

1. Производные и дифференциалы.

Производной функции $y = f(x)$ в точке называется предел отношения приращения функции к приращению аргумента, когда приращение аргумента стремится к нулю, т. е.:

$$y'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

Операция нахождения производной функции называется дифференцированием.

2. Применение методов дифференциального исчисления для анализа функций.

Одной из важнейших прикладных задач дифференциального исчисления является разработка общих приемов исследования поведения функций.

Основные теоретические сведения

ВОЗРАСТАНИЕ И УБЫВАНИЕ ФУНКЦИЙ

Определение 1. Функция $f(x)$ называется **возрастающей в некотором интервале**, если для любых двух чисел x_1 и x_2 из этого интервала из неравенства $x_2 > x_1$ следует неравенство $f(x_2) > f(x_1)$.

Определение 2. Функция $f(x)$ называется **убывающей в некотором интервале**, если для любых двух чисел x_1 и x_2 из этого интервала из неравенства $x_2 > x_1$ следует неравенство $f(x_2) < f(x_1)$.

Промежутки, на которых функция возрастает (убывает), называются **промежутками монотонности**.

ЭКСТРЕМУМЫ ФУНКЦИИ

Рассмотрим функцию $y = f(x)$, определенную в некоторой окрестности точки x_0 , включая и саму точку x_0 .

Определение 3. Точка x_0 называется **точкой локального максимума**, а значение функции в ней – **локальным максимумом** функции $y = f(x)$, если существует такое $\delta > 0$, что для всех x , удовлетворяющих условию $0 < |x - x_0| < \delta$, верно неравенство $\Delta y = f(x) - f(x_0) < 0$ или $f(x) < f(x_0)$.

Определение 4. Точка x_0 называется **точкой локального минимума**, а значение функции в ней – **локальным минимумом** функции $y = f(x)$, если существует такое $\delta > 0$, что для всех x , удовлетворяющих условию $0 < |x - x_0| < \delta$, верно неравенство $\Delta y = f(x) - f(x_0) > 0$ или $f(x) > f(x_0)$.

3. Производные сложных функций.

Производная сложной функции равна произведению производной внешней функции по неизменной внутренней на производную внутренней функции.

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

4. Методы решения дифференциальных уравнений первого порядка с разделяющимися переменными.

Дифференциальное уравнение

$$\text{вида: } f_1(x)g_1(y)dy = f_2(x)g_2(y)dx \quad f_1(x)g_1(y)dy = f_2(x)g_2(y)dx$$

называют дифференциальным уравнением 1-го порядка с разделяющимися переменными. В данном разделе математики эти уравнения самые лёгкие в решении.

Для решения существует универсальный алгоритм:

1. Суть его состоит в том, чтобы обе части ду разделить на произведение функций, зависящих от разных переменных: $f_1(x)g_2(y)$
2. Таким образом мы приводим исходное уравнение, заданное по условию, к виду: $g_1(y)g_2(y)dy = f_2(x)f_1(x)dx$ $g_1(y)g_2(y)dy = f_2(x)f_1(x)dx$
3. Далее необходимо проинтегрировать обе части уравнения, из которых мы получим функцию $y(x)$: $\int g_1(y)g_2(y)dy = \int f_2(x)f_1(x)dx$

5. Понятие о доказательной медицине. Случайное событие.

Доказательная медицина подразумевает добросовестное, точное и осмысленное использование лучших результатов клинических исследований для выбора лечения конкретного больного.

Случайное событие — подмножество множества исходов случайного эксперимента; при многократном повторении случайного эксперимента частота наступления события служит оценкой его вероятности.

- **Теория вероятности** - область математики, изучающая закономерности массовых явлений, носящих случайный характер.
- **Случайное событие** - это всякое явление(факт), которое в результате опыта(испытания) может произойти или не произойти.

Основной количественной характеристикой случайного события является его вероятность. Пусть A - какое-то случайное событие.

Вероятность случайного события A - это математическая величина, которая определяет возможность его появления. Она обозначается $P(A)$.

Классическое определение вероятности случайного события

Это определение базируется на результатах анализа умозрительных опытов (испытаний), суть которых определяется условием поставленной задачи. При этом вероятность случайного события $P(A)$ равна:

$$P(A) = \frac{m}{n}$$

где m -число случаев, благоприятствующих появлению события A ;
 n - общее число равновероятных случаев.

Свойства вероятности

1. Вероятность случайного события- величина безразмерная.
2. Вероятность случайного события всегда положительна и меньше единицы, т.е $0 < P(A) < 1$.
3. Вероятность достоверного события, т.е события, которое в результате опыта обязательно произойдет ($m=n$) равна единице.
4. Вероятность невозможного события ($m=0$) равна нулю.
5. Вероятность любого события – величина не отрицательная и не превышающая единицу

$$0 \leq P(A) \leq 1$$

6. Определение вероятности (статистическое и классическое). Понятие о совместных и несовместных событиях, зависимых и независимых событиях.

Классическое определение вероятности

Вероятностью события A называют отношение числа благоприятствующих этому событию элементарных исходов (m) к общему числу всех равновозможных несовместных элементарных исходов (n), образующих полную группу.

Обозначается $P(A)$.

$$P(A) = \frac{m}{n}$$

Статистическое определение:

Вероятностью события A называется число $P(A)$, около которого колеблется значение статистической частоты этого события при условии увеличения количества испытаний.

При статистическом определении в качестве вероятности события принимается его относительная частота. Таким образом, статистическая вероятность $P_N(A)$ появления события A в N испытаниях есть отношение числа NA испытаний, в которых событие A произошло, к общему числу испытаний. $P_N(A) = NA/N$

Несовместные события, если в условиях испытания каждый раз возможно появление только одного из них, т.е. никакие два не могут появиться вместе в этом испытании.

Случайные события называются **совместными**, если осуществление одного из них не исключает осуществления при этом других из перечисленных событий.

Независимые события – вероятность события A не зависит от того, произошло ли событие B .

Если вероятность события A меняется в связи с появлением или непоявлением события B , то событие A называется **зависимым** от события B .

7. Теоремы сложения и умножения вероятностей. Непрерывные и дискретные случайные величины.

Для несовместных событий выполняется **теорема сложения вероятностей**:

Вероятность появления одного, но все равно какого из нескольких несовместных событий $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ равна сумме их вероятностей:

$$P(A_1 \text{ или } A_2 \dots \text{ или } A_n) = P(A_1) + P(A_2) + \dots P(A_n)$$

Теорема умножения

Вероятность совместного (одновременного) появления нескольких независимых случайных событий равна произведению их вероятностей:

$$P(A_1 \text{ и } A_2 \dots A_n) = P(A_1) \cdot P(A_2) \dots P(A_n)$$

Пример: Есть 2 урны. В одной находится 2 черных и 8 белых шаров, в другой - 6 черных и 4 белых. Пусть событие А - выбор наугад белого шара из первой урны, В - из второй. Какова вероятность выбрать наугад одновременно из этих урн по белому шару.

Решение:

$$P(A \text{ и } B) = \frac{8}{10} \cdot \frac{4}{10} = 0,8 \cdot 0,4 = 0,32$$

Случайные величины

- **Величина, которая принимает различные числовые значения под влиянием случайных обстоятельств, называется случайной величиной.**

Примеры случайных величин: число больных на приеме у врача; точные размеры внутренних органов людей и т.д.

Различают дискретные и непрерывные случайные величины.

- **Случайная величина называется дискретной, если она принимает только определенные отделенные друг от друга значения, которые можно установить и перечислить.**

Примеры: - число студентов в аудитории - может быть только целым положительным числом: 0, 1, 2, 3, ..., 20, ...;
- число событий, происходящих за одинаковые промежутки времени: частота пульса, число вызовов скорой помощи за час и т.д.

- **Случайная величина называется непрерывной, если она может принимать любые значения внутри определенного интервала, который имеет резко выраженные границы.**

Примеры: масса тела и рост взрослых людей, количественное содержание ферментов у здоровых людей, рН крови и т.д.

Закон распределения дискретной случайной величины

Соответствие между возможными значениями дискретной случайной величины и их вероятностями называется законом распределения этой величины. Обозначим возможные значения случайной величины X через x_i , а соответствующие им вероятности - через p_i . Тогда закон распределения дискретной случайной величины можно задать тремя способами: в виде таблицы, графика или формулы.

X	x_1	x_2	x_3	\dots	x_n	\dots
P	p_1	p_2	p_3	\dots	p_n	\dots

Теорема умножения вероятностей (для зависимых событий). Вероятность совместного появления двух событий равна произведению вероятности одного из них на условную вероятность другого, вычисленную в предположении, что первое событие уже наступило: $P(AB) = P(A)P_A(B)$

Теорема умножения вероятностей (для независимых событий). Вероятность совместного появления двух независимых событий равна произведению вероятностей этих событий: $P(AB) = P(A) \cdot P(B)$

Теорема о сложении вероятностей. Вероятность появления одного из двух несовместных событий равна сумме вероятностей этих событий.

$$P(A+B) = P(A) + P(B).$$

Теорема об умножении вероятностей. Вероятность произведения независимых событий A и B вычисляется по формуле:

$$P(A \cdot B) = P(A) \cdot P(B).$$

Дискретными случайными величинами называются такие, которые в результате испытаний могут принимать лишь отдельные, изолированные значения и не могут принимать значения промежуточные между ними.

Непрерывной случайной величиной называется такая величина, которая в результате испытаний может принимать любые численные значения из

непрерывного ряда их возможных значений в границах определенного интервала.

8. Распределение дискретных и непрерывных случайных величин, их характеристики: математическое ожидание, дисперсия, среднее квадратичное отклонение.

■ **Случайная величина** - величина, которая при каждом испытании принимает то или иное числовое значение (наперед неизвестно, какое именно), зависящее от случайных причин, которые заранее не могут быть учтены. Случайные величины обозначают заглавными буквами латинского алфавита, а возможные значения случайной величины – малыми. Так, при бросании игрального кубика происходит событие, связанное с числом x , где x – выпавшее число очков. Число очков – случайная величина, а числа 1, 2, 3, 4, 5, 6 – возможные значения этой величины. Расстояние, которое пролетит снаряд при выстреле из орудия – тоже случайная величина (зависит от установки прицела, силы и направления ветра, температуры и других факторов), а возможные значения этой величины принадлежат некоторому промежутку (a ; b).

■ **Дискретная случайная величина** – случайная величина, которая принимает отдельные, изолированные возможные значения с определенными вероятностями. Число возможных значений дискретной случайной величины может быть конечным и бесконечным.

■ **Непрерывная случайная величина** – случайная величина, которая может принимать все значения из некоторого конечного или бесконечного промежутка. Число возможных значений непрерывной случайной величины – бесконечно.

Например, число выпавших очков при бросании кубика, балльная оценка за контрольную работу – дискретные случайные величины; расстояние, которое пролетает снаряд при стрельбе из орудия, погрешность измерений показателя времени усвоения учебного материала, рост и вес человека – непрерывные случайные величины.

Дисперсия случайной величины – это один из основных показателей в статистике. Он отражает меру разброса данных вокруг средней арифметической.

меру разброса данных вокруг среднего арифметического.

Формула дисперсии в теории вероятностей имеет вид: $D(X) = \sigma^2 = M[X - M(X)]^2$

Если из дисперсии извлечь квадратный корень, получится **среднеквадратичное (стандартное) отклонение** (сокращенно **СКО**). Встречается название **среднее квадратичное отклонение** и **сигма** (от названия греческой буквы). Общая формула стандартного отклонения в математике следующая: $\sigma = \sqrt{M[X - M(X)]^2}$

Математическим ожиданием (средним значением) случайной величины X , заданной на дискретном вероятностном пространстве, называется число $m = M[X] = \sum x_i p_i$, если ряд сходится абсолютно.

9. Нормальный и экспоненциальный законы распределения непрерывных случайных величин. Функция распределения.

Нормальный и экспоненциальный законы распределения непрерывных случайных величин.

Нормальным называется распределение вероятностей непрерывной случайной величины, которое описывается плотностью вероятности

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m_x)^2}{2\sigma_x^2}};$$

Экспоненциальное или показательное распределение — абсолютно непрерывное распределение, моделирующее время между двумя последовательными свершениями одного и того же события.

Плотность распределения величины X (везде $\lambda > 0$):

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \end{cases} \quad f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \end{cases}$$

Функция распределения величины X :

$$F(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1 - e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \end{cases} \quad F(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ 1 - e^{-\lambda x}, & x \geq 0 \end{cases}$$

Числовые характеристики можно найти по формулам:

$$M(X) = 1/\lambda, D(X) = 1/\lambda^2, \sigma = 1/\lambda.$$

Функцией распределения случайной величины X называется функция $F(x)$, определяющая для каждого значения x вероятность того, что случайная величина X примет значение меньшее, чем x , то есть $F(x) = P(X < x)$.

