p = \frac{p}{t \cdot S}$, где J_p – плотность потока импульса; $[J_p] = \frac{кг \cdot м / с}{с \cdot м^2}$	вязкости (внутреннего трения) $J_p = -\eta \frac{dv}{dx}$, где η – коэффициент вязкости

Биофизические основы применения теплового излучения в медицине

План практического занятия

1. Тепловое излучение.

1.1. Тепловое излучение. Основные свойства теплового излучения.

1.2. Количественные характеристики теплового излучения.

1.3. Виды спектров. Спектральный анализ.

1.4. Абсолютно черное тело. Серые тела.

1.5. Закон Кирхгофа.

1.6. Законы теплового излучения АЧТ (закон Стефана-Больцмана, закон

Вина).

1.7. Диагностические методы, основанные на тепловом излучении тела.
Термография. Тепловидение.

2. Люминесценция. Механизм возникновения фотолюминесценции.
Правило Стокса для фотолюминесценции. Люминесцентный анализ.

Типовые задачи

1. Вычислите спектральную излучательную способность АЧТ, если спектральная излучательная способность серого тела, находящегося с ним в тепловом равновесии, $0,42 \text{ Вт/м}^3$, а поглощательная способность $0,7$.
2. В медицине для диагностики ряда заболеваний получил распространенный метод, называемый термографией. Он основан на регистрации различия теплового излучения здоровых и больных органов, обусловленного небольшим отличием их температур. Вычислите, во сколько раз отличаются термодинамические температуры и полные излучательные способности участков поверхности тела человека, имеющих температуры $30,0$ и $30,5$ °C соответственно.
3. Температура абсолютно черного тела изменилась с $T = 1000 \text{ К}$ до $T = 250 \text{ К}$. Как и во сколько раз изменится полная излучательная способность тела?
4. В результате изменения температуры серого тела максимум спектральной излучательной способности сместился с $\lambda = 2400 \text{ нм}$ на $\lambda = 800 \text{ нм}$. Как и во сколько раз изменится полная излучательная способность тела?

Литература

1. Лекция «Люминесценция. Тепловое излучение».
2. Физика и биофизика: учебник / под ред. В.Ф. Антонова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с. §§ 9.1, 6.1, 6.2, 25.3.
3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика. – М.: Высш. шк., 1987. – 638 с. §§ 27.1 -27.3, 27.5 – 27.7.
4. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 26. С. 222-229. Лекция 32. С. 280-286.

Дополнительный материал

Количество ультрафиолетовых лучей, достигающих земной поверхности, зависит от высоты Солнца над горизонтом. Спектр ультрафиолетовых лучей Солнца, достигающих земной поверхности, очень узок – 400...290 нм (озон поглощает ультрафиолетовые лучи короче 295 нм)

Ультрафиолетовый спектр разделяют на ультрафиолет-А (УФ-А) с длиной волны 315-400 нм, ультрафиолет-В (УФ-В) -280-315 нм и ультрафиолет-С (УФ-С) - 100-280 нм которые отличаются по проникающей способности и биологическому воздействию на организм.

Ультрафиолет активно влияет на синтез мелатонина и серотонина – гормонов, отвечающих за циркадный (суточный) биологический ритм.

Таблица 18. Зоны ультрафиолетового излучения

Название	Биологическое действие	Примечание
УФ-А антирахитная	вызывает: - образование витамина D из провитаминов, находящихся в организме; - загар; - фотоаллергические реакции	УФ-А не задерживается озоновым слоем, проходит сквозь стекло и роговой слой кожи. За счет поглощения, отражения и рассеивания при прохождении через эпидермис, в дерму проникает только 20-30% УФ-А и около 1% от общей его энергии достигает подкожной клетчатки
УФ-В эритемная	вызывает: - образование витамина D из провитаминов, находящихся в организме; - загар; - ожог глаз; - канцерогенез	Большая часть УФ-В поглощается озоновым слоем, который «прозрачен» для УФ-А. Так что доля УФ-В во всей энергии ультрафиолетового излучения в летний полдень составляет всего около 3%. Он практически не проникает сквозь стекло, на 70% отражается роговым слоем, на 20% ослабляется при прохождении через эпидермис – в дерму проникает менее 10%. Однако длительное время считалось, что доля УФ-В в повреждающем действии ультрафиолета составляет 80%, поскольку именно этот спектр отвечает за возникновение эритемы солнечного ожога
УФ-С бактерицидная	вызывает: - эритему;	УФ-С (200-280 нм) поглощается озоновым сло-

	- канцерогенез; - мутации; используется для дезинфекции	ем. В случае использования искусственного источника ультрафиолета, он задерживается эпидермисом и не проникает в дерму
--	---------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Таблица 19. **Использование теплового излучения в медицине**

	Инфракрасное излучение	Видимое излучение	Ультрафиолетовое излучение
условные границы диапазонов	λ_2 нм 10^6	760	380 315 280 200 10
			A B C
источники излучения	излучение атомов и молекул		излучение атомов
действие на организм	фотобиологические процессы		
	активация терморецепторов	активация зрительных рецепторов	фотохимические реакции на поверхности кожи
применение в медицине	диагностика	картирование тепловых полей организма – тепловидение, термография	люминесцентные методы
	терапия	тепловое лечение – прогревание	светолечение, лазерная терапия

