

Лекция 1. Элементы теории информации и психофизики

1. Введение

2. Информация. Основные понятия теории информации. Количество информации.

3. Единицы измерения количества информации

4. Информационная энтропия. Формула Хартли. Формула Шеннона

- **5. Общая схема съема, передачи и регистрации информации**
- **6. Применение теории информации в медицине**
 - **1. Психофизика. Основные понятия.**
 - **2. Законы психофизики. Закон Вебера**
 - **3. Закон Вебера-Фехнера**
 - **4. Закон Стивенса**
 - **5. Сенсорные системы.**
 - **6. Слуховая сенсорная система**

Основные понятия теории информации

- **Информация** – совокупность сведений о всевозможных явлениях, объектах и предметах, приносящих новые знания о них
- **Информационная энтропия** – мера неопределенности, зависящая от числа состояний в которых может находиться система.
- **Количество информации** – величина численно равная уменьшению энтропии в результате наступления какого-либо события (сообщения)

Формула Хартли.

Формула Хартли:

$$I = k \cdot \log n = -k \cdot \log P = -k \cdot \log 1/n$$

Если мы возьмем в качестве основания логарифма 2, то $k=1$, а единица информации и информационной энтропии будет называться **БИТ**.

$$I = \log_2 n = -\log_2 P = -\log_2 1/n$$

Формула Шеннона

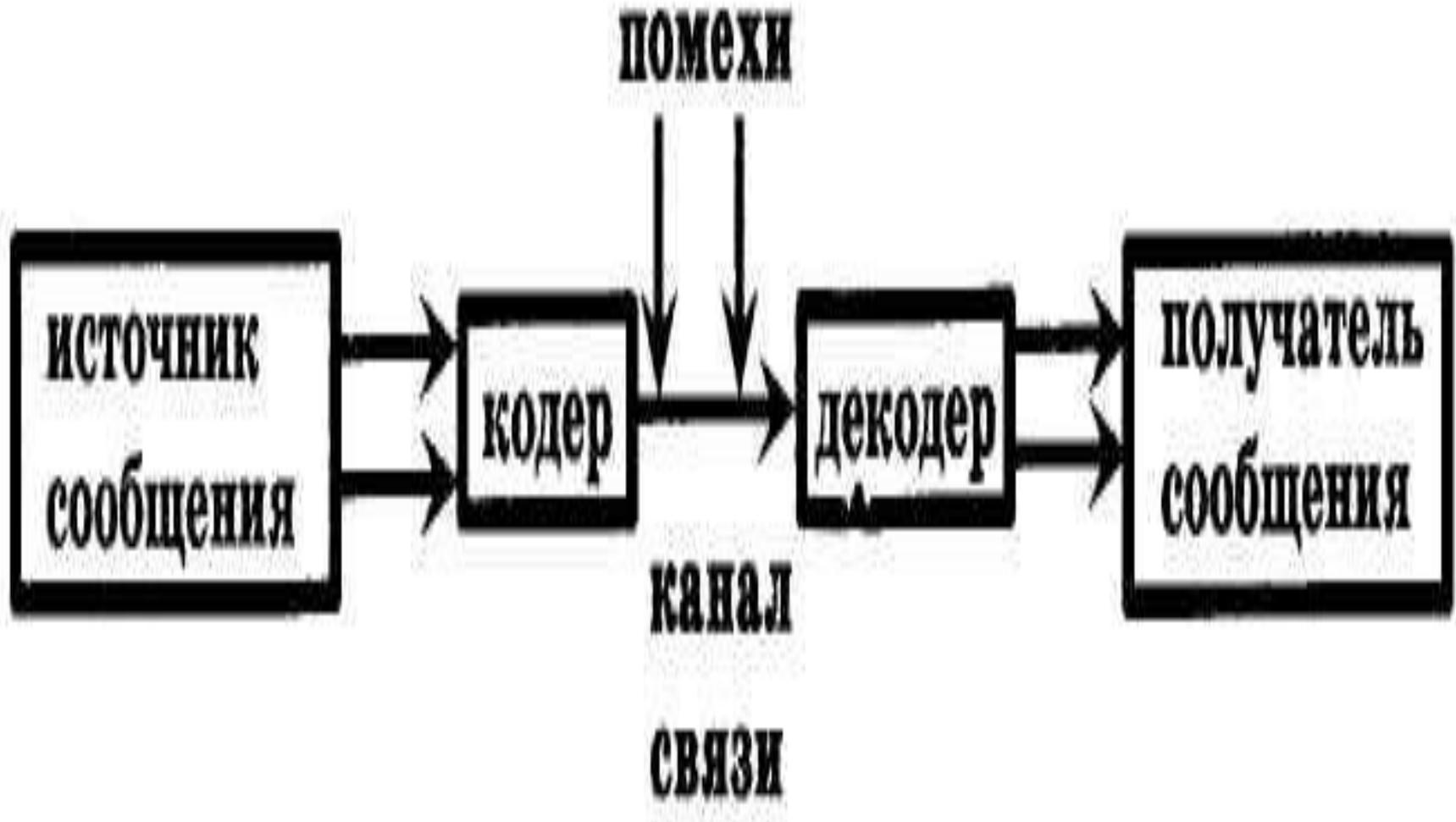
- **Формула Шеннона:**

- $H = -\sum P_i \cdot \log_2 P_i$

- **Формула Шеннона для равновероятных событий:**

- $H = -\sum (1/n) \cdot \log_2 (1/n) = -\log_2 (1/n) = \log_2 n$

Общая схема приема, передачи и регистрации информации.



Пропускная способность канала СВЯЗИ

- $C = H/t,$

- Где C – пропускная способность - Бит/с;
- H – максимальное количество информации, которое может быть передано по каналу связи - Бит;
- t – время, в течение которого передавалась информация – с.

Единица информации

- $I = \log_2 n$;
- Откуда: $1 = \log_2 2$, т.е.
- **Один бит** – количество информации о том, что произошло **одно из двух равновероятных событий**

ЗАДАЧА 1