10. Плотность вероятности. Стандартные интервалы. Основы математической статистики.

Плотностью Распределения Вероятностей непрерывной случайной величины X называется

функция $f(x)$ — первая производная от функции

распределения $f(x) = F'(x)$

Плотность распределения также называют дифференциальной функцией.

Вероятность того, что непрерывная случайная величина X примет значение, принадлежащее интервалу (a, b) , равна определенному интегралу от плотности распределения, взятому в пределах

$$P(a < x < b) = \int_a^b f(x) dx$$

от a до b .

Плотность вероятности

Плотность вероятности — один из способов задания распределения случайной величины

Стандартные интервалы.

Стандартный интервал $a \leq x \leq b$

Вероятность попадания в него случайной величины

b

$$P(a \leq x \leq b) = \int_a^b p \text{ (плотность) } (X) dx$$

Основы математической статистики.

Генеральная совокупность, выборка. варианта. статистика, оценка **(про это дальше в вопросах!!!!)**

11. Генеральная совокупность и выборка. Объём выборки, репрезентативность.

Генеральной совокупностью — называется совокупность объектов, произвольной природы, обладающих признаками доступными наблюдения и количественного измерения.

Например: 1) все люди, болеющие гепатитом составляют генеральную совокупность для врача, который лечит это заболевание.

Выборка — часть генеральной совокупности.

- **Выборочная совокупность (выборка)** – набор случайно отобранных объектов из генеральной совокупности.

- Одним из основных методов обработки статистических данных является **выборочный метод**: отбирают определенное число объектов и только их подвергают исследованию.

К выборке предъявляют следующие требования:

- 1. Выборка должна быть **случайной** (следует измерять артериальное давление у студентов в разных точках города, а не только в университете).
- 2. Выборка должна быть **репрезентативной**, то есть отображать основные свойства генеральной совокупности.
- 3. Выборка должна быть достаточно **массовой** (30-100 восемнадцатилетних студентов, а не 5-10).

Объем выборки, репрезентативность

Число элементов выборки называется **объемом** выборки.

Репрезентативность — это степень соответствия характеристик **выборки** характеристикам генеральной совокупности.

12. Статистическое распределение (вариационный ряд). Гистограмма. Характеристики положения (мода, медиана, выборочная средняя) и рассеяния (выборочная дисперсия и выборочное среднее квадратическое отклонение).

Статистическое распределение (вариационный ряд). Гистограмма

Статистическое распределение – это совокупность вариант x_i и соответствующих им частот n_i .

Гистограмма частот – это ступенчатая фигура, состоящая из смежных прямоугольников, построенных на одной прямой, основания которых одинаковы и равны ширине класса, а высота равна или частоте попадания в интервал n_i или относительной частоте n_i/n . Ширину интервала i можно определить по формуле Стерджеса:

Формула Стерджеса:

$$n = 1 + 3,322 \lg N,$$

где n – число групп;
 N – число единиц совокупности.

Характеристики положения (мода, медиана, выборочная средняя) и рассеяния (выборочная дисперсия и выборочное среднее квадратическое отклонение)

Мода (Mo) – это такое значение варианты, что предшествующее и следующее за ним значения имеют меньшие частоты встречаемости.

Медиана (Me)- это значение признака. Относительно которого ряд распределения делится на 2 равные по объему части.

Выборочная средняя – это среднее арифметическое значение вариант статистического ряда

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Выборочная дисперсия – среднее арифметическое квадратов отклонения вариант от их среднего значения:

$$S_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \cdot n_i$$

Среднее квадратическое отклонение – это квадратный корень из выборочной дисперсии:

$$S_v = \sqrt{S_v^2}$$

13. Оценка параметров генеральной совокупности по характеристикам её выборки (точечная и интервальная).

Оценка параметров генеральной совокупности по характеристикам её выборки (точечная и интервальная).

Интервальная оценка

Интервальная оценка включает в себя два компонента:

Интервал в котором ожидается обнаружить оцениваемый параметр генеральной совокупности;

Вероятность обнаружения параметра в данном интервале.

Точечная оценка – это оценка, которая определяется одним числом. И это число определяется по выборке

14. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Сравнение средних значений двух нормально распределенных генеральных совокупностей.

Доверительная вероятность α – некоторая заданная вероятность, с которой случ. величина попадает в определённый интервал.

Доверительный интервал в математической статистике - это интервал, построенный с помощью случайной выборки из распределения с неизвестным параметром, такой что он содержит этот параметр с заданной вероятностью. Генеральные совокупности X и Y распределены нормально, причем известны их дисперсии. Из этих генеральных совокупностей извлечены выборки объемов соответственно m и n , для которых найдены выборочные средние \bar{x}_B и \bar{y}_B . При заданном уровне значимости проверяется нулевая гипотеза о равенстве математических ожиданий генеральных совокупностей:

Но: $M(X) = M(Y)$.

Статистическим критерием для проверки этой гипотезы является нормированная нормально распределенная случайная величина

$$Z = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{M(X) - M(Y)}{\sqrt{\frac{D(X)}{m} + \frac{D(Y)}{n}}}$$

15. Физические методы, как объективный метод исследования закономерностей в живой природе.

Всякое физическое исследование начинается с **наблюдения**, т.е. с изучения физических явлений в естественной, природной обстановке. Затем на основании размышлений и логических обобщений высказывается рабочая **гипотеза** – научное предположение, объясняющее эти явления. Гипотеза проверяется **экспериментом**, т.е. изучением явлений путем их воспроизведения в искусственных, лабораторных условиях. Гипотеза, подтвержденная экспериментом, становится научной **теорией**. Физическая теория представляет собой систему основных идей, обобщающих опытные данные и отражающих объективные закономерности природы. Физическая теория дает объяснение целой области явлений природы с единой точки зрения. Теория в дальнейшем подвергается неоднократной проверке **практикой**, которая вносит в теорию многочисленные дополнения и уточнения.

16. Значение физики для медицины. Механические волны. Уравнение плоской волны.

В своей основе как физика, так и медицина — экспериментальные науки: все их законы и теории основываются и опираются на опытные данные. Если конкретный физический закон, справедливый для неживой природы, может быть верен и для живого организма, то этот факт можно использовать для целей медицинской физики.

Приготовление эмульсий.

Широко применяется ультразвук для приготовления однородных смесей (гомогенизация). Еще в 1927 году было обнаружено, что если две несмешивающиеся жидкости (например, масло и воду) слить в одну мензурку и подвергнуть облучению ультразвуком, то в мензурке образуется эмульсия, то есть мелкая взвесь масла в воде.

Подобные эмульсии играют большую роль в промышленности: это лаки, краски, фармацевтические изделия, косметика.

Ультразвуковая стерилизация.

Бактерицидное действие ультразвука (способность ультразвука разрывать оболочки клеток) нашло применение в стерилизации питьевой воды, медицинской посуды и инструментов.

Механическая волна – это распространение колебаний частиц среды с течением времени.

Уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль положительного направления оси x в среде, не поглощающей энергию, имеет вид

Уравнение плоской волны,
распространяющейся вдоль положительного
направления оси x

$$\xi(x, t) = A \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{v}\right) + \varphi_0\right]$$

[$\xi(x, t)$ - смещение точек среды с координатой x в момент времени t ; A - амплитуда волны; ω - циклическая (круговая) частота; v - фазовая скорость; φ_0 – начальная фаза колебаний]

17. Параметры колебаний и волн. Энергетические характеристики. Эффект Доплера.

Период колебаний T – промежуток времени, через который состояние системы принимают одинаковые значения: $u(t + T) = u(t)$.

Частота колебаний n – число колебаний в 1 секунду, величина, обратная периоду: $n = 1/T$. Измеряется в герцах (Гц), имеет размерность c^{-1} . Маятник, совершающий одно качание в секунду, колеблется с частотой 1 Гц

Фаза колебаний j – величина, показывающая, какая часть колебания прошла с начала процесса. Измеряется в угловых величинах – градусах или радианах.

Амплитуда колебаний A – максимальное значение, которое принимает колебательная систем

Энергетические характеристики волны

Бегущими волнами называются волны, которые переносят в пространстве энергию.

Количественной характеристикой этого процесса является **поток энергии**.

Поток энергии волн равен отношению энергии, переносимой волнами через некоторую поверхность, к времени, в течение которого эта энергия перенесена.

$$\Phi = \frac{dE}{dt} \text{ [Вт]}$$

$$\Phi = \omega_p S \mathcal{E}, \quad \omega_p - \text{объемная плотность энергии}$$

Поток энергии волн, отнесенный к площади, ориентированной перпендикулярно направлению распространению волн, называют **плотностью потока энергии волн** или **интенсивностью волн**.

$$I = \frac{\Phi}{S} = \omega_p \mathcal{E}, \quad \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]$$

Эффект Доплера

Эффектом Доплера называют изменение частоты волн, воспринимаемых наблюдателем (приемником волн), вследствие относительного движения источника волн и наблюдателя.

Эффект Доплера можно использовать для определения скорости движения тела в среде.

В современной медицине эффект Доплера применяется для определения скорости кровотока, скорости движения клапанов и стенок сердца (доплеровская эхокардиография). Когда волна отражается от движущегося объекта, частота отраженного сигнала изменяется (происходит сдвиг частоты).

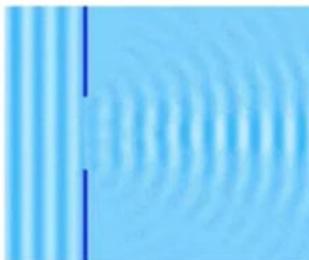
18. Дифракция и интерференция волн. Звук. Виды звуков. Спектр звука.

ДИФРАКЦИЯ ВОЛН (от лат. diffractus – разломанный, преломлённый)-

огибание волнами различных препятствий. Дифракция волн свойственна всякому волновому движению; имеет место, если размеры препятствия порядка длины волны или больше.

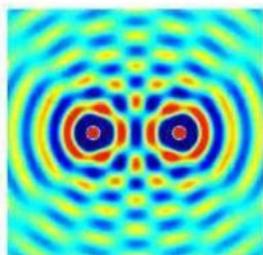
Дифракция - это явление огибания волнами препятствий.

Оно легко наблюдается для волн на поверхности воды. Мы ежедневно сталкиваемся с дифракцией радиоволн, слушая радиопередачи и пользуясь сотовым телефоном.



Интерференция волн — взаимное усиление или ослабление **амплитуды** двух или нескольких **когерентных волн**, одновременно распространяющихся в пространстве. Результат интерференции (интерференционная картина) зависит от разности фаз накладывающихся волн.

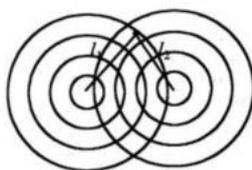
Источники волн и испускаемые ими волны называются когерентными в том случае, если источники колеблются с одинаковой частотой и разность фаз их колебаний не меняется со временем.



Интерференционные картины для разных соотношений частот и расположений источников волн.



Интерференция волн от 2 точечных источников.



Условие интерференционного максимума для волн от двух точечных источников, разность фаз которых равна нулю:

$$\Delta l = k\lambda,$$

то есть разность хода волн Δl равна целому числу длин волн (или, что то же самое, **четному** числу половолн).

Условие интерференционного минимума:

$$\Delta l = (2k + 1) \frac{\lambda}{2},$$

то есть разность хода волн равна **нечетному** числу половолн.

Разностью хода волн называется величина $\Delta l = |l_1 - l_2|$

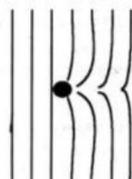
Необходимое условие интерференции — **когерентность** двух источников: они должны испускать волны одинаковой частоты с постоянной разностью фаз.

Дифракция представляет собой отклонение от прямолинейного распространения волн, огибание препятствий.

Дифракция проявляется, если размеры препятствий достаточно малы (сравнимы с длиной волны).

Согласно принципу Гюйгенса-Френеля, дифракция обусловлена интерференцией вторичных волн.

ДИФРАКЦИЯ НА МАЛОМ ПРЕПЯТСТВИИ



ДИФРАКЦИЯ НА МАЛОМ ОТВЕРСТИИ



Акустика

Акустика—область физики, исследующая упругие колебания и волны от самых низких частот до предельно высоких (10^{12} - 10^{13} Гц).