Таблица 20. **Оптические методы исследования в медицине**

Суть метода	Явление, закон, свойства лежащие в основе метода	Примечание
спектральный анализ		
совокупность методов качественного и количественного определения состава объекта, основанных на изучении спектров	тепловое излучение, закон Кирхгофа	качественный состав определяется путём сравнения спектра исследуемого вещества со спектром химических элементов. Количественное содержание элемента в данном веществе определяется по относительной или абсолютной интенсивностям линий или полос в спектрах
тепловидение		
получение видимого изображения объектов по их собственному либо отражённому от них тепловому излучению.	тепловое излучение	служит для определения местоположения и формы объектов, находящихся в темноте или в оптически непрозрачных средах, а также для изучения степени нагретости отдельных участков сложных поверхностей и внутрен-

		ней структуры тел, прозрачных в видимом свете
термография		
диагностический метод, основанный на регистрации и измерении интенсивности теплового излучения поверхности тела человека или её отдельных участков	тепловое излучение	например, изучение кровоснабжения конечностей

продолжение табл. 20

люминесцентный анализ		
метод исследования различных объектов под действием УФ излучения, вызывающего люминесценцию этих объектов	люминесценция	позволяет исследовать вещество без его разрушения и при чрезвычайно малых количествах люминесцирующих примесей. В криминалистике: обнаружение невидимых следов крови; фальшивых денежных купюр; подлинность картин. В ветеринарно-санитарной экспертизе: контроль качества продуктов питания. В медицине: распознавание возбудителей инфекционных заболеваний (туберкулёз, сибирская язва, сальмонеллез и пр.); наличие подкожных кровоизлияний

Биофизические основы применения рентгеновского излучения в медицине

План практического занятия

1. Природа рентгеновского излучения. Положение рентгеновского излучения на шкале электромагнитных волн. Свойства рентгеновского излучения.
2. Устройство рентгеновской трубки. Механизм возникновения тормозного рентгеновского излучения, его спектр.
4. Механизм возникновения характеристического рентгеновского излучения и его спектр. Влияние атомного номера элемента на характеристический спектр. Закон Мозли.
5. Виды взаимодействия рентгеновского излучения с веществом: когерентное рассеяние, фотоэффект, Комптон-эффект.
6. Ослабление рентгеновского излучения при прохождении через вещество. Формула коэффициента поглощения рентгеновского излучения.

7. Использование рентгеновского излучения в медицине: рентгеноскопия, рентгенография, флюорография. Компьютерная томография.

Литература

1. Лекция «Рентгеновское излучение».
2. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 27. С. 230-238.
3. Физика и биофизика: учебник / под ред. В.Ф. Антонова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с. §§ 10.1-10.4.
4. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 31.1-31.4.
5. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч.І. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с. §§ 114-115.

Типовые задачи

1. Найти коротковолновую границу тормозного рентгеновского излучения, если к рентгеновской трубке приложено напряжение 30 кВ.
2. На какую величину изменится минимальная длина волны (коротковолновая граница) в спектре тормозного рентгеновского излучения при увеличении напряжения в рентгеновской трубке с 100 кВ до 150 кВ?
3. Во сколько раз изменится величина потока тормозного рентгеновского излучения, если напряжение в рентгеновской трубке увеличить с 80 кВ до 160 кВ?
4. Во сколько раз изменится поток тормозного рентгеновского излучения, если в рентгеновской трубке вольфрамовый анод заменить молибденовым, а напряжение и ток накала в трубке оставить неизменным.
5. Найти скорость электронов, вырываемых из вольфрама рентгеновским излучением длиной волны 180 нм, если работа выхода электрона из вольфрама (энергия ионизации) составляет 4,5 эВ.

$$1\text{эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$$

$$m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

Таблица 21. **Первичные процессы, вызываемые рентгеновским излучением в веществе**

Название процесса	Соотношение между $h\nu$ и E_u	С чем взаимодействует R-фотон	Уравнение процесса	Результат взаимодействия
Когерентное рассеяние	$h\nu < E_u$	С внешними электронами атомов	$h\nu = h\nu'$ $\nu = \nu'$	Изменяется только направление распространения фотона, при этом частота фотона не меняется

продолжение табл. 21

Фотоэффект	$h\nu \geq E_u$	Преимущественно с внешними электронами атомов	$h\nu = A_g + \frac{m\nu^2}{2}$	Фотон поглощается, при этом 1) из атома вылетает электрон (ионизация); 2) электрон получает кинетическую энергию; 3) атом возбуждается
Некогерентное рассеяние (Комптон – эффект)	$h\nu \gg E_u$	Преимущественно с внутренними электронами атомов	$h\nu = A_g + \frac{m\nu^2}{2}$ $h\nu > h\nu'$ $\nu' < \nu$	Фотон поглощается, при этом 1) из атома вылетает электрон (ионизация); 2) электрон получает кинетическую энергию; 3) излучается вторичный фотон с меньшей частотой

Пояснения к табл. 21.

$h\nu$ – энергия фотона рентгеновского излучения; E_u – энергия ионизации или работа выхода электрона из атома (A_g); это энергия, необходимая для удаления электрона за пределы атома или молекулы.

Энергия ионизации тем больше, чем ближе электрон к ядру, т.е. E_u электронов внутренних оболочек больше, чем электронов внешних оболочек.