Какое количество информации получит экспериментатор при однократном изъятии шарика из корзинки, в которой находится по 73 черных, зеленых, белых и красных шаров, если:

А) он воспринимает все цвета;

В) он воспринимает красный и зеленый цвета как серый.

РЕШЕНИЕ (А)

А) Так как экспериментатор воспринимает все цвета, а количество шариков каждого из цветов одинаково, то с равной вероятностью:

$$P(A) = m/4m = 1/4$$

будут извлекаться шарики любого из цветов, следовательно для решения задачи можно применить формулу Хартли:

$$I = \log_2 4 = 2 \text{ бита}$$

Ответ: $I = 2$ бита

РЕШЕНИЕ (В)

В) Так как экспериментатор воспринимает не все цвета, а количество шариков каждого из цветов одинаково, то с равной вероятностью:

$P(A) = m/4m = 1/4$ будут извлекаться шарики белого и черного цвета и с вероятностью

$$P(A) = 2m/4m = 1/2$$

шарики серого цвета, следовательно для решения задачи нужно применить формулу

Шеннона:

$$H = -\sum P_i \cdot \log_2 P_i$$

РЕШЕНИЕ (В)

$$(1/2) = 2^{-1}; (1/4) = 4^{-1}$$

$$H = +(1/2) \cdot \log_2 2 + 2 \cdot (1/4) \cdot \log_2 4$$

$$= 1/2 + 1 = 1,5 \text{ бита.}$$

ВЫВОД?

ЗАДАЧА 2

Чему равна информационная энтропия системы, которая может находиться в 6-ти состояниях с вероятностями:

$$P_1 = 0,25; P_2 = 0,25$$

$$\text{и } P_3 = P_4 = P_5 = P_6 = 0,125?$$

РЕШЕНИЕ

$$H = +2 \cdot (1/4) \cdot \log_2 4 + 4 \cdot (1/8) \cdot \log_2 8$$

$$= 1 + 4 \cdot (1/8) \cdot 3 = 2,5 \text{ бита}$$

Задача 3

- Из какого количества символов состоит алфавит, использованный для передачи сообщения, состоящего из 5 символов, если это сообщение содержит 25 бит информации?

РЕШЕНИЕ

- Для решения данной задачи необходимо применить формулу Хартли: $I = 5 \cdot \log_2 n$.
- $25 = 5 \cdot \log_2 n$.
- $5 = \log_2 n$. Таким образом: $N = 2^5 = 32$
- **Ответ: $N = 32$**

Задача 4

- Какое количество информации содержит зернышко, из которого может вырасти растение, принимающее один из 4-х видов цветов и один из восьми видов листьев?