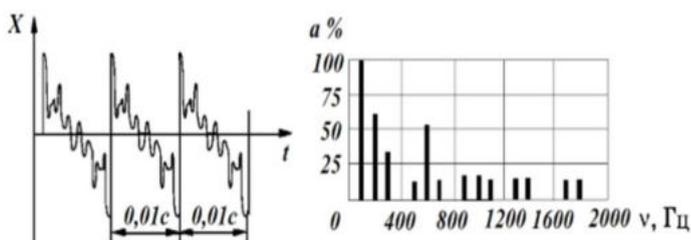
Звуковыми, или акустическими волнами называются распространяющиеся в среде упругие волны, обладающие частотами **в пределах 16-20000 Гц**. Волны указанных частот, воздействуя на слуховой аппарат человека, вызывают ощущение звука.

Волны с частотой колебаний **меньше 16 Гц (инфразвуковые)** и **больше 20кГц (ультразвуковые)** органами слуха человека не воспринимаются.

Принято различать следующие звуки:

- 1) тоны, или музыкальные звуки;
- 2) шумы;
- 3) звуковые удары.

- **Тон** называется звук, являющийся периодическим процессом. Основной физической характеристикой чистого тона является **частота**. Простой тон издает, например, камертон, сложный тон создается музыкальными инструментами, аппаратом речи (гласные звуки) и т.п.
- Набор частот с указанием их относительной интенсивности называется **акустическим спектром**. Спектр сложного тона линейчатый;



- Рис. Акустический спектр одной ноты взятой на рояле
- **Шумом** называется звук, отличающийся сложной неповторяющейся временной зависимостью. К шуму относятся звуки от вибрации машин, аплодисменты, шорох, скрип и т.д.
- **Звуковой удар**- это кратковременное звуковое воздействие: хлопок, взрыв и т.п.

19. Волновое сопротивление. Объективные (физические) характеристики звука. Субъективные характеристики, их связь с объективными.

Физические характеристики звука

Энергетической характеристикой звука как механической волны является **интенсивность**.

Интенсивность звука - это плотность потока энергии, переносимой звуковой волной.

$$I = \frac{P^2}{2\rho\vartheta} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \right]; P - \text{звуковое давление}$$

ρ - плотность среды

ϑ - скорость звука

Звуковое давление - это амплитуда тех изменений давления в среде, которые возникают при прохождении звуковой волны.

Минимальные значения звукового давления и интенсивности звука, при которых у человека возникают слуховые ощущения, называются **порогом слышимости**.

- Для уха среднего человека на частоте 1кГц порогу слышимости соответствуют следующие значения звукового давления p_0 и интенсивности звука I_0 :

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па} ; I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$$

- Значения звукового давления и интенсивности звука, при которых у человека возникают болевые ощущения, называются **порогом болевого ощущения**.

$$p_{\text{max}} = 60 \text{ Па} ; I_{\text{max}} = 10 \text{ Вт/м}^2$$

- **Уровнем интенсивности** называют десятичный логарифм отношения интенсивности звука к порогу слышимости:

$$E_B = \lg(I/I_0)$$

- Единицей измерения уровня интенсивности является **бел (Б)**.
- Чаще используют более мелкую единицу уровня интенсивности - **децибел (дБ)**

В этом случае уровень интенсивности вычисляется так:

$$E_{дБ} = 10\lg(I/I_0)$$

Логарифмический характер зависимости уровня интенсивности от самой интенсивности означает, что при увеличении интенсивности в 10 раз уровень интенсивности возрастает на 10 дБ.

Субъективные характеристики звука

Высота тона - субъективная характеристика, обусловленная прежде всего частотой основного тона.

В значительно меньшей степени высота зависит от сложности тона и его интенсивности: звук большей интенсивности воспринимается как звук более низкого тона.

Тембр звука почти исключительно определяется спектральным составом.

Громкость - еще одна субъективная оценка звука, которая характеризует уровень слухового ощущения.

Связь между частотой, громкостью и уровнем интенсивности изображают графически с помощью **кривых равной громкости**. (Рис). Эти кривые демонстрируют зависимость уровня интенсивности в децибелах (дБ) от частоты звука при заданной громкости звука. Нижняя кривая соответствует порогу слышимости. Она позволяет найти пороговое значение уровня интенсивности при заданной частоте тона.

С помощью кривых равной громкости можно найти громкость звука, если известны его частота и уровень интенсивности. **Кривые равной громкости отражают восприятие звука средним человеком.**

20. Закон Вебера-Фехнера. Ультразвук, физические основы применения в медицине.

В основе создания шкалы уровней громкости лежит **психофизический закон Вебера—Фехнера**: **если раздражение увеличивается в геометрической прогрессии (т. е. в одинаковое число раз), то ощущение этого раздражения возрастает в арифметической прогрессии (т. е. на одинаковую величину).**

Математически это означает, что громкость звука пропорциональна логарифму интенсивности звука.

$$L = k \lg \frac{I}{I_0}$$

- где **k** - некоторый коэффициент пропорциональности, зависящий от частоты и интенсивности.

Условно считают, что на частоте 1 кГц шкалы громкости и интенсивности звука совпадают т.е. $k=1$. Чтобы различать громкости и интенсивности звука, децибелы шкалы громкости называют **фонами**.

Ультразвук представляет собой высокочастотные механические колебания частиц твердой, жидкой или газообразной среды, неслышимые человеческим ухом. Частота колебаний ультразвука выше 20 000 в секунду, т. е. выше порога слышимости.

Для лечебных целей применяется ультразвук с частотой от 800 000 до 3 000 000 колебаний в секунду. Для генерирования ультразвука используются устройства, называемые ультразвуковыми излучателями.

По физической природе ультразвук, как и звук, является механической (упругой) волной. Однако длина волны ультразвука существенно меньше длины звуковой волны. Чем больше различные акустические сопротивления, тем сильнее отражение и преломление ультразвука на границе разнородных сред. Отражение ультразвуковых волн зависит от угла падения на зону воздействия – чем больше угол падения, тем больше коэффициент отражения.

В организме ультразвук частотой 800–1000 кГц распространяется на глубину 8–10 см, а при частоте 2500–3000 Гц – на 1,0–3,0 см. Ультразвук поглощается тканями неравномерно: чем выше акустическая плотность, тем меньше поглощение.

На организм человека при проведении ультразвуковой терапии действуют три фактора:

- 1) механический – вибрационный массаж клеток и тканей;
- 2) тепловой – повышение температуры тканей и проницаемости клеточных оболочек;
- 3) физико-химический – стимуляция тканевого обмена и процессов регенерации.

Наиболее адекватными для лечебно-профилактических воздействий являются небольшие дозировки ультразвука (до 1,2 Вт/см²), особенно в импульсном режиме. Они способны оказывать болеутоляющее, антисептическое (противомикробное), сосудорасширяющее, рассасывающее, противовоспалительное, десенсибилизирующее (противоаллергическое) действие.

В физиотерапевтической практике используются преимущественно отечественные аппараты трех серий: УЗТ-1, УЗТ-2, УЗТ-3.

Ультразвук не применяется на область мозга, шейных позвонков, костные выступы, области растущих костей, ткани с выраженным нарушением кровообращения, на живот при беременности, мошонку. С осторожностью ультразвук применяют на область сердца, эндокринные органы.

Различают непрерывный и импульсный ультразвук. Непрерывным ультразвуком принято называть непрерывный поток ультразвуковых волн. Этот вид излучения используется главным образом для воздействия на мягкие ткани и суставы. Импульсный ультразвук представляет собой прерывистое излучение, т. е. ультразвук посылается отдельными импульсами через определенные промежутки времени.

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА

Ультразвук обладает следующими эффектами:

- противовоспалительным, рассасывающим действиями;
- анальгезирующим, спазмолитическим действиями;
- усилением проницаемости кожи

Применяется в медицине:

1. В УЗИ
2. В косметологии
3. В биологических исследованиях



Применяется в других отраслях:

- Резка металла
- Приготовление смесей
- Для механической очистки
- В рыбной промышленности (эхолокация)
- В ультразвуковой сварке

Ультразвук — звуковые волны, имеющие частоту выше воспринимаемых человеческим ухом, обычно, под ультразвуком понимают частоты выше 20 000 Герц

В фармакологии:

С помощью ультразвука можно размельчать и диспергировать среды, что применяется, например, при изготовлении коллоидных растворов, высокодисперсных лекарственных эмульсий (например, эмульсии камфорного масла, аэрозолей). В зависимости от условий воздействия и свойств среды ультразвук может способствовать и обратным процессам, например, осаждению суспензий, коагуляции аэрозолей, очистке газов от загрязняющих их примесей и др.

Ультразвук ускоряет некоторые химические реакции, особенно процессы окисления за счет реакционно-способных радикалов Н, ОНи др, что может быть использовано при получении химических соединений.

Кавитационный ультразвук используется для разрушения оболочек растительных или животных клеток и извлечения из них различных биологически активных веществ - ферментов, токсинов, витаминов и др.

В хирургии:

Ультразвук низкой частоты и высокой мощности используют в хирургии для разрушения злокачественных опухолей, дробления камней в мочевом пузыре, распиливания костей, сварки костной ткани, резки тканей и т.п.

В терапии:

На организм при проведении ультразвуковой терапии действуют три фактора: механический, физический (тепловой) и химический.

21. Физические основы гемодинамики. Вязкость. Методы определения вязкости жидкостей.

1) Гемодинамика - раздел биомеханики, в котором исследуется движение крови по сосудистой системе. Физической основой гемодинамики является гидродинамика. Течение крови зависит как от свойств крови, так и от свойств кровеносных сосудов.

Основными показателями гидродинамики являются:

1. объемная скорость движения жидкости – Q;
2. давление в сосудистой системе – P;
3. гидродинамическое сопротивление – R.

Соотношение между этими величинами описывается уравнением:

(продолжение ниже)

$$Q = \frac{P_1 - P_2}{R} = \frac{\Delta P}{R}$$

т.е., количество жидкости Q, протекающее через любую трубу, прямо пропорционально разности давлений в начале (P1) и в конце (P2) трубы и обратно пропорционально сопротивлению (R) току жидкости.



1. Метод Стокса

$$v = \frac{2(\rho - \rho')gr^2}{9\eta}$$

2. Метод Пуазейля основан на ламинарном течении жидкости в тонком капилляре.

$$\eta = \frac{\pi R^4 \Delta p t}{8Vl}$$

3. Ротационные методы. Измерение вязкости ротационным вискозиметром основано на определении скорости вращения цилиндра в вязкой жидкости.

22. Стационарный поток, ламинарное и турбулентное течения. Формула Ньютона, ньютоновские и неньютоновские жидкости. Формула Пуазейля. Число Рейнольдса.

Стационарный поток

Существуют две различные формы, два режима течения жидкостей: ламинарное и турбулентное течения. Течение называется ламинарным (слоистым), если вдоль потока каждый выделенный тонкий слой скользит относительно соседних, не

перемешиваясь с ними, и **турбулентным (вихревым)**, если вдоль потока происходит интенсивное вихреобразование и перемешивание жидкости (газа).

Формула Пуазейля:

$$Q = \frac{P_1 - P_2}{8\eta L} \pi R^4$$

Число Рейнольдса

Один тип движения может переходить в другой, например, просто при изменении скорости течения. Влияют на этот переход и другие параметры. Английский физик **Рейнольдс** установил, что характер движения зависит от безразмерной величины:

$$Re = \frac{\rho v l}{\eta}$$

где ρ – плотность жидкости, v – средняя по сечению трубы скорость потока, η – вязкость жидкости, l – усредненный характерный для поперечного сечения потока размер (для трубы диаметр). Величина Re называется **числом Рейнольдса**. Проще: **критерий подобия** для течения вязких жидкостей и газов. Чем больше вязкость тем Re меньше! **Это не константа для данной жидкости!** Зависит от условий температуры, размера и т.д.

Формула Ньютона, ньютоновские и неньютоновские жидкости. Формула Пуазейля.

Сила внутреннего трения пропорциональна площади S взаимодействующих слоев и тем больше, чем больше их относительная скорость. Так как разделение на слои условно, то принято выражать силу в зависимости от изменения скорости на некотором участке в направлении x , перпендикулярном скорости, отнесенного к длине этого участка, т. е. от величины dv/dx — градиента скорости (скорости сдвига):

$$F_{\text{тр}} = \eta \frac{dv}{dx} S. \quad (7.1)$$

Для многих жидкостей вязкость не зависит от градиента скорости, такие жидкости подчиняются уравнению Ньютона и их называют ньютоновскими. Жидкости, не подчиняющиеся уравнению относят к неньютоновским.

$$v_{\text{max}} = \frac{\Delta p}{4\eta l} R^2$$

$$v = \frac{\Delta p}{4\eta l} (R^2 - r^2)$$

23. Гидравлическое сопротивление в последовательных, параллельных и комбинированных системах трубок. Разветвляющиеся сосуды.