Таблица 22. Применение рентгеновского излучения в медицине

Название процедуры	Где получается изображение?	Какое изображение?	Как выглядит изображение?
Рентгеноскопия	на люминесцентном экране	позитивное	костная ткань – темная мышечная ткань – светлая
Рентгенография	на фотопленке	негативное	костная ткань – светлая мышечная ткань – темная

Флюорография	на люминесцентном экране, затем проецируется на фотопленку малого формата	негативное	костная ткань – светлая мышечная ткань – темная
Томография	на фотопленке	негативное (послойное)	костная ткань – светлая мышечная ткань – темная
Компьютерная томография	на экране монитора (телевизора)	черно-белое, цветное (объемное)	в натуральном виде

Биофизические основы использования радиоактивного излучения в медицине

План практического занятия

1. Ядро как составная часть атома. Размеры ядра, состав. Изотопы, изобары.
2. Основные характеристики ядра: зарядовое число, массовое число, энергия связи, дефект массы, удельная энергия связи.
3. Ядерные силы и их свойства.
4. Радиоактивность. Естественная и искусственная радиоактивность. Основные типы радиоактивного распада: α , β – электронный, β – позитронный, электронный захват, спонтанное деление. Реакции образования в ядре, уравнение распада. Спектры излучения. γ -излучение, как основная форма уменьшения энергии ядра. Спектр γ -излучения. Свойства радиоактивных излучений.
5. Основной закон радиоактивного распада. Зависимости числа нераспавшихся и распавшихся ядер от времени.
6. Характеристики радиоактивного распада: постоянная распада, период полураспада, активность. Физический смысл, единицы измерения. Связь характеристик между собой.

Литература

1. Лекция «Радиоактивность».
2. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 28. С. 239-243.

3. Физика и биофизика: учебник / под ред. В.Ф. Антонова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с. §§ 12.1.

Типовые задачи

1. Укажите состав ядра атома кобальта ${}_{27}^{56}\text{Co}$. Вычислите энергию связи нуклонов в ядре, если масса ядра $m_{\text{я}} = 55,93991$ а.е.м., масса нейтрона $m_n = 1,008667$ а.е.м., масса протона $m_p = 1,00783$ а.е.м.
2. Что представляет собой второй продукт ядерной реакции ${}^1_7\text{N} + \alpha \rightarrow {}^{17}_8\text{O} + X$?
3. Ядро атома содержит 16 нейтронов и 15 протонов, вокруг него обращаются 15 электронов. Эта система частиц –
 - 1) ион фосфора ${}^{31}_{15}\text{P}$
 - 2) ион серы ${}^{31}_{16}\text{S}$
 - 3) атом серы ${}^{31}_{16}\text{S}$
 - 4) атом фосфора ${}^{31}_{15}\text{P}$
4. Сколько происходит α - и β -распадов при радиоактивном распаде ${}^{238}_{92}\text{U}$, если он превращается в ${}^{198}_{82}\text{Pb}$?
5. Из какого ядра после одного α -распада и одного β -распада образуется ядро ${}^{211}_{83}\text{Bi}$?
 - 1) ${}^{216}_{84}\text{Po}$
 - 2) ${}^{219}_{86}\text{Rh}$
 - 3) ${}^{211}_{80}\text{Hg}$
 - 4) ${}^{215}_{84}\text{Po}$
6. Найдите число нераспавшихся ядер и активность радиоактивного вещества через 8 суток, если начальное число ядер 10^{10} , период полураспада 2 суток.
7. Какова активность радиоактивного препарата, если в течение 10 минут распадается 18000 ядер этого вещества?
8. 75% изначально имевшихся ядер радиоактивного изотопа распалось за 1 час. Каков период полураспада этого изотопа?
9. Период полураспада радиоактивного фосфора ${}^{30}_{15}\text{P}$ равен 3 минуты. Чему равна постоянная распада этого элемента?

Таблица 23. Основные характеристики ядра

Название, характеристики	Обозначение	Определение	Формула для нахождения
Атомный номер	Z	Номер химического элемента в периодической системе элементов. Равен числу протонов в ядре, числу электронов в электронной оболочке	
Массовое число	A	Число нуклонов в ядре	$A = Z + N$
Число нейтронов	N	1_0n – нейтрон, нейтральная частица, входящая в состав ядра	$N = A - Z$

в ядре			
Энергия связи ядра	$E_{св}$	Это энергия, которая выделяется при образовании ядра из свободных нуклонов, или энергия, которую необходимо затратить, чтобы разделить ядро на свободные нуклоны	$E_{св} = \Delta m \cdot c^2$
Дефект массы	Δm	Разность между суммарной массой нуклонов и массой ядра покоя	$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M_{я}$
Удельная энергия связи	$\varepsilon_{св}$	Средняя энергия связи, приходящаяся на 1 нуклон	$\varepsilon_{св} = \frac{E_{св}}{A}$

Атом – мельчайшая частица химического элемента, сохраняющая его свойства. Атом состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженной оболочки, образованной электронами.

Размеры атома $R_a \sim 10^{-10}$ м, размер ядра атома $R_{я} \sim 10^{-15}$ м

В 1932 году советский физик Д.Д. Иваненко и немецкий ученый В. Гейзенберг предложили модель ядра атома, которая позднее была обоснована исследованиями и принята в настоящее время. Согласно этой модели, ядра атомов состоят из двух видов элементарных частиц – протонов и нейтронов, называемых вместе **нуклонами**.