Решение

- $I = I_1 + I_2$
- $I_1 = \log_2 N_1$
- $I_2 = \log_2 N_2$
- $I = \log_2 N_1 + \log_2 N_2 =$
 $\log_2 4 + \log_2 8 = 2 \text{ бита} + 3 \text{ бита}$
 $= 5 \text{ бит}$

Применение теории информации в медицине

- **Внедрение** - информационных технологий для управления медицинскими учреждениями различного уровня, в том числе технологий связанных с диагностикой, лечением, реабилитацией и профилактикой здоровья пациентов,
- автоматизированных систем обработки инструментальных и лабораторных данных, включающих автоматизированное рабочее место (АРМ) врача.

Элементы психофизики. Сенсорные системы.

- **Психофизика**- наука, изучающая взаимосвязь между **ощущениями** и **свойствами, вызвавшими их раздражителей.**

Основные понятия психофизики

- **Абсолютный порог** – наименьшая сила раздражителя (стимула) вызывающая ощущение;
- **Абсолютный максимальный порог-наибольшая** сила раздражителя, вызывающая ощущение;
- Дифференциальный порог** – наименьшее изменение силы раздражителя, вызывающее изменение ощущений;

Дифференциальный пространственный и временной пороги

Дифференциальный пространственный порог
— наименьшее расстояние между
раздражителями при котором они
воспринимаются **раздельно**.

Дифференциальный временной порог
наименьший промежуток времени между
раздражителями при котором они
воспринимаются **раздельно**.

ЗАКОН ВЕБЕРА

- $\Delta S/S = \text{const}$

- Отношение едва
ощутимого изменения
силы стимула к его
исходному значению есть
величина постоянная

ЗАКОН ВЕБЕРА-ФЕХНЕРА

- $dE = \text{const}; (C_1)$
- $dR/R = \text{const}; (C_2); C_1 = k \cdot C_2$
- $dE = k \cdot dR/R$
- $E = \int k \cdot dR/R$
- $E = k \cdot \ln(R/R_0)$

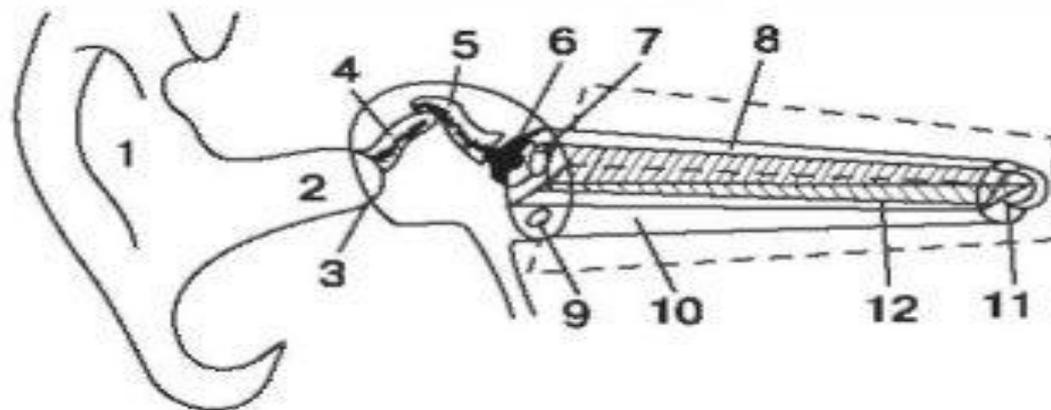
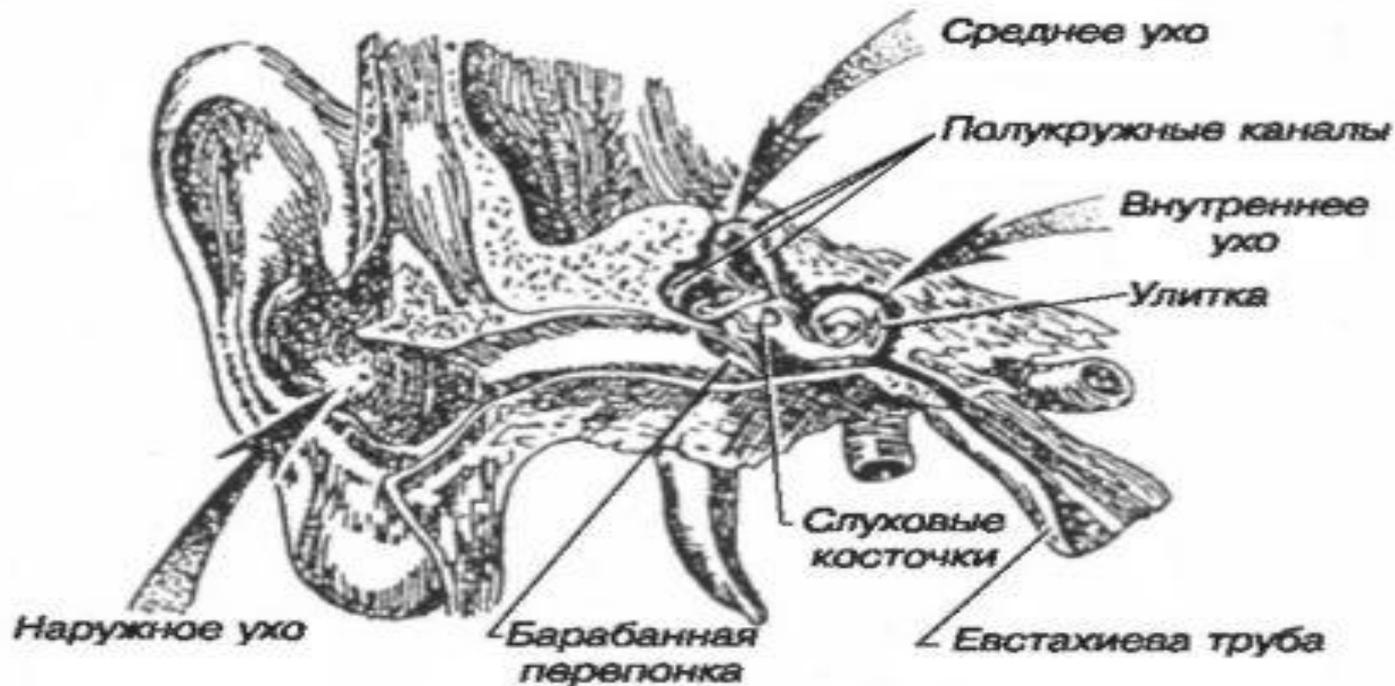
ЗАКОН СТИВЕНСА