Гидравлическое сопротивление сосудов $X = 8 l h / (\rho R^4)$, где l — длина сосуда, R — его радиус, h — коэффициент вязкости, вводится на основании аналогий законов Ома и Пуазейля (движение электричества и жидкости описываются общими соотношениями)

Гидравлическое сопротивление в последовательных, параллельных и комбинированных системах трубок. Разветвляющиеся сосуды.

Сужение сосуда - Скорость потока возрастает, сопротивление увеличивается, перепад давлений увеличивается.

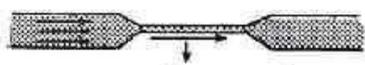
Расширение сосуда – скорость потока уменьшается, сопротивление падает, перепад давлений уменьшается

Группа суженных сосудов, соединенных параллельно при большом суммарном поперечном сечении -

Замедление потока, скорость потока уменьшается из-за трения, сопротивление возрастает, перепад давлений увеличивается

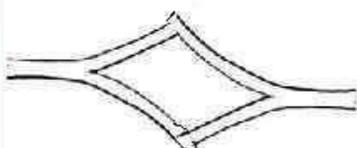
ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ, ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ И КОМБИНИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ТРУБОК. РАЗВЕТВЛЯЮЩИЕСЯ СОСУДЫ

• Гидравлическое сопротивление системы последовательно соединенных труб



$$X = X_1 + X_2 + X_3$$

• Гидравлическое сопротивление системы параллельно соединенных труб



$$\frac{1}{X} = \frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2}$$

Гидравлическое сопротивление

$$Q = \frac{\pi \cdot r^4 \cdot \Delta P}{8 \cdot \eta \cdot l}$$

$$U = R \cdot I$$

$$X = \frac{8 \cdot \eta \cdot l}{\pi \cdot r^4}$$

**Гидравлическое
сопротивление**

прямо пропорционально
вязкости жидкости η ,

длине сосуда l

и обратно

пропорционально
радиусу r сосудов в
четвертой степени

24. Закон Гука. Модуль упругости. Упругие и прочностные свойства костной ткани. Механические свойства тканей кровеносных сосудов.

Закон Гука. Модуль упругости.

Закон Гука — утверждение, согласно которому, деформация, возникающая в упругом теле, пропорциональна приложенной к этому телу силе. Открыт в 1660 году английским учёным Робертом Гуком. Закон Гука выполняется только при малых деформациях.

Закон Гука. $(F = -k \Delta x)$

F — сила упругости

k — коэффициент жесткости

Δx — максимальное удаление от положения равновесия

Модуль Юнга (модуль упругости) — физическая величина, характеризующая свойства материала сопротивляться растяжению/сжатию при упругой деформации.

Упругие и прочностные свойства костной ткани. Механические свойства тканей кровеносных сосудов.

Композиционное строение кости придает ей нужные механические свойства: твердость, упругость и прочность. Зависимость $\sigma = f(\epsilon)$ для компактной костной ткани имеет характерный вид, показанный на рис. 8.18, т. е. подобна аналогичной зависимости для твердого тела; при небольших деформациях выполняется закон Гука. Модуль Юнга около 10 ГПа, предел прочности 100 МПа. Полезно эти данные сопоставить с данными для капрона, армированного стеклом

Механические свойства кровеносных сосудов определяются главным образом свойствами коллагена, эластина и гладких мышечных волокон. Содержание этих составляющих сосудистой ткани изменяется по ходу кровеносной системы: отношение эластина к коллагену в общей сонной артерии 2:1, а в бедренной артерии 1 : 2. С удалением от сердца увеличивается доля гладких мышечных волокон, в артерио-лах они уже являются основной составляющей сосудистой ткани.

24. Биологические мембраны и их физические свойства.

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

Функции мембран.

1. **Механическое разделение** клеток (или органелл) друг от друга
2. **Матричная**: липидный бислой является матрицей (структурной основой) для удержания белков и ферментов
3. **Барьерная**: мембрана – селективная преграда для проникновения ионов и водорастворимых молекул
4. **Транспортная**: через мембрану происходит перенос (транспорт) веществ

Физические свойства мембран.

1. **Плотность** липидного бислоя составляет 800 кг/м^3 , что меньше, чем у воды.
2. **Размеры**. По данным электронной микроскопии, толщина мембраны (l) варьирует от 4 до 13 нм, причем различным клеточным мембранам присуща разная толщина
3. **Прочность**. Предел прочности на разрыв для мембраны низок.
4. В условиях организма средние деформации составляют около 0,01 %. Чтобы довести мембрану до разрыва, достаточно внутреннего давления 100 Па. Живая клетка может осуществлять осморегуляцию только за счет изменения своей формы, но не за счет растяжения мембраны.
5. **Мембрана - конденсатор**. Двойной фосфолипидный слой уподобляет мембрану плоскому конденсатору, обкладки которого образованы электролитами внеклеточного и внутриклеточного (цитоплазмы) растворами с погруженными в них поверхностными белками и головками липидных молекул. Обкладки разделены диэлектрическим слоем, образованным неполярной частью липидных молекул - двойным слоем их хвостов.
 - Электроемкость 1 [см] ² мембраны: **$C=0,5-1,3 \text{ мкФ}$** .
 - Напряженность электрического поля в мембране: **$E \approx 20 \cdot [10] \text{ }^6 \text{ В/м}$**
 - Диэлектрическая проницаемость мембраны составляет:
для фосфолипидной области **$\epsilon=2-2,2$** ;
для гидрофильной области **$\epsilon=10-20$** .
6. **Жидкокристаллическое состояние**. Молекулы в мембране размещены не беспорядочно, в их расположении наблюдается дальний порядок. Фосфолипидные молекулы находятся в двойном слое, а их гидрофобные хвосты приблизительно параллельны друг другу. Есть порядок и в ориентации полярных гидрофильных головок. Физическое состояние, при котором есть дальний порядок во взаимной ориентации и расположении молекул, но агрегатное состояние жидкое, называется жидкокристаллическим состоянием.
Жидкокристаллические структуры очень чувствительны к изменению температуры. В мембранных фосфолипидах при понижении температуры происходит переход из жидкокристаллического в гельсостояние. При этом изменяется взаимное положение гидрофобных хвостов и увеличивается толщина двойного слоя.

25. Виды пассивного транспорта. Уравнения простой диффузии и электродиффузии. Уравнение Нернста-Планка.

Виды транспорта через мембрану

- 1. **Пассивный транспорт** - перенос молекул и ионов через мембрану, который осуществляется в направлении меньшей их концентрации. Пассивный транспорт не связан с затратой химической энергии. Он стремится выровнять концентрации частиц по разные стороны от мембраны, т.е. свести к нулю величины их градиентов. Если бы в клетках существовал только пассивный транспорт, то значения физической величины внутри и вне клетки сравнялись бы, но этого не происходит.

Различают несколько видов пассивного транспорта. (Рисунок)

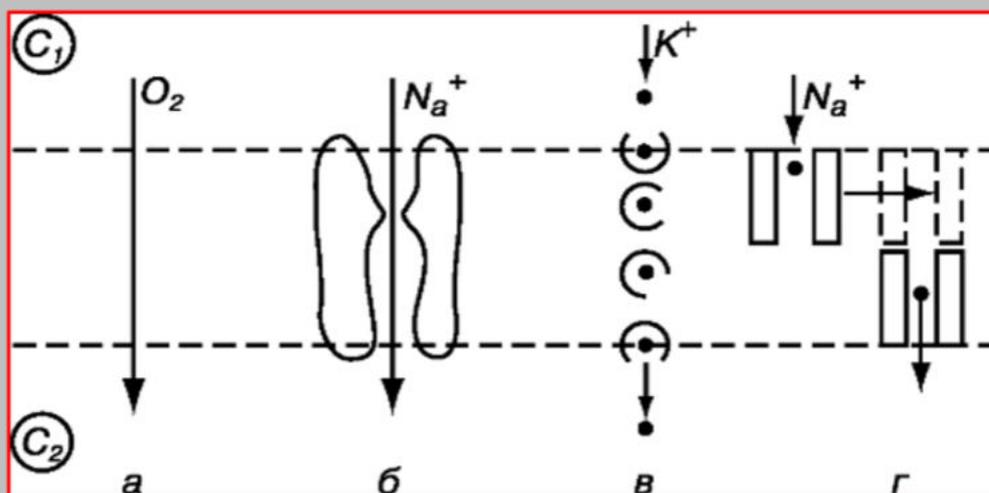


Рис. Типы пассивного транспорта. а) Простая диффузия через липидный слой; б) Транспорт через каналы(поры); в) Облегченная диффузия; г) Эстафетная передача

Уравнения простой диффузии и электродиффузии. Уравнение Нернста-Планка.

$$\Phi = \frac{-D \cdot \Delta C}{\Delta X} - \frac{C \cdot Z \cdot F \cdot U \cdot \Delta \varphi}{\Delta X}$$

Уравнение Нернста-Планка:

$$J = (dm/dt) / S = -D (dC/dx)$$

$$\Phi = -cu (dm/dx)$$

26. Понятие о потенциале покоя биологической мембраны. Равновесный потенциал Нернста.

В состоянии покоя между наружной и внутренней поверхностями мембраны клетки существует разность потенциалов, которая называется мембранным потенциалом (МП), или, если это клетка возбудимой ткани, — потенциалом покоя.

При равновесном потенциале перенос из одной фазы в другую по данным внешнего баланса прекращается. В действительности он не прекращается никогда, просто скорость прямого процесса становится равной скорости обратного.

27. Проницаемость мембран для ионов. Модель стационарного мембранного потенциала Гольдмана-Ходжкина-Каца.

Проницаемость биологических мембран, важнейшее свойство биологических мембран (БМ), заключающееся в их способности пропускать в клетку и из неё различные метаболиты (аминокислоты, сахара, ионы и т.п.). П. б. м. имеет большое значение для осморегуляции и поддержания постоянства состава клетки, её физико-химический гомеостаз; играет важную роль в генерации и проведении нервного импульса, в энергообеспечении клетки, сенсорных механизмах и др. процессах жизнедеятельности.

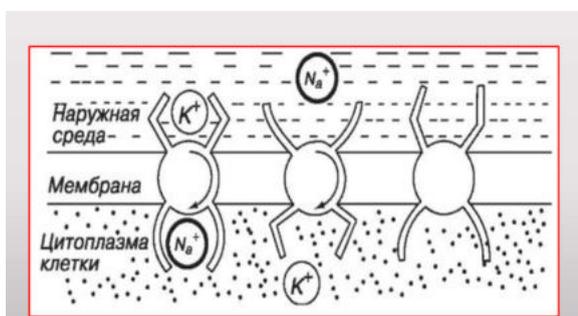
Причина отклонения равновесного потенциала от опытных данных заключается в проницаемости мембраны и для других ионов, которые вносят свой вклад в образование мембранного потенциала. Основной вклад в суммарный поток зарядов, а следовательно, в создание и поддержание потенциала покоя, помимо K^+ , вносят ионы Na^+ , Cl^- . Суммарная плотность потока этих ионов с учетом их знаков равна:

$$J = J_{Na^+} + J_{K^+} - J_{Cl^-}$$

28. Понятие об активном транспорте ионов через биологические мембраны. Механизмы формирования потенциала действия на мембранах нервных и мышечных клеток.

➤ **2. Активный транспорт** - перенос молекул и ионов, который происходит с затратой химической энергии в направлении от меньших значений величин к большим.

При этом нейтральные молекулы переносятся в область большей концентрации, а ионы переносятся против сил, действующих на них со стороны электрического поля. Таким образом, активным транспортом осуществляется перенос веществ в направлении, противоположном транспорту, который должен был бы происходить под действием градиентов (прежде всего концентрационного и электрического).



Потенциал действия - разность потенциалов между цитоплазмой и окружающей средой при возбуждении.

В начале увеличивается проницаемость мембраны для ионов Na^+ . Натриевые каналы открываются лишь при возбуждении. Ионы Na^+ входят через мембрану внутрь клетки, в результате чего внутренняя поверхность мембраны изменяет свой заряд с «-» на «+», т.е. происходит деполяризация мембраны. Натриевый канал открыт малое время (0,5-1 мс). В течение этого времени происходит изменение мембранного потенциала.

Во время генерации импульса натриевый канал закрывается и открывается калиевый канал. Ионы K^+ частично выходят наружу (покидают клетку), что приводит к восстановлению отрицательного заряда на внутренней стороне мембраны (рис. (в)). Во время импульса проводимость мембраны увеличивается в 1000 раз. Всего за время генерации одного импульса через квадратный микрон поверхности волокна проходит по 20 000 ионов натрия и калия.