В атомной физике за единицу массы принимается 1/12 массы атома изотопа углерода $^{12}_6C$, которая называется **атомной единицей массы** (а.е.м.) и с округлением равна $1,66 \cdot 10^{-27}$ кг.

Протон и нейтрон имеют массу, близкую к единице:

масса протона $m_p = 1,007595$ а.е.м. ≈ 1 а.е.м.

масса нейтрона $m_n = 1,008982$ а.е.м. ≈ 1 а.е.м.

масса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг $\ll 1$ а.е.м.

Так как $m_p \gg m_e$ и $m_n \gg m_e$, то почти вся масса атома сосредоточена в ядре.

Число протонов в ядре, которое равно порядковому номеру элемента в периодической системе и числу электронов в атоме, обозначают Z и называют **зарядовым числом**.

Протон имеет единичный (элементарный) положительный электрический заряд $e = +1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, нейтрон электрического заряда не имеет. Полный заряд ядра равен $+eZ$, а суммарный заряд электронов в атоме равен $-eZ$, и, т.о., атом электронейтрален.

Обозначения элементарных частиц и их характеристики:

1_0n – нейтрон является электрически нейтральной частицей ($q = 0$), масса близка к 1 а.е.м.

1_1p – протон является положительно заряженной частицей, величина заряда которого совпадает по модулю с зарядом электрона. В ядерной физике заряд электрона принят за единицу заряда.

${}^0_{-1}e$ – электрон отрицательно заряженная частица, масса которой несопоставимо мала в сравнении с 1 а.е.м, поэтому масса электрона в выбранных единицах измерения равна 0.

Таблица 24. Основные типы радиоактивности

Тип радиоактивности	Обозначение радиоактивного излучения	Реакция внутриядерных превращений	Уравнение распада	Пример	Спектр излучения
α – распад Характерен для тяжелых ядер $A > 200$	${}^4_2\alpha$ частица – ядро атома гелия	$2{}^1_1\rho + 2{}^1_0n \rightarrow 2{}^4_2\alpha$	${}^A_ZX \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + 2{}^4_2\alpha$ Согласно правилу Содди сохраняется суммарные массовые числа и заряды	${}^{236}_{88}Ra \rightarrow {}^{232}_{86}Rn + 2{}^4_2\alpha$ радий радон	Линейчатый, т.к. ядра обладают дискретными значениями энергии
β – электронный распад	${}^0_{-1}\beta$ или ${}^0_{-1}e$	${}^1_0n \rightarrow {}^1_1\rho + ({}^0_{-1}e + {}^0_0\tilde{\nu})$ (в скобках частицы, вылетающие из ядра)	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z+1}Y + {}^0_{-1}e + \tilde{\nu}$	${}^{14}_6C \rightarrow {}^{14}_7N + {}^0_{-1}e + {}^0_0\tilde{\nu}$	Сплошной
β – позитронный распад	${}^0_{+1}\beta$ или ${}^0_{+1}e$	${}^1_1\rho \rightarrow {}^1_0n + ({}^0_{+1}e + \nu)$	${}^A_ZX \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + {}^0_{+1}e + \nu$	${}^{13}_7N \rightarrow {}^{13}_6C + {}^0_{+1}e + \nu$	Сплошной
Электронный захват (e- или k-захват) Исчезает один электрон с ближайшей к ядру электронной оболочки		${}^1_1\rho + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^1_0n + (\nu)$	${}^A_ZX + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^A_{Z-1}Y + \nu$	${}^7_4Be + {}^0_{-1}e \rightarrow {}^7_3Li + \nu$	Линейчатый Согласно правилу частот Бора $h\nu_{ki} = W_k - W_i$
Спонтанное деление – деление ядра на 2 осколка примерно равных масс и зарядов			${}^A_ZX \rightarrow 2{}^{A/2}_{Z/2}Y$		Линейчатый

Пояснения к табл. 24:

Линейчатость спектров α – излучения, электронного захвата и спонтанного деления ядра свидетельствуют о том, что энергия нуклонов в ядре может принимать аналогично энергии атома только дискретные значения. Согласно правилу частот Бора, при переходе ядра из энергетического состояния W_k в состояние W_i , излучается фотон $h\nu_{ki} = W_k - W_i$.

Биофизические основы воздействия ионизирующих излучений на организм

План практического занятия

1. Ионизирующее излучение. Характеристики ионизирующего излучения: линейная плотность ионизации, линейная тормозная способность, средний линейный пробег, пробег.
2. Сравнительные характеристики α , β , γ излучения.
3. Взаимодействие ионизирующего излучения с веществом.
4. Особенности биологического действия ионизирующего излучения.
5. Количественная оценка действия ионизирующего излучения. Дозиметрия. Определение и формулы для нахождения: экспозиционной, поглощенной и эквивалентной биологической доз, мощности экспозиционной, поглощенной, эквивалентной биологической доз. Связь между дозами.
6. Детекторы ионизирующего излучения: счетчики, трековые детекторы. Назначение, основные принципы действия.
7. Устройство и работа дозиметра.