- $dE/E = \text{const}; dR/R = \text{const};$
- $dE/E = k \cdot dR/R \rightarrow \int dE/E = \int k \cdot dR/R$
- $\ln E + C_1 = k \cdot \ln R + C_2$
- $\ln E = \ln R^k + \ln C \rightarrow \ln E =$
 $\ln C \cdot R^k \quad E = C \cdot (R - R_0)^k$

СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ

- Сенсорными (чувствительными) называют системы, способные улавливать, передавать и анализировать информацию

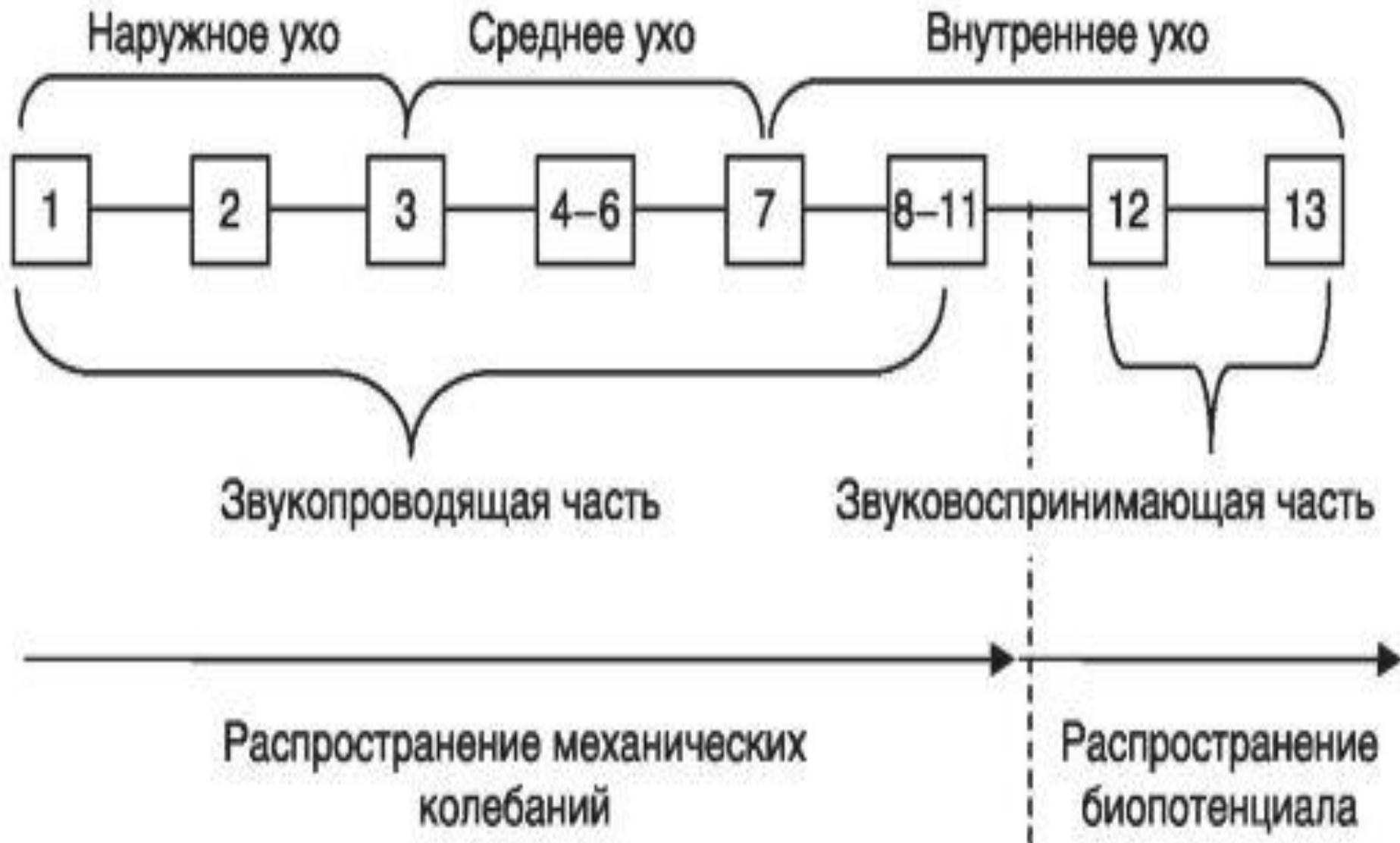
СЛУХОВАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА



СЛУХОВАЯ СЕНСОРНАЯ СИСТЕМА

- Орган слуха человека представляет собой сложную систему, состоящую из следующих элементов:
- 1 - ушная раковина; 2 - наружный слуховой проход; 3 - барабанная перепонка; 4 - молоточек; 5 - наковальня; 6 - стремечко; 7 - овальное окно; 8 - вестибулярная лестница; 9 - круглое окно; 10 - барабанная лестница; 11 - улитковый канал; 12 - основная (базилярная) мембрана.

Схематическое представление слуховой системы



Роль наружного уха

- Наружное ухо состоит из ушной раковины, слухового прохода (в виде узкой трубки), барабанной перепонки. Ушная раковина играет роль звукоулавливателя, концентрирующего звуковые волны на слуховом проходе, в результате чего звуковое давление на барабанную перепонку увеличивается по сравнению со звуковым давлением в падающей волне примерно в 3 раза.

Роль наружного слухового прохода

- Звук поступает в систему через наружный слуховой канал, который является закрытой с одной стороны акустической трубой длиной $L = 2,5$ см. Звуковая волна проходит через слуховой проход и частично отражается от барабанной перепонки. В слуховом канале, как в трубе, будет резонировать волна длиной $\lambda = 4L = 4 \cdot 0,025 = 0,1$ м. Частота, на которой возникает акустический резонанс, определяется так: $\nu = v/\lambda = 340/(40 \cdot 0,25) = 3,4$ кГц.

Роль среднего уха

- Среднее ухо является устройством, предназначенным для передачи звуковых колебаний из воздушной среды наружного уха в жидкую среду внутреннего уха. Среднее ухо содержит барабанную перепонку, овальное и круглое окна, а также слуховые косточки (молоточек, наковальню, стремечко).