Наступает рефрактерный период. Мембрана не воспринимает импульс, а возвращается в основное физиологическое состояние (рис. (г)).

29. Процессы, происходящие в тканях под действием электрических токов и электромагнитных полей.

Под действием электромагнитных полей в тканях возникают два вида токов: 1) токи смещения, и 2) токи проводимости.

Токи смещения связаны с поляризацией молекул и их переориентацией, т.е. с вызванной электрическим полем вращательной переориентацией диполей.

Токи проводимости возникают за счет движения в электрическом поле зарядов – в электролитах носителями тока являются ионы.

30. Частотная зависимость порогов ощутимого и неотпускающего токов.

Ощутимый ток – это такой ток, который вызывает при прохождении через человека ощутимые раздражения. Человек начинает ощущать воздействие проходящего через него переменного тока частотой 50 Гц значением 0,5 – 1,5 мА и постоянного тока значением 5 – 7 мА.

Неотпускающий ток – это такой ток, который вызывает при прохождении через человека непреодолимые судорожные сокращения мышц руки, в которой зажат проводник.

31. Пассивные электрические свойства тканей тела человека.

Эквивалентные электрические схемы живых тканей. Полное сопротивление (импеданс) живых тканей, зависимость от частоты.

https://studopedia.ru/19_90429_vopros--passivnie-elektricheskie-svoystva-tkany-tela-cheloveka.html

Пассивные электрические свойства тканей тела человека. Эквивалентные электрические схемы живых тканей.

В основе создания таких схем лежат три положения:

содержимое клетки и внеклеточная среда – это проводники с ионной проводимостью. Они обладают активным сопротивлением

внутриклеточной – $R_{вн}$

и внеклеточной (внешней) среды – $R_{ср}$

клеточная мембрана является диэлектриком. Но здесь имеет место небольшая ионная проводимость, а следовательно, есть небольшое активное сопротивление мембраны- R_m .

содержимое клетки и внеклеточная среда, раздражаемые мембраной, представляют собой конденсатор определенной емкости (C_m).

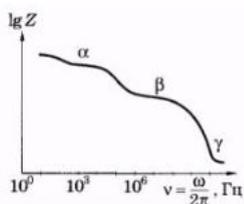
При построении эквивалентной схемы живой ткани, например крови, необходимо учитывать пути тока:

через клетку

в обход клетки (через клеточную среду).

К пассивным электрическим свойствам биологических объектов относятся: сопротивление, электропроводимость, емкость, диэлектрическая проницаемость. В норме и патологии эти параметры меняются и поэтому могут быть использованы для изучения структуры и физико-химического состояния биологического вещества. Эти свойства проявляются, если к исследуемому участку ткани приложить напряжение небольшой величины.

Полное сопротивление (импеданс) живых тканей, зависимость от частоты.



Импеданс тканей организма – это полное сопротивление живых объектов переменному току.

Пассивные электрические свойства тканей тела человека

Живые ткани являются **композиционными** средами:

объемное сочетание **разнородных** компонентов



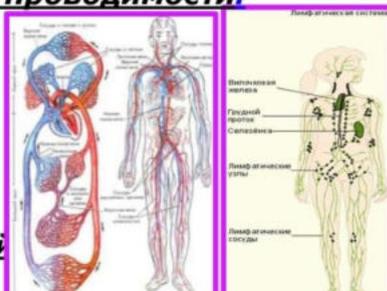
Электропроводность живых тканей

Электропроводность – это способность тканей пропускать **электрический ток под воздействием электрического поля**.

Электропроводность связана с присутствием **ионов**, которые являются **свободными зарядами**, создающими в организме **ток проводимости**.

$$G = \frac{I}{R} \quad [Cm] \text{ (сименс)}$$

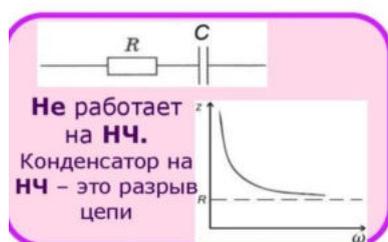
Электропроводность живых тканей определяется прежде всего **электрическими свойствами крови, лимфы, межклеточной жидкости и цитозоля**.



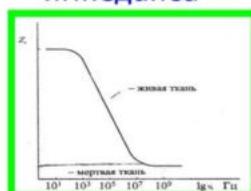
Эквивалентные электрические схемы тканей организма

Это **модели** биологических тканей

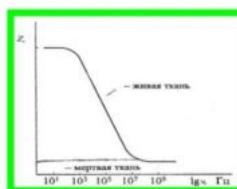
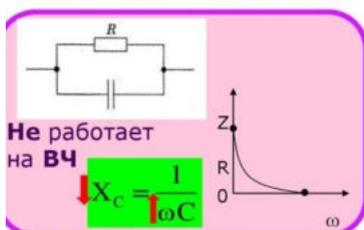
1. Последовательное соединение R и C



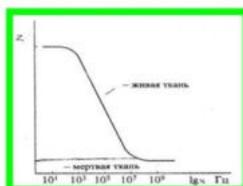
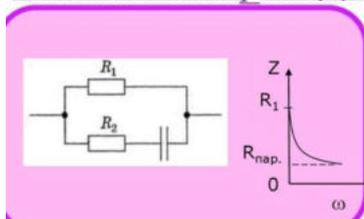
Работу этих моделей проверяли по кривой дисперсии импеданса



2. Параллельное соединение R и C



3. Межклеточное R₁ и внутриклеточное R₂ сопротивления



Полное сопротивление (импеданс) живых тканей, зависимость от частоты

Импеданс тканей организма – это полное сопротивление живых объектов **переменному** току. Это геометрическая сумма **активного** и **емкостного** сопротивления живых клеток

Сила тока **опережает** по фазе приложенное напряжение



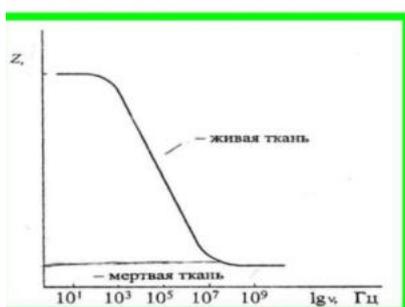
При последовательном соединении

$$Z_{\text{ткани}} = \sqrt{R^2 + X_c^2}$$

[Ом]

$$Z_{\text{ткани}} = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}}$$

Зависимость импеданса от частоты



$$Z = f(\nu)$$

Частотная зависимость импеданса = **дисперсия импеданса**

По мере ↑ частоты ν импеданс ↓ Z .

Дисперсия импеданса – это результат того, что при **низких** частотах, как и при постоянном токе, электропроводность связана с **поляризацией**. И по мере ↑ частоты ν поляризационные явления сказываются меньше.

32. Электрический диполь. Электрическое поле диполя. Токовый диполь.

Электрический диполь. Электрическое поле диполя. Токовый диполь.

Электрическим диполем (диполем) называют систему, состоящую из двух равных, но противоположных по знаку точечных электрических зарядов, расположенных на некотором расстоянии друг от друга (плечо диполя)

$$E = kq \left(\frac{1}{r_2^2} - \frac{1}{r_1^2} \right) \approx kq \frac{2l}{r^3} = k \frac{2p}{r^3}$$

Токовый диполь – это система из положительного и отрицательного полюсов (источка и стока электрического тока), находящихся на некотором расстоянии друг от друга в проводящей среде

33. Электрическое поле токового диполя в неограниченной проводящей среде.

Электрическое поле токового диполя в неограниченной проводящей среде

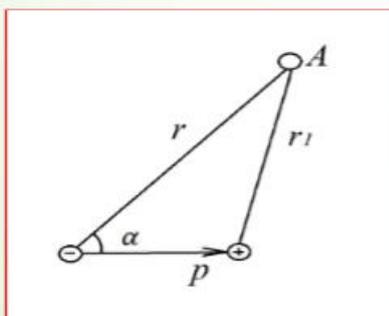
$$P_T = I \cdot L \quad (13.7)$$

Потенциал, создаваемый токовым диполем в точке А, удаленной от него на расстояние $r \gg L$, равен

$$\varphi_r = \frac{\rho}{4\pi} \frac{P_T \cos \alpha}{r^2} \quad (13.8)$$

▶ Абсолютная величина потенциала зависит от дипольного момента p , диэлектрической проницаемости среды ϵ и от положения данной точки поля относительно диполя. Пусть диполь находится в непроводящей бесконечной среде и некоторая точка А удалена от его центра на расстояние $r \gg r_1$ (рис.)

Обозначим через α угол между вектором p и направлением на эту точку. Тогда потенциал, создаваемый диполем в точке А, определяется следующей формулой:



$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon\epsilon_0} \frac{p \cos \alpha}{r^2}$$

вот тут хз даже что и написать

34. Представление о дипольном эквивалентном электрическом генераторе сердца, головного мозга и мышц. Модель Эйнтховена.

Принцип эквивалентного генератора.

Он состоит в том, что изучаемый орган, состоящий из множества клеток, возбуждающихся в различные моменты времени, представляется моделью **единого эквивалентного генератора, который находится внутри!** организма. Этот генератор создает на **поверхности!** тела электрическое поле, которое изменяется в соответствии с изменением электрической активности изучаемого органа.

Модель Эйнтховена

Это модель, в которой электрическая активность миокарда заменяется действием одного эквивалентного точечного генератора (диполя).

Интегральный вектор сердца = дипольный момент сердца. Это результирующий вектор отдельных векторов – совокупности множества точечных диполей.

$\vec{P} = \sum p$ $\varphi \approx P \cos \alpha$

P **меняется беспостоянно.**

Исследуя изменения **напряжения** на поверхности тела человека, можно судить о **проекциях дипольного момента сердца** \vec{P} , и о БП сердца.

ЭЙНТХОВЕН (Einthoven) Виллем (1860-1927), Нидерландский физиолог, основоположник электрокардиографии. Сконструировал (1903) прибор для регистрации электрической активности сердца, впервые (1906) использовал электрокардиографию в диагностических целях. Нобелевская премия по физиологии и медицине (1924).

Основные положения теории Эйнтховена

- Сердце есть токовый диполь в **однородной проводящей среде**
- Часть миокарда заряжена \ominus возбуждена, а часть \oplus
- Дипольный момент сердца – этого токового диполя все время **поворачивается, изменяет свое положение** за время сердечного цикла.

Направление процесса Дипольный момент

Генез электрокардиограмм в трех стандартных отведениях в рамках данной модели

Электрокардиограмма (ЭКГ) – это запись ϵ **поверхности тела** напряжений, которые отражают распространение волны возбуждения по миокарду.

Электрокардиограмма (ЭКГ)– это регистрация биопотенциалов, возникающих при работе сердца.

- Зубец **P** - **деполяризация (возбуждение)** предсердий
- QRS**- **деполяризация (возбуждение)** желудочков
- Зубец **T** - **реполяризация (расслабление)** желудочков.

3. В соответствии с этим изменяется разность потенциалов между определенными точками на теле человека.

Теория Эйнтховена **нестрогая:**

1. Проводимость среды все время меняется (вдох-выдох);
2. Точка приложения \vec{P} все время неясна;
3. Сердце – не точечный диполь.

За год 100 миллионов ЭКГ – обследований.

Отведение – это разность потенциалов, регистрируемая между двумя точками тела.

Сердце является **трехмерным** органом. А его изображение надо зарегистрировать на **плоской** ленте. Поэтому должны быть найдены такие отведения, которые позволяют получить проекцию \vec{P}_c в двух плоскостях: во **фронтальной** (аверх-вниз) и **горизонтальной** (вперед-назад).

Эйнтховен предложил рассматривать **равносторонний треугольник**, в центре которого находится электрический вектор сердца и измерять **разность потенциалов** между двумя точками тела, расположенными во **фронтальной** плоскости.

$U_I : U_{II} : U_{III} = P_{cI} : P_{cII} : P_{cIII}$

Биполярные отведения

- I стандартное отведение
- II стандартное отведение
- III стандартное отведение

35. Генез электрокардиограмм в трех стандартных отведениях в рамках данной модели.

Генез электрокардиограмм в трех стандартных отведениях в рамках данной модели. Электрокардиограмма (ЭКГ) –это запись с поверхности тела напряжений, которые отражают распространение волны возбуждения по миокарду.

Электрокардиограмма (ЭКГ)-это регистрация биопотенциалов, возникающих при работе сердца.

Зубец Р -деполяризация (возбуждение) предсердий QRS-деполяризация (возбуждение) желудочков

Зубец Т –реполяризация (расслабление) желудочков.

36. Основные понятия медицинской электроники. Безопасность и надежность медицинской аппаратуры.

Основные понятия медицинской электроники

Разделы электроники, в которых рассматриваются особенности применения электронных систем для решения медико-биологических задач, а также устройство соответствующей аппаратуры, получили название медицинской электроники.