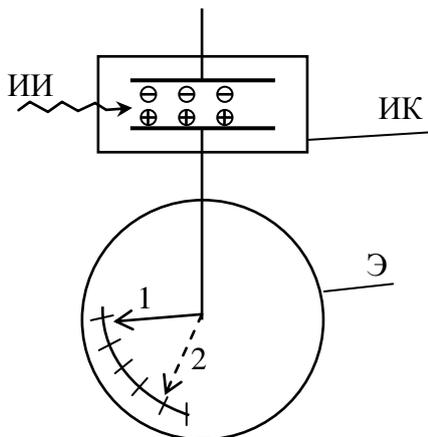
Литература

1. Лекция «Ионизирующее излучение. Дозиметрия»
2. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 28. С. 243-243. Лекция 29. С. 247-250. С. 254-260.
3. Физика и биофизика: учебник / под ред. В.Ф. Антонова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с. §§ 24.4.

4. Ливенцев Н.М. Курс физики. ч.2. – М.: Высш. шк., 1978. – 336 с. §§ 126, 133-137.
5. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 32.3-32.6.

Типовые задачи

1. Телом массой $m = 60 \text{ кг}$ в течении $t = 6 \text{ ч}$ была поглощена энергия 1 Дж . Найдите поглощенную дозу и мощность дозы.
2. Найдите эквивалентную биологическую дозу, если поглощенная телом доза α -излучения составляет 3 рад , коэффициент качества равен 20 .
3. Линейная плотность ионизации α -частиц в воздухе при нормальном давлении составляет $(2 \div 8) \cdot 10^6 \frac{\text{ионов}}{\text{см}}$, $E_{\alpha} = 34 \text{ эВ}$. Найти границы изменения линейной тормозной способности воздуха считая, что энергия частицы полностью затрачивается на ионизацию.



Устройство дозиметра

Дозиметр – прибор для измерения экспозиционной дозы рентгеновского или γ -излучения.

Ионизационная камера (ИК) – закрытый сосуд объемом V , заполненный чистым сухим воздухом под атмосферным давлением. В нее помещены два электрода, один из которых соединен

с электрометром (прибор, измеряющий электрический потенциал φ). Предварительно электрометр заряжают до q_1 (положение стрелки 1 соответствует потенциал φ_1). При облучении воздуха камеры ионизирующим излучением (ИИ), образовавшиеся в результате ионизации заряды притягиваются к электроду электрометра и частично нейтрализуют его заряд до величины q_2 (положение стрелки 1 соответствует потенциал φ_2). Поскольку известен объем камеры, а значит, и масса воздуха внутри нее, то экспозиционная доза определяется как

$$X = \frac{q_1 - q_2}{m} = \frac{C\varphi_1 - C\varphi_2}{m} = \frac{C}{m} \cdot \Delta\varphi = k\Delta\varphi.$$

Таблица 25. Основные характеристики ионизирующего излучения

Тип ионизирующего излучения	Энергия частиц (МэВ)	Первичные процессы, вызываемые ионизирующим излучением	Основные характеристики ионизирующего излучения			Защита от внешнего ионизирующего излучения
			Линейная плотность ионизации в воздухе	Пробег в воздухе	Пробег в тканях организм	
α-излучение (альфа частица – α_2^4 – ядро атома гелия)	4-9	- возбуждение атомов и молекул вещества; - ионизация; - ядерные реакции; - упругое рассеяние	10^4 пар ионов / см	2 – 8,5 см	около 0,01 мм	тонкий слой вещества (одежда); роговой слой кожи
β – излучение (электроны e^- или позитроны e^+)	1-2	- возбуждение атомов и молекул вещества; - ионизация; - тормозное рентгеновское излучение; - аннигиляция пары электрон-позитрон; - упругое рассеяние	$\sim 10^2$ пар ионов / см	несколько метров	до 15 мм	слой стекла, дерева – 1-2 см, алюминий – 2 мм; излучение с энергией от 0,1 до 2 МэВ поглощается в покровных тканях и опасно для кожи; с энергией больше 2 МэВ влияет на хрусталик глаза
γ – излучение (электромагнитная волна)	0,01-5	- ионизация: а) фотоэффект; б) Комптон-эффект - образование пары электрон-позитрон; - ядерный фотоэффект	~ 10 пар ионов / см	100-1000 м	насквозь	толстый слой воды или 10 см свинца (слой половинного ослабления излучения)

Таблица 26. Количественная оценка действия ионизирующего излучения (и. и.). Дозиметрия

Название дозы	Обозначение	Определение	Формула	Единицы измерения		Связь между дозами
				СИ	внесистемные	
Экспозиционная доза (количественная характеристика и. и.)	X	Суммарный заряд ионов одного знака, образующийся при ионизации 1 кг сухого воздуха при нормальных условиях	$X = \frac{q}{m}$	$[X] = \frac{Кл}{кг}$	<i>Рентген</i> $1 P = 2,58 \cdot 10^{-4} Кл/кг = 2 \cdot 10^9 \text{ пар ионов} / см^3$	
Мощность экспозиционной дозы	\dot{X}	Суммарный заряд ионов одного знака образуемый при ионизации 1 кг сухого воздуха за 1 сек	$\dot{X} = \frac{q}{mt} = \frac{X}{t}$	$[X] = \frac{Кл}{кг \cdot с}$	$\frac{P}{с}$	
Поглощенная доза (результат взаимодействия и.и. с веществом)	D	Энергия излучения, поглощенная единицей массы вещества за все время излучения	$D = \frac{W}{m}$	$[D] = Гр (Грей)$	$1 рад = 10^{-2} Гр$	$D = fX$ f – переходный коэффициент; зависит от атомного номера элемента и энергии фотона (приводится для внесистемных единиц); для мягких тканей в поле R или γ и.и. $f = 1$ $1 рад = 1 Рентген$
Мощность поглощенной дозы	\dot{D}	Энергия излучения, поглощенная единицей массы вещества за единицу времени излучения	$\dot{D} = \frac{W}{mt}$	$[\dot{D}] = \frac{Гр}{с}$	$\frac{рад}{с}$	$\dot{D} = \frac{D}{t}$
Эквивалентная биологическая доза	H	Энергия излучения, поглощенная единицей массы живого биологического объекта за все время излучения	$H = kD$	$[H] = \frac{Дж}{кг} = Зв (Зиверт)$	$1 бэр = 10^{-2} Зв$ бэр (биологический эквивалент рентгена)	$H = kD = k \cdot fX$ k – коэффициент качества, безразмерная величина, учитывает биологическую эффективность отдельных видов излучений
Мощность эквивалентной биологической дозы	\dot{H}	Энергия излучения, поглощенная единицей массы живого биологического объекта за единицу времени излучения	$\dot{H} = \frac{k \dot{D}}{t}$	$[\dot{H}] = \frac{Дж}{кг \cdot с} = \frac{Зв}{с}$	$\frac{бэр}{с}$	$\dot{H} = k \dot{D} = k f \dot{X}$