Роль среднего уха

- При прохождении звука через среднее ухо происходит увеличение уровня его интенсивности на 28 дБ, чем достигается снижение потерь уровня интенсивности звука при переходе из воздушной среды в жидкую, составляющее 29 дБ. Среднее ухо также обеспечивает ослабление передачи колебаний в случае звука большой интенсивности путем рефлекторного ослабления связи между косточками. Для защиты барабанной перепонки от перепадов давления служит небольшая *евстахиева труба*, которая соединяет полость среднего уха с верхней частью глотки (с атмосферой).

Роль внутреннего уха

- Звуковоспринимающей системой слухового аппарата являются внутреннее ухо и входящая в него улитка.
- Внутреннее ухо представляет собой замкнутую полость. Эта полость, называемая лабиринтом, имеет сложную форму и заполнена жидкостью - перилимфой. Она состоит из двух основных частей: улитки, преобразующей механические колебания в электрический сигнал, и полукружия вестибулярного аппарата, обеспечивающего равновесие тела в поле силы тяжести.

Частотно-избирательные свойства основной мембраны

- В настоящее время считается, что восприятие высоты тона определяется положением максимума колебаний основной мембраны.
- Колебания основной мембраны стимулируют рецепторные клетки, расположенные в кортиевоом органе, в результате чего возникают потенциалы действия, передаваемые слуховым нервом в кору головного мозга.

Бинауральный эффект

- ***Бинауральный эффект*** - способность устанавливать направление на источник звука в горизонтальной плоскости вследствие разности фаз и неодинаковой интенсивностей звуковых волн, попадающих в разные уши.

Звук

- Звук – продольные механические волны, распространяющиеся в любой среде, кроме вакуума с частотой от 16 Гц до 20000 Гц.
- Звук является адекватным раздражителем для слуховой сенсорной системы

Субъективные характеристики звука

- **Субъективными характеристиками звука являются:**
- **Высота тона**, которой соответствует физическая характеристика звука- **частота**.
- **Громкость**, которой соответствует физическая характеристика звука- **интенсивность**.
- **Тембр**, которой соответствует физическая характеристика звука- **акустический спектр**

Шкала громкости

- $E = k \cdot \lg(I/I_0)$
- Единицу измерения громкости звука называют **фоном**.

Звуковые методы исследований

- Звук может быть источником информации о состоянии органов человека.
- **Аускультация** - непосредственное выслушивание звуков, возникающих внутри организма.
- **Перкуссия** - исследование внутренних органов посредством постукивания по поверхности тела и анализа возникающих при этом звуков. Постукивание осуществляется либо с помощью специальных молоточков, либо при помощи пальцев.

ФОНОКАРДИОГРАФИЯ

• **Фонокардиография** - графическая регистрация тонов и шумов сердца и их диагностическая интерпретация.

Запись осуществляется с помощью фонокардиографа, который состоит из микрофона, усилителя, частотных фильтров, регистрирующего устройства.

Шкала интенсивности

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

$$\bullet L = \lg(I/I_0)$$

- Единицей измерения уровня интенсивности является *бел* (Б). Обычно используют более мелкую единицу уровня интенсивности - *децибел* (дБ): $1 \text{ дБ} = 0,1 \text{ Б}$. Уровень интенсивности в децибелах вычисляется по следующим формулам:

Шкала интенсивности

- $L = 10 \cdot \lg(I/I_0) = 20 \cdot \lg(\Delta P/\Delta P_0)$

- Если человек слышит звуки, приходящие с одного направления от нескольких некогерентных источников, то их интенсивности складываются:

- $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$

ЗАДАЧА 1

- Какое значение интенсивности звука в Вт/м^2 необходимо для того, чтобы человек услышал его, если при оценке его слуха при помощи аудиометра было получено значение его остроты слуха на частоте 1 кГц – 40 дБ.

РЕШЕНИЕ

- В данном случае для решения задачи необходимо применять формулу:
- $L = 10 \cdot \lg(I/I_0)$
- Тогда: $40 = 10 \cdot \lg(I/I_0)$, откуда:
- $4 = \lg(I/I_0)$, т.о.:
- $I/I_0 = 10^4$
- $I = I_0 \cdot 10^4 = 10^{-12+4} = 10^{-8} \text{ Вт/м}^2$.

ЗАДАЧА 2

- Звук, которому на улице соответствует уровень интенсивности $L_1 = 50$ дБ, слышен в комнате так, как звук с уровнем интенсивности $L_2 = 30$ дБ. Найти отношение интенсивностей звука на улице и в комнате.

РЕШЕНИЕ

- Для решения данной задачи