1. Устройства для получения (съема), передачи и регистрации медико-биологической информации. Такая информация может быть не только о процессах, происходящих в организме (биологических тканях, органах, системах), но и о состоянии окружающей среды (санитарно-гигиеническое назначение), о процессах, происходящих в протезах, и т. д. Сюда относится большая часть диагностической аппаратуры: баллистокардиографы, фонокардиографы, реографы и др. Для подавляющего большинства этих приборов в радиотехническом отношении характерно наличие усилителей электрических сигналов.

К этой группе можно отнести и электромедицинскую аппаратуру для лабораторных исследований, например рН-метр.

2. Электронные устройства, обеспечивающие дозирующее воздействие на организм различными физическими факторами (ультразвук, электрический ток, электромагнитные поля и др.) с целью лечения: аппараты микроволновой терапии, аппараты для электрохирургии, кардиостимуляторы и др. С физической точки зрения эти устройства являются генераторами различных электрических сигналов.

3. Кибернетические электронные устройства: а) электронные вычислительные машины для переработки, хранения и автоматического анализа медико-биологической информации; б) устройства для управления процессами жизнедеятельности и автоматического регулирования состоянием окружающей человека среды; в) электронные модели биологических процессов и др.

Применение электронных медицинских приборов и аппаратов повышает эффективность диагностики и лечения и увеличивает производительность труда медицинского персонала.

Главное требование при обеспечении безопасности аппаратуры - сделать невозможным случайное касание ее частей, находящихся под напряжением.

Для этого прежде всего изолируют друг от друга и от корпуса части приборов и аппаратов, находящиеся под напряжением. Однако это еще не обеспечивает полной безопасности по двум причинам.

1. Сопротивление приборов и аппаратов переменному току небесконечно. Не является бесконечным и сопротивление между проводами электросети и землей. Поэтому при касании человеком корпуса аппаратуры через тело человека пройдет некоторый ток, называемый током утечки.

При конструировании аппаратуры учитывают допустимую силу тока утечки, которая различна в разных типах электро медицинских приборов и аппаратов.

Допустимая сила тока утечки - безопасная для человека сила тока, который может проходить через его тело в результате касания корпуса и других частей медицинского прибора или аппарата.

В зависимости от типов электро медицинских изделий эта величина изменяется в пределах 0,05-0,25 мА.

2. Из-за порчи рабочей изоляции может возникнуть электрическое замыкание внутренних частей аппаратуры с корпусом («пробой

на корпус»). При этом доступная для касания часть аппаратуры - корпус - окажется под напряжением.

В обоих случаях должны быть приняты меры, которые исключали бы поражение током человека при касании корпуса аппаратуры.

Одним из основных способов защиты от поражения электрическим током при работе с аппаратурой является заземление. Термин «заземление» означает электрическое соединение элементов электрической аппаратуры с землей или техническое устройство, обеспечивающее такое соединение.

Однако не всякая электро медицинская аппаратура надежно защищена заземлением. Существуют дополнительные способы защиты, которые не рассматриваются в данном курсе.

Надежность медицинской аппаратуры

Для медицинской аппаратуры проблема надежности особенно актуальна, так как выход приборов и аппаратов из строя может привести не только к экономическим потерям, но и к гибели пациентов.

Надежность - способность изделия сохранять свою работоспособность в течение заданного интервала времени.

Способность аппаратуры к безотказной работе зависит от многих причин, учесть которые практически невозможно, поэтому количественная характеристика надежности имеет вероятностный характер.

Вероятность безотказной работы $P(t)$ - это вероятность того, что данный прибор сохранит свою работоспособность в течение заданного интервала времени.

37. Особенности сигналов, обрабатываемых медицинской электронной аппаратурой и связанные с ними требования к медицинской электронике.

В большинстве приборов электрический сигнал, поступающий от преобразователя, должен пройти обработку, прежде чем он примет форму, удобную для дальнейшего его использования в устройстве отображения. Такая модификация или обработка сигнала выполняется в специальных блоках прибора — блоках обработки сигналов.

Электрический сигнал, получаемый от большинства преобразователей, мал, поэтому его следует усилить. Усиление осуществляется с помощью электронных приборов, т. е. приборов, в которых осуществляется управление электронными потоками.

38. Принцип действия медицинской электронной аппаратуры (генераторы, усилители, датчики). Техника безопасности при работе с электрическими приборами.

Принцип действия медицинской электронной аппаратуры (генераторы, усилители, датчики).

усилители - основа приборов для функциональной диагностики;

генераторы импульсных токов – электростимуляция здоровых и больных мышц

Датчик - (преобразователь медицинской информации) - устройство съема информации, реагирующий своим чувствительным элементом на воздействие измеряемой величины, а также осуществляющий преобразование этого воздействия в форму, удобную для последующего усиления, регистрации, обработки и т.д.

Техника безопасности при работе с электрическими приборами

Меры безопасности при работе с электроприборами.

В лаборатории должен быть общий рубильник для включения и выключения внутрилабораторной сети.

В лаборатории следует использовать приборы заводского изготовления. При их эксплуатации необходимо руководствоваться паспортом и инструкцией завода изготовителя.

Электроприборы в лаборатории должны быть обязательно заземлены. Целостность заземления проверяется лаборантом.

Не следует пользоваться неисправными приборами, приборами с нарушенной изоляцией, с расшатанными штепсельными вилками.

Электрические приборы (особенно электронагревательные) нельзя оставлять без присмотра.

Все электронагревательные приборы независимо от мощности должны иметь достаточную тепловую изоляцию со всех сторон.

НЕЛЬЗЯ:

Браться мокрыми руками за штепсельные вилки.

Подвергать электроприборы и провода воздействию влаги.

39.Геометрическая оптика.

Геометрическая оптика — раздел оптики, изучающий законы распространения света в прозрачных средах и принципы построения изображений при прохождении света в оптических системах без учёта его волновых свойств.

40.Явление полного внутреннего отражения света. Рефрактометрия.

Полное внутреннее отражение — внутреннее отражение, при условии, что угол падения превосходит некоторый критический угол. При этом падающая волна отражается полностью, и значение коэффициента отражения превосходит его самые большие значения для полированных поверхностей. Коэффициент отражения при полном внутреннем отражении не зависит от длины волны.

Рефрактометрия — это метод исследования веществ, основанный на определении показателя (коэффициента) преломления (рефракции) и некоторых его функций.

41. Волоконная оптика. Оптическая система глаза.

Волоконная оптика -это раздел оптики, изучающий передачу света и изображения по световодам.

Хрусталик разделяет внутреннюю поверхность глаза на две камеры: переднюю камеру, заполненную водянистой влагой, и заднюю камеру, заполненную стекловидным телом. Хрусталик представляет собой двояковыпуклую эластичную линзу, которая крепится на мышцах ресничного тела. Ресничное тело обеспечивает изменение формы хрусталика.

Сокращение или расслабление волокон ресничного тела приводит к расслаблению или натяжению цинновых связок, которые отвечают за изменение кривизны хрусталика.

Глаз позвоночных часто сравнивают с фотокамерой, так как система линз (роговица и хрусталик) дает перевернутое и уменьшенное изображение объекта на поверхности сетчатки.(Герман Гельмгольц).

Количество проходящего через хрусталик света регулируется переменной диафрагмой (зрачком), а хрусталик способен фокусировать более близкие и более удаленные объекты.

42.Микроскопия. Специальные приемы микроскопии.

Микроскопия — изучение объектов с использованием микроскопа.

измерение размеров малых объектов,

микропроекция, микрофотография,

метод фазового контраста,

метод темного поля, ультрамикроскопия.

43.Волновая оптика.

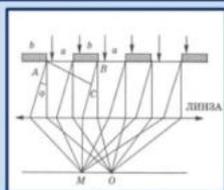
Волновая оптика это раздел оптики, изучающий явления, в которых проявляются волновые свойства света: интерференция, дифракция, поляризация, дисперсия света и другие, связанные с ними явления.

44.Дифракционная решетка. Дифракционный спектр.

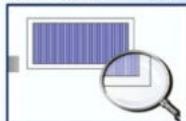
Дифракционная решетка

Дифракционная решетка - оптическое устройство, представляющее собой совокупность большого числа параллельных, обычно равноотстоящих друг от друга щелей.

Дифракционную решетку можно получить нанесением непрозрачных царапин (штрихов) на стеклянную пластину. Непроцарапанные места - щели - будут пропускать свет; штрихи, соответствующие промежутку между щелями, рассеивают и не пропускают света.



$d = a + b$
 d - период дифракционной решетки



Условие максимума:

$$d \sin \alpha = \pm k \lambda$$

α - угол отклонения световых лучей;
 $k=0, 1, 2$ - порядок главных максимумов

Разрешающая способность:

$$R = kN$$

k - порядок max ; N - число штрихов решетки

Дисперсия света

Если пропустить пучок белого света через стеклянную призму, то на экране возникнет полоска с непрерывно меняющейся окраской, которая называется призматическим или дисперсионным спектром. Разложение белого света в спектр при прохождении через призму - проявление дисперсии.

Дисперсией называют зависимость от длины волны скорости света в веществе, т. е. показателя преломления вещества.

При выходе из призмы белый свет разлагается на семь цветов: красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Меньше всех отклоняется красный свет, больше - фиолетовый. Это говорит о том, что стекло имеет для фиолетового света наибольший показатель преломления, а для красного - наименьший.

$$n = \frac{c}{v}$$

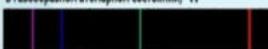
$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$



Виды спектров

1. Линейчатые

в газообразном атомарном состоянии, H



2. Полосатые

в газообразном молекулярном состоянии, H_2



3. Непрерывные или сплошные

тела в твердом и жидком состоянии, сильно сжатые газы, высокотемпературная плазма



В результате прохождения света через призму получается упорядоченное расположение монохроматических электромагнитных волн оптического диапазона - **спектр**.

Все спектры делятся на спектры **испускания** и спектры **поглощения**.

Спектры испускания делятся на **сплошные**, **линейчатые** и **полосатые**.

Сплошной спектр дают раскаленные твердые и жидкие тела. **Линейчатый** спектр - это совокупность определенных спектральных линий (на черном фоне). Такой спектр дают возбужденные газы, находящиеся в атомарном состоянии. Изолированные атомы данного химического элемента излучают строго определенные длины волн. **Полосатый** спектр представляет собой отдельные спектральные полосы, разделенные темными промежутками. В отличие от линейчатых спектров полосатые спектры создаются не атомами, а молекулами, не связанными или слабо связанными друг с другом.

Волновая оптика – раздел оптики, объясняющий оптические явления на основе волновой природы света

Дифракционная решетка - оптическое устройство, представляющее собой совокупность большого числа параллельных щелей, равноудаленных друг от друга.

Дифракционные спектры для монохроматического света представляет собой чередование максимумов и минимумов по обе стороны от центрального механизма. Максимумы имеют цвет соответствующей длины света, освещающего решетку.

Если решетку освещать белым светом, то центральный максимум будет белым, а остальные будут представлять собой чередование цветных полос плавно переходящих друг в друга, т. к. $\sin \varphi = k \cdot \lambda / d$ - зависит от длины волны света. $D = k/t$ - угловая дисперсия решетки. $R = k \cdot N$ - разрешающая способность.

45. Разрешающая способность оптических приборов (дифракционной решетки, микроскопа).

Разрешающая способность дифракционной решетки пропорциональна порядку m спектров и числу N щелей, т. е. при заданном числе щелей увеличивается при переходе к спектрам высших порядков. Современные дифракционные решетки обладают довольно высокой разрешающей способностью (до $2 \cdot 10^5$).

Разрешающая способность микроскопа - свойство микроскопа давать отдельно изображение мелких деталей рассматриваемого предмета.

46. Поляризация света. Способы получения поляризованного света. Поляризационная микроскопия.

Поляризация света - это явление выделения из пучка естественного света лучей с определенной ориентацией электрического вектора.

47. Оптическая активность. Поляриметрия.

•**Оптическая активность.** Хиральные объекты одинаково взаимодействуют с симметричными объектами (например, правая и левая перчатки одинаково хорошо укладываются в ящик комода), но по-разному – с другими хиральными объектами (например, левая перчатка хорошо одевается на левую руку, но с трудом – на правую). Соединения, содержащие хиральные центры и существующие в виде правых и левых пространственных изомеров (энантиомеров), обладают оптической активностью – способностью по-разному вращать плоскость поляризованного света. Такие соединения называют оптически активными.