Физические основы звуковых методов исследования в медицине

План практического занятия

1. Звук. Условия получения, распространения, восприятия звука и формирование слухового ощущения.
2. Классификация звука по частотам. Физические основы применения звуковых волн в медицине.
3. Ухо как акустическая система.
4. Физические процессы в наружном ухе.
5. Физические процессы в среднем ухе.
6. Физические процессы во внутреннем ухе.
7. Первичный анализ звуков по частоте и интенсивности,
8. Механизмы, обеспечивающие восприятие звука. Теория Гельмгольца. Теория Бекеша.

Литература

1. Лекция «Физические основы применения звуковых методов в медицине. Физика слуха».
2. Снигирева Т.А. и [др.] Учебный тезаурус курса медицинской и биологической физики: учеб. пособ. – Ижевск: Экспертиза, 2012. – 70 с.
3. Федорова В.Н. Краткий курс медицинской и биологической физики. – Лекции и семинары. Под ред. Проф. А.Н. Ремизова. – М.: РГМУ, 2001. – 383 с. Лекция 7. С. 58-66.
4. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учеб. для мед. вузов. – М.: Высш. шк., 1987 – 638 с. §§ 8.3, 8.5. – 8.8.

Физика слуха

Слух – функция организма, обеспечивающая восприятие звука. Органом слуха человека является ухо.

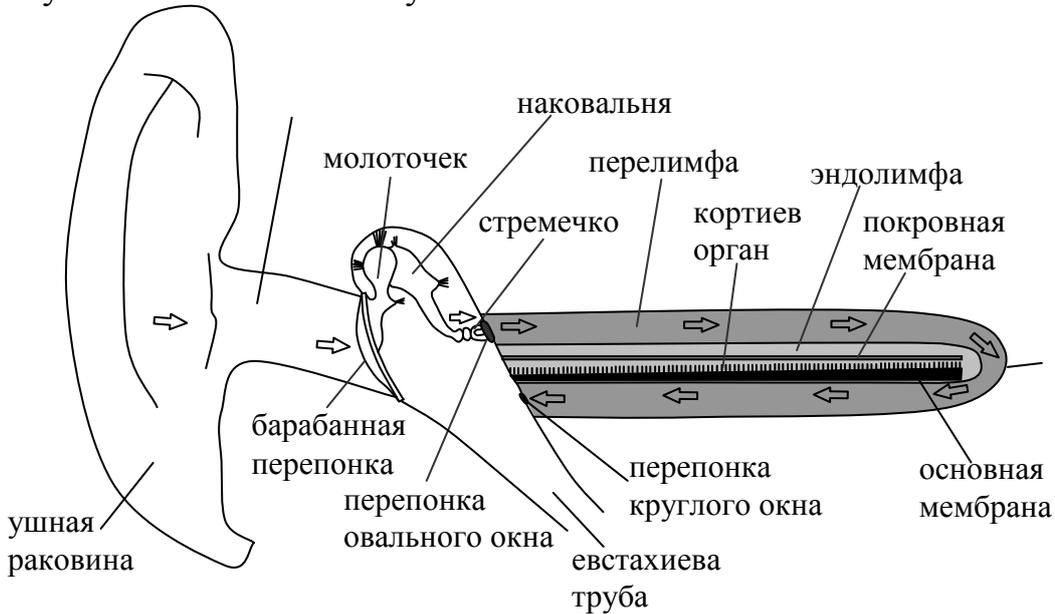


Рис. 1. Схематическое изображение основных структур уха, как органа слуха

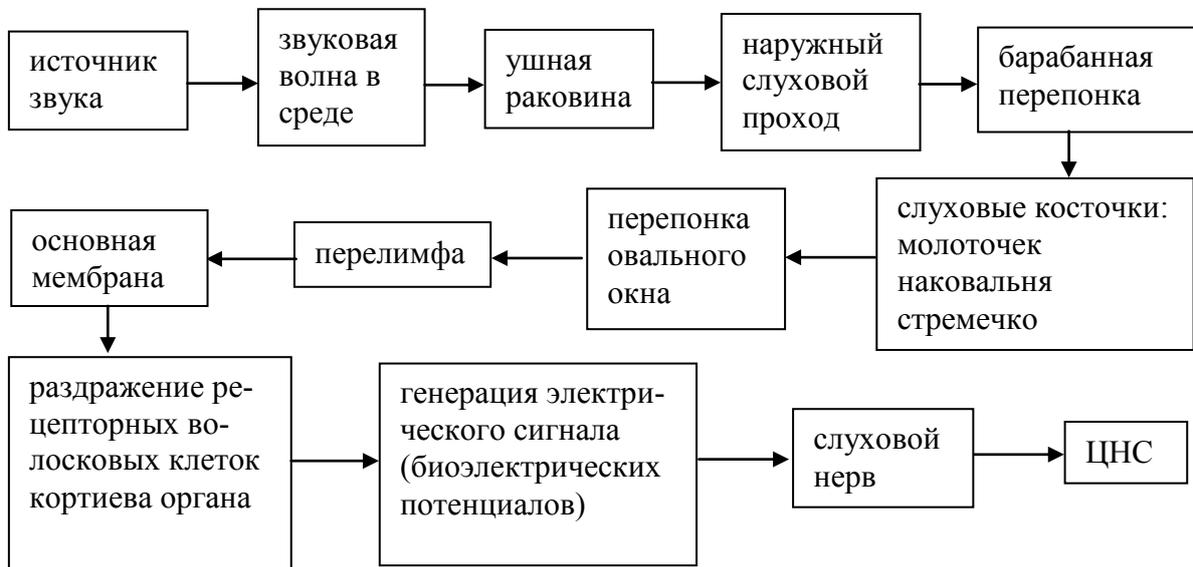


Рис. 2. Путь передачи звуковых (механических) колебаний и их преобразование в нервный (электрический импульс)

Таблица 27. Классификация звуков по частотам.

Физические основы применения звуковых волн в медицине

характеристика	название звука		
	инфразвук	слышимый звук	ультразвук
Частота, ν , Гц	$\nu < 16$ Гц	16 - 20000 Гц	20000 - 10^9 Гц (10^9 - 10^{13} – гиперзвук)
Длина волны λ , м $\lambda = \frac{\nu}{\nu}$ В воздухе $t = 20^0\text{C}$, $p = 1$ атм. $\nu = 340$ м/с	> 21 м	21 - 0,017	$< 0,017$ (1,7см)
Преимущественные явления при распространении d – размер препятствия	дифракция, если $\lambda \geq d$	дифракция, если $\lambda \geq d$; отражение, преломление $\lambda < d$	дифракция $\lambda < d$ отражение, преломление узких направленных пучков по законам подобным законам геометрической оптики.
Дальность распространения L	~ 1 км и больше (волна землетрясения, цунами)	~ 1 м	~ 1 см
Интенсивность $I \sim \nu^2$			а) тепловое действие; б) механическое действие
Вызывает ощущение	вибрации, дискомфорта, утомляемости, тошноты	слуховое ощущение (высоты, громкости, тембра)	теплого действия, механического давления
Применение в медицине	стимуляция работы органов с помощью вибромассажеров (явление резонанса), основанная на том, что собственные частоты органов изменяются в интервале от 3 до 12 Гц.	1) диагностика (аускультация, аудиометрия и т.д.); 2) терапия (музыкой и т.д.)	1) диагностика (определение положения размеров внутренних органов – УЗИ); 2) терапия (тепловое прогревание тканей); 3) хирургия (рассечение тканей, дробление камней)

Таблица 28. Ухо как акустическая система

Название отдела	Наружное ухо	Среднее ухо	Внутреннее ухо
Основные элементы	1) ушная раковина; 2) наружный слуховой проход	1) барабанная перепонка; 2) слуховые косточки	1) мембрана (перепонка) овального окна; 2) улитка (жидкость - перелимфа; эндолимфа); основная (базиллярная) мембрана; кортиева орган (рецепторные волосковые клетки, которые соединяются с нервными окончаниями слухового нерва)
Среда	воздух	воздух	жидкость (лимфа, перелимфа)
Основные функции	1) установление направления на источник звука; 2) проведение и усиление звуковой волны на собственной резонансной частоте	1) передача звуковой волны из воздуха в жидкость	1) преобразование механической энергии звуковой волны в электрическую энергию нервного импульса; 2) первичный анализ звуков по частотам и интенсивностям