Поляризованный свет получают путем пропускания обычного, полихроматического света через поляризатор (призму Николя или поляризационную решетку). В плоскополяризованном свете вектор электрического поля колеблется только в одной

плоскости, перпендикулярной направлению распространения лучей. Эта плоскость называется плоскостью поляризации свет. Плоскополяризованный свет – это комбинация левого и правого циркулярно-поляризованных лучей, движущихся в фазе по отношению друг к другу.

Когда поляризованный свет проходит через анизотропную (хиральную) среду, то один из этих лучей распространяется быстрее другого, в результате чего суммарный вектор оказывается повернутым на некоторый угол α , который называют оптическим вращением. Если плоскость поляризованного света вращается вправо (по часовой стрелке), то величина α положительная, если влево – отрицательная. Величину и знак оптического вращения обычно приводят как удельное оптическое вращение. Эту величину обозначают как $[\alpha]_{\Theta\lambda}$, где Θ – температура, °C; λ – длина волны поляризованного света.

•**Поляриметрия** — методы физических исследований, основанные на измерении степени поляризации света и угла поворота плоскости поляризации света при прохождении его через оптически активные вещества. Угол поворота в растворах зависит от их концентрации; поэтому поляриметрия широко применяется для измерения концентрации оптически активных веществ.

Методы исследования излучения, основанные на измерении:

степени поляризации излучения (света, радиоволн)

оптической активности веществ или их растворов

Поляриметрия используется для исследования излучений, а также в аналитической и структурной химии.

Оптическая активность веществ очень чувствительна к изменениям пространственной структуры молекул и к межмолекулярному взаимодействию.

Поляризуемость атомов, ионов и молекул определяет степень межмолекулярного взаимодействия и его влияние на оптическую активность среды.

Поляриметрия даёт ценную информацию о природе заместителей в органических молекулах, о строении комплексных неорганических соединений.

48. Взаимодействие света с веществом.

Взаимодействие света с веществом

- При взаимодействии света с веществом наблюдаются следующие явления
 - Изменение скорости света по сравнению с вакуумом
 - Поглощение света
 - Рассеяние света
 - Изменение состояния поляризации

MyShared

49. Рассеяние света. Поглощение света.

Поглощение света - явление потери энергии световой волной, проходящей через вещество, вследствие преобразования энергии волны в другие формы: внутреннюю энергию вещества и в энергию вторичного излучения.

Рассеянием света называют явление, при котором распространяющийся в среде световой пучок отклоняется по всевозможным направлениям. **(МОЖНО БУДЕТ СКАЗАТЬ ЕЩЕ ПРО ЗАКОН БУРГЕРА(БИГ ТЕЙСТИ ТАМ ИЛИ БИГ МАК) лайк!**

2. Рассеяние света

Рассеянием света называют явление, при котором распространяющийся в среде световой пучок отклоняется по всевозможным направлениям.

Необходимым условием для возникновения рассеяния света является наличие **оптических неоднородностей**- областей с иным, чем основная среда, показателем преломления.

Различают два основных вида таких неоднородностей:

- мелкие инородные частицы в однородном прозрачном веществе. Такие среды являются мутными: дым (твердые частицы в газе), туман (капельки жидкости в газе), взвеси, эмульсии и т.п. Рассеяние в мутных средах называют **явлением Тиндаля**;

50. Закон Бугера-Ламберта-Бэра. Оптическая плотность.

Закон Бугера — Ламберта — Бэра — физический закон, определяющий ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде.

Закон выражается следующей формулой:

$$I(l) = I_0 e^{-k\lambda l}$$

При взаимодействии света с веществом может происходить либо преломление света и рассеяние, либо поглощение, или то и другое.

Рассеянием света называют явление, при котором распространяющийся в среде световой пучок отклоняется по всевозможным направлениям

Оптическая плотность — мера ослабления света прозрачными объектами или отражения света непрозрачными объектами. Вычисляется как десятичный логарифм отношения потока излучения падающего на объект, к потоку излучения прошедшего через него, то есть это есть логарифм от величины, обратной к коэффициенту пропускания:

$$D = \lg \frac{\Phi_{in}}{\Phi_{out}}$$

51. Тепловое излучение. Характеристики и законы теплового излучения.

Тепловое излучение — это электромагнитное излучение, испускаемое веществом и возбуждаемое за счёт его внутренней энергии.

Характеристики и законы теплового излучения. Спектр излучения чёрного тела.

Тепловое излучение обуславливается возбуждением частиц вещества при соударениях в процессе теплового движения или ускоренным движением зарядов (колебания ионов кристаллической решетки, тепловое движение свободных электронов и т.д.). Оно возникает при любых температурах и присуще всем телам. Характерной чертой теплового излучения является *сплошной спектр*.

Закон Стефана-Больцмана - энергетическая светимость абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры

Закон Кирхгофа - отношение *испускательной способности* тела к его *поглощательной способности* одинаково для всех тел и равно спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела

Излучение черного тела имеет сплошной спектр

52. Спектр излучения чёрного тела. Излучение Солнца.

Тепловое излучение обуславливается возбуждением частиц вещества при соударениях в процессе теплового движения или ускоренным движением зарядов (колебания ионов кристаллической решетки, тепловое движение свободных электронов и т.д.). Оно возникает при любых температурах и присуще всем телам. Характерной чертой теплового излучения является сплошной спектр.

Закон Стефана-Больцмана - энергетическая светимость абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры

Закон Кирхгофа - отношение испускательной способности тела к его поглотительной способности одинаково для всех тел и равно спектральной плотности энергетической светимости абсолютно черного тела

Излучение черного тела имеет сплошной спектр

Излучение Солнца. Физические основы тепловидения.

Солнечная радиация — электромагнитное и корпускулярное излучение Солнца

Физическая сущность тепловидения основана на том, что любое тело, имеющее температуру выше абсолютного нуля, испускает в пространство тепловое (инфракрасное) излучение.

53. Физические основы тепловидения

Физическая сущность тепловидения основана на том, что любое тело, имеющее температуру выше абсолютного нуля, испускает в пространство тепловое (инфракрасное) излучение.

54. Электронные энергетические уровни атомов и молекул. Оптические спектры атомов и молекул.

Электронному, колебательному и вращательному движениям молекулы соответствуют три типа уровней энергии: Ээл, Екол и Евр. Согласно квантовой механике, энергия всех видов движения в молекуле принимает только дискретные значения (квантуется). Представим приближенно полную энергию E молекулы суммой квантованных значений энергий разных видов: $E = E_{эл} + E_{кол} + E_{вр}$.

Атомными спектрами¹ называют как спектры испускания, так и спектры поглощения, которые возникают при квантовых переходах между энергетическими уровнями свободных или слабозаимодействующих атомов.

(¹ Атомные спектры называют оптическими, если они лежат в ультрафиолетовом (100—400 нм), видимом (400—760 нм) или инфракрасном ($\lambda > 760$ нм) диапазоне длин волн.)

55. Спектрофотометрия. Люминесценция.

Люминесценцией называют избыточное над тепловым излучение тела, имеющее длительность, значительно превышающую период ($\sim 10^{-10}$ - 10^{-8} с) излучаемых световых волн.

Спектрофотометрия— физико-химический метод исследования растворов и твёрдых веществ, основанный на изучении спектров поглощения в ультрафиолетовой (200—400 нм), видимой (400—760 нм) и инфракрасной (> 760 нм) областях спектра.

56. Закон Стокса для фотолюминесценции. Спектры люминесценции. Спектрофлуориметрия. Люминесцентная микроскопия.

Закон Стокса: спектр люминесценции сдвинут в сторону длинных волн относительно спектра, вызвавшего эту фотолюминесценцию

Спектрофлуориметрия. Принцип - испускание света, длина волны которого больше чем длина волны поглощенного света. . Применение - количественный анализ, кинетика, качественный анализ.

Для люминесцентной микроскопии применяется целый ряд устройств и микроскопов. Основной частью этих устройств является осветитель, имеющий лампу ультрафиолетового света, и система фильтров к нему. В зависимости от того, используется ли ультрафиолетовый или синий цвет для возбуждения люминесценции, между источником света и объектом помещаются соответствующие фильтры.

57. Лазеры и их применение в медицине.

ВИДЫ ЛАЗЕРОВ

Прототип первого лазера был создан в 1954 году советскими физиками А. Прохоровым и Н. Басовым и американским учёным Ч. Таунсом, за что в 1964 году они были удостоены Нобелевской премии. Активное вещество - аммиак. Чуть позже были созданы наиболее известные – рубиновый и гелий-неоновый лазер.

В настоящее время разработаны и применяются в зависимости от задач множество лазеров, излучающих свет преимущественно одной частоты (**монохроматический**), **когерентный**, **поляризованный** в световом и инфракрасном диапазоне длин волн.

Лазеры бывают: 1. в зависимости от активной среды: рубиновый, гелий-неоновый, углекислотный, неодимовый, аргоновый и т.д. 2. в зависимости от агрегатного состояния активной среды: твердотельные, газовые, жидкостные лазеры, а также полупроводниковые. 3. в зависимости от режима работы: непрерывного действия, импульсные, работающие в режиме гигантских импульсов.



СВОЙСТВА ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- когерентность** (благодаря ей распространяется узкими пучками на большие расстояния и хорошо фокусируется);
- монохроматичность** (можно использовать очень избирательно в зависимости от задач);
- поляризованность** (предполагают, что имеет значение для стимулирующего действия низкоинтенсивного лазера в терапии вследствие хиральности биологических молекул).
- регулируемая интенсивность**, которая может составлять от 10 мВатт (гелий-неоновый лазер, работающий в непрерывном режиме) до 10^{10} – 10^{11} Ватт (неодимовый лазер в импульсном режиме).



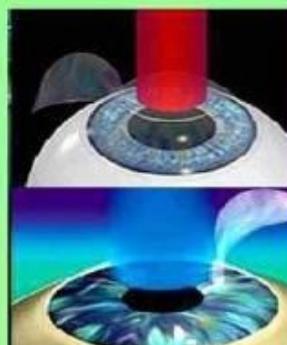
ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ В МЕДИЦИНЕ

- Низкоинтенсивное лазерное излучение** (до 10 Вт/см², чаще всего - 0,1 Вт/см²) не оказывает разрушающего действия на ткань. Лазеры, генерирующие такое излучение, являются обычными источниками света, которые обеспечивают **локальное и дозированное воздействие на ткань**. Низкоинтенсивное лазерное излучение оказывает **биостимулирующий эффект**, активизирует процессы жизнедеятельности в организме (увеличивает активность ферментов, усиливает энергетический обмен в клетках, увеличивает биосинтетическую активность, стимулирует деление клеток и регенерацию тканей и т.д.).

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРОВ В МЕДИЦИНЕ

- Среднеинтенсивное лазерное излучение** (вызывает нагревание тканей выше 60 градусов, но ниже 100 градусов), что обуславливает денатурацию белков, коагуляцию тканей и их некроз. Такое излучение используют в дерматологии и косметологии (выведение бородавок, сосудистых дефектов, родимых пятен), онкологии (удаление некоторых видов опухолей).
- Высокоинтенсивное лазерное излучение** (вызывают локальное нагревание тканей свыше 150-300 градусов), что обуславливает обезвоживание, обугливание и фотоиспарение тканей. Используется в хирургии как скальпель, который: 1. надёжен в работе (не ломается), 2. абсолютно стерил (луч света+локальное нагревание до высоких температур), 3. обеспечивает бескровный разрез вследствие коагуляции сосудов.

Особенно широко используется в офтальмологии (лечение глаукомы, отслоения сетчатки, исправление дальнозоркости и близорукости), в нейрохирургии, в оперативном лечении болезней сердечно-сосудистой системы, лёгких, и т.д.)



В медицине лазерные установки нашли свое применение в виде лазерного скальпеля. Его использование для проведения хирургических операций определяют следующие свойства:

1. Он производит относительно бескровный разрез, так как одновременно с рассечением тканей он коагулирует края раны "заваривая" не слишком крупные кровеносные сосуды;
2. Лазерный скальпель отличается постоянством режущих свойств. Попадание на твердый предмет (например, кость) не выводит скальпель из строя. Для механического скальпеля такая ситуация стала бы фатальной;
3. Лазерный луч в силу своей прозрачности позволяет хирургу видеть оперируемый участок. Лезвие же обычного скальпеля, равно как и лезвие электроножа, всегда в какой-то степени загораживает от хирурга рабочее поле;
4. Лазерный луч рассекает ткань на расстоянии, не оказывая никакого механического воздействия на ткань;
5. Лазерный скальпель обеспечивает абсолютную стерильность, ведь с тканью взаимодействует только излучение;
6. Луч лазера действует строго локально, испарение ткани происходит только в точке фокуса. Прилегающие участки ткани повреждаются значительно меньше, чем при использовании механического скальпеля;
7. Как показала клиническая практика, рана от лазерного скальпеля почти не болит и быстрее заживает.

58. Понятие о фотобиологических процессах. Избирательность действия света, спектры действия фотобиологических процессов.

Фотобиологическими называют процессы, которые начинаются с поглощения квантов света молекулами, а заканчиваются физиологической реакцией организма. К фотобиологическим процессам относятся фотосинтез, зрение, загар и эритема кожи, фотопериодизм и многие другие

Избирательность действия света

Биологический эффект зависит от длины волны электромагнитного излучения, включая ультрафиолетовый и видимый свет. Ионизирующее излучение не может действовать избирательно.

Спектр действия фотобиологического процесса- зависимость некоторого количественного показателя процесса от длины волны излучения

59. Медицинские эффекты видимого и ультрафиолетового излучения.

Медицина давно и широко применяет ультрафиолетовое излучение для диагностики и лечения заболеваний, с его помощью дезинфицируют помещения. Волны ближнего диапазона имеют бактерицидные свойства.

При облучении клетки тканей люминесцируют и обнаруживаются возбудители грибковых инфекций и клетки злокачественных опухолей.

УФ-излучение поглощается эпидермисом кожи и проникает на миллиметр внутрь – а в результате фотохимических реакций кожа выделяет биологически активные вещества, расширяются кровеносные сосуды и возникает незначительное покраснение кожи, вырабатывается витамин D₃,

который регулирует обмен кальция и фосфора. Стимулируется работа нервной системы, обмен веществ и иммунитет, ускоряются процессы заживления, усиливаются защитные силы организма.

60. Рентгеновское излучение.

Виды взаимодействия рентгеновского излучения с веществом:

1. **Когерентное** (упругое) рассеяние происходит в случае, если энергии рентгеновского кванта недостаточно для внутренней ионизации атома. Поэтому изучается фотон той же энергии.

2. **Некогерентное (комptonовское)** рассеяние происходит в случае, если энергии рентгеновского кванта достаточно и для внутренней ионизации атома, и для энергии электрона отдачи, и для рассеянного фотона. $h\nu = h\nu' + A_i + W_k$



Рентгеновское излучение

$$\nu = 10^{15} - 10^{18} \text{ Гц}$$

$$\lambda = 100 \cdot 10^{-9} - 0,01 \cdot 10^{-9} \text{ м}$$

Излучаются при большом ускорении электронов, например их торможение в металлах. Получают при помощи рентгеновской трубки: электроны в вакуумной трубке ($p = 10^{-3} - 10^{-5} \text{ Па}$) ускоряются электрическим полем при высоком напряжении, достигая анода, при соударении резко тормозятся. При торможении электроны движутся с ускорением и излучают электромагнитные волны с малой длиной.

СВОЙСТВА

Интерференция, дифракция на кристаллической решетке, большая проникающая способность. Облучение в больших дозах вызывает лучевую болезнь.

ПРИМЕНЕНИЕ

В медицине (диагностика заболеваний внутренних органов), в промышленности (контроль внутренней структуры различных изделий, сварных швов).



61. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, физические основы применения в медицине.



62. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада.

Радиоактивность – самопроизвольный распад неустойчивых ядер с испусканием других ядер или элементарных частиц.

Различают естественную(у ядер, существующих в природе) и искусственную(у ядер, синтезированных в результате ядерных реакций).

Типы:

1) α -распад(одно ядро превращается в другое с испусканием α -частицы):
 $XZA \rightarrow YZ - 2A - 4 + \alpha 24; \alpha 24 = He 24$, X, Y – символы элемента, Z- зарядовое число, A – массовое число; сопровождается γ -излучением

2) β -распад (внутриядерное взаимное превращение $n 01$ в $p + 11$):

Виды: β^- -распад: $XZA \rightarrow YZ + 1A + \beta + \tilde{\nu} - 10$; $\tilde{\nu}$ – антинейтрино

β^+ -распад: $XZA \rightarrow YZ - 1A + \beta + 10 + \nu$; ν – нейтрино

e-захват(ядро захватывает свой же электрон): $XZA + \beta - 10 \rightarrow YZ - 1A + \nu$

3) γ -излучение сопровождает альфа и бета распады, также возникает при ядерных реакциях, торможении частиц. Испускается дочерним ядром, которое в момент

образования оказывается возбужденным, а затем переходит в свое основное состояние.

Закон радиоактивного распада: $N=N_0e^{-\lambda t}$, где N_0 – число ядер в начальный момент времени, N – число распавшихся ядер к моменту времени t , λ – постоянная распада для данного вида ядер. – в связи с тем, что число нераспавшихся ядер убывает со временем.

Или в виде $N_0/2=N_0e^{-\lambda T}$, где T – период полураспада – время, в течение которого распадется половина радиоактивных ядер. $T=\ln 2/\lambda$

A – активность – скорость распада; измеряется в беккерелях(с⁻¹)

$$A=\lambda N_0e^{-\lambda T}=\lambda N=NT\ln 2$$

Удельная массовая активность $[AM]=\text{Бккг}^{-1}$, где M – масса изотопа.

Активность радиоактивного источника — ожидаемое число элементарных радиоактивных распадов в единицу времени. Удельная активность — активность, приходящаяся на единицу массы вещества источника.

Объёмная активность — активность, приходящаяся на единицу объёма источника. Удельная и объёмная активности используются, как правило, в случае, когда радиоактивное вещество распределено по объёму источника.

Поверхностная активность — активность, приходящаяся на единицу площади источника. Эта величина применяется для случаев, когда радиоактивное вещество распределено по поверхности источника. В позитронном распаде (бета-плюс-распаде) ядро испускает позитрон и нейтрино. При этом заряд ядра уменьшается на единицу (ядро смещается на одну клетку к началу таблицы Менделеева). Позитронный распад всегда сопровождается конкурирующим процессом — электронным захватом (когда ядро захватывает электрон из атомной оболочки и испускает нейтрино, при этом заряд ядра также уменьшается на единицу). Однако обратное неверно: многие нуклиды, для которых позитронный распад запрещён, испытывают электронный захват.

Закон радиоактивного распада

Пусть число радиоактивных атомов в начальный момент времени ($t=0$) равно N_0 . Тогда по истечению периода полураспада это число будет равно $N/2$.

$$N = N_0 * 2^{-\frac{t}{T}}$$

N_0 – число радиоактивных атомов в момент времени ($t=0$),
 N – число нераспавшихся атомов в любой момент времени,
 T – период полураспада - это время, за которое распадается половина первоначального количества ядер, или время, по прошествии которого остается нераспавшимся половина первоначального числа ядер. [18]

Периоды полураспада:

- Уран – 4,5 млрд. лет [19]
- Протактиний – 32 млн. лет
- Радий – 1590 лет
- Радон – 3825 суток
- Радий С (изотоп полония) – $1,5 \cdot 10^{-4}$ с

17 из 40

63. Взаимодействие α -, β - и γ -излучений с веществом.

1. α -частицы сильно взаимодействуют с различными веществами, т. е. легко поглощаются ими (табл. 3.1). Тонкий лист бумаги или слой воздуха толщиной несколько сантиметров достаточны для того, чтобы полностью поглотить α -частицы. При прохождении через вещество α -частицы почти полностью отдают свою энергию в результате электростатического взаимодействия с электронами оболочек атомов. Энергия α -частиц идет на ионизацию и возбуждение атомов поглощающей среды (**ионизационные потери**). Этот процесс может рассматриваться как упругое столкновение α -частицы с электронами, при котором α -частица теряет часть своей энергии. Метод определения энергии α -излучения по пробегу α -частиц слишком сложен и неточен. Точные значения энергии получают с помощью магнитного спектрометра. Этот метод основан на том, что α -частицы в зависимости от их энергии по-разному отклоняются в магнитном поле. Принцип действия обычных α -спектрометров основан на использовании прямопропорциональной зависимости между энергией α -частиц и числом образующихся пар ионов.
2. β -частицы - это электроны (или позитроны), испускаемые ядрами радонуклидов при β -распаде. β -частицы обладают сплошным энергетическим спектром. Вероятность взаимодействия β -частиц с веществом меньше, чем для α -частиц, так как β -частицы имеют в два раза меньший заряд и приблизительно в 7300 раз меньшую массу. При взаимодействии β -частиц с электронами атомов массы соударяемых

частиц можно считать одинаковыми, поэтому β -частицы при столкновении отклоняются гораздо сильнее.

Проходя через вещество, заряженные частицы постепенно теряют энергию и скорость, поэтому плотность ионизации вдоль пути частицы возрастает и достигает наибольшей величины в конце пути. Процесс ионизации будет происходить до тех пор, пока энергия α - и β -частиц будет способна производить ионизацию. В конце пробега α -частица присоединяет к себе два электрона и превращается в атом гелия, а β -частица (электрон) может включиться в один из атомов среды или на какое-то время остается свободным электроном.

3. Гамма- кванты при прохождении через вещество теряют энергию практически за счет трех эффектов: фотоэлектрического поглощения (фотоэффект), комптоновского рассеяния (Комптон эффект), образования электронно-позитронных пар (образование пар). Относительная величина каждого из этих эффектов зависит от атомного номера поглощающего материала и энергии фотона.

Фотоэффект - это процесс, при котором γ -квант передает всю свою энергию орбитальному электрону и прекращает свое существование.

Эффектом Комптона называют процесс, при котором γ -квант отдает электрону только часть своей энергии, т. е. γ -квант рассеивается. Это упругое столкновение фотонного излучения с электронами внешней оболочки атома. γ -Квант передает часть своей энергии электрону и изменяет направление своего движения. Отраженный γ -квант называется вторичным, или рассеянным.

Образование электрон-позитронных пар - это такое взаимодействие фотонного излучения с веществом, при котором энергия фотона в поле ядра переходит в энергию массы покоя и кинетическую энергию электрона и позитрона.

64.Радиолиз воды.

Ради́олиз — разложение химических соединений под действием ионизирующих излучений. При **радиолизе** могут образовываться как свободные радикалы, так и отдельные нейтральные молекулы.

Первичные продукты радиолиза воды – радикалы $\text{H}\cdot$, $\text{OH}\cdot$, $\text{e}^-_{\text{гидр}}$. – располагаются в пространстве достаточно близко друг от друга, образуя своеобразные скопления «рои» небольшого объема, средний радиус которых около 1,5нм. Радиохимики называют эти скопления шнурами. В среднем на шнур приходится около 6 радикалов. Именно в шнуре происходит рекомбинация радикалов с образованием молекулярных продуктов – H_2 и H_2O_2 .

Атаковать растворенные молекулы могут лишь те радикалы, которые не рекомбинируют, а выходят из шнура. Эти радикалы, а также молекулярные продукты радиолиза называют **продуктами радиолиза воды**, образование их отражает следующее суммарное уравнение:

65. Механизмы действия ионизирующих излучений на организм человека.

Под воздействием ионизирующего излучения на организм человека в тканях могут происходить сложные физические и биологические процессы. В результате ионизации живой ткани происходит разрыв молекулярных связей и изменение химической структуры различных соединений, что в свою очередь приводит к гибели клеток (прямое действие радиации).

66. Дозиметрия ионизирующего излучения.

Дозиметрия - это измерение дозы излучения

Существуют различные виды дозиметрии:

- 1) физическая;
- 2) химическая;
- 3) биологическая.

67. Поглощенная, экспозиционная и эквивалентная дозы.

68. Радиационный фон.

Радиационный фон — это уровень квантовых потоков и элементарных частиц в окружающей среде.

69. Защита от ионизирующего излучения.

Защита от ионизирующих излучений включает в себя:

- организационные мероприятия (выполнение требований безопасности при размещении предприятий, устройстве рабочих помещений и организации рабочих мест, при работе с закрытыми и открытыми источниками, при транспортировке, хранении и захоронении радиоактивных веществ, проведение общего и индивидуального дозиметрического контроля);
- медико-профилактические мероприятия (сокращенный рабочий день, дополнительный отпуск, медицинские осмотры, лечебно-профилактическое питание и др.);
- инженерно-технические методы и средства (защита расстоянием и временем, применение средств индивидуальной защиты, защитное экранирование и др.).

70. Физические основы интроскопии: рентгеновская компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, позитрон-эмиссионная томография.

<https://present5.com/lekciya-introskopiya-1-osnovnye-ponyatiya-metody-fizicheskaya-sushnost/>

Очень большой вопрос, лучше смотрите по ссылке

- **Медицинская интроскопия** – раздел диагностики, связанный с использованием методов и устройств для исследования внутренних органов пациентов, которые не могут быть проанализированы визуально.

- Возможности такого анализа связаны с использованием для получения невидимых изображения различных физических полей и воздействий