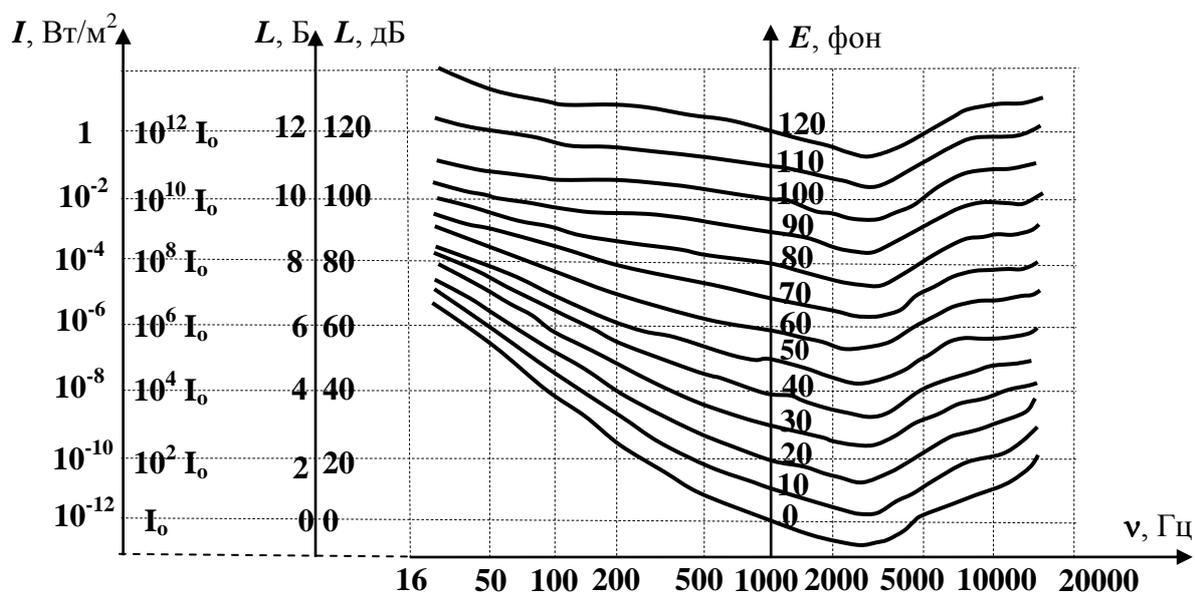
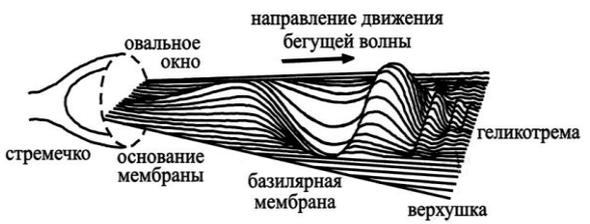


Рис. 3. Кривые равной громкости

Таблица 29. Теория Гельмгольца. Теория Бекеша

<p>Теория Гельмгольца (резонансная теория (1863 г.))</p>	<p>Теория Бекеша (теория бегущей волны (1960 г.))</p>
<p>происходит <i>резонанс</i> (увеличение амплитуды колебаний) волокон основной мембраны, собственные частоты которых совпадают с частотой звука</p>	<p>колебания базилярной мембраны в виде бегущей волны имеют максимум на ограниченном участке, положение которого определяется частотой звука</p>  <p>Бегущая волна на базилярной мембране</p>

Обязательная литература

1. Морозов, Ю.В. Основы высшей математики и статистики: учебник / Ю.В. Морозов. – М.: ОАО «Изд-во «Медицина», 2004. – 232 с.
2. Лобозкая, Н.Л. Основы высшей математики: учебник для студ. мед. ин-тов / Н.Л. Лобозкая. – М.: Альянс, 2012. – 319 с.
3. Федорова, В.Н. Медицинская и биологическая физика. Курс лекций с задачами: учебное пособие / В.Н. Федорова, Е.В. Фаустов. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. — 592 с.
4. Ремизов, А.Н. Медицинская и биологическая физика: учебник для вузов А.Н. Ремизов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012. – 648 с.
5. Физика и биофизика: учебник / под ред. В.Ф. Антонова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с.
6. Учебный тезаурус курса медицинской и биологической физики / Т.А. Снигирева и [др.]: учебное пособие – Ижевск, 2012. – 70 с.

Дополнительная литература

1. Антонов, В.Ф. Физика и биофизика. Курс лекций для студентов медицинских вузов / В.Ф. Антонов, А.В. Коржуев. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 240 с.
2. Ремизов, А.Н. Сборник задач по медицинской и биологической физике / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина. 3-е изд., перераб. и дополн. – М.: Дрофа, 2008. – 192 с.
3. Антонов, В.Ф. Физика и биофизика. Практикум: Учебное пособие / В.Ф. Антонов, А.М. Черныш, Е.К. Козлова, А.В. Коржуев. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 336 с.
4. Мякишев, Г.Я. Физика: учеб. для 10 класса общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев. – М.: Просвещение, 2011. – 336 с.
5. Мякишев, Г.Я. Физика: учеб. для 11 класса общеобразовательных учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев. – М.: Просвещение, 2011. – 338 с.
6. Касьянов, В.А. Физика. 10 класса: учебн. для общеобразоват. учеб. заведений / В.А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2011 – 416 с.
7. Касьянов, В.А. Физика. 1011 класса: учебн. для общеобразоват. учеб. заведений / В.А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2011 – 418 с.

Учебное издание

**ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ
СТУДЕНТОВ НА ЛЕКЦИЯХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЯХ ПО МА-
ТЕМАТИКЕ, ФИЗИКЕ И БИОФИЗИКЕ**

Учебно-методическое пособие

для студентов стоматологического факультета

Авторы-составители:
**Снигирева Татьяна Александровна, Станкевич Татьяна Геннадьевна, Ворсина
Екатерина Викторовна и др.**

*Компьютерный набор Т.А. Снигирева, Е.В. Ворсина, Л.В. Баранова,
М.С. Рябчикова*

Подписано в печать 17.10.2013г.. Формат 60x84/16
Гарнитура «*Times New Roman*» Усл. печ. л. 4,4. Уч. изд. л.
Тираж 50 экз. Заказ

Отпечатано на оборудовании РИО ГБОУ ВПО ИГМА
426034, г. Ижевск, ул. Коммунаров, 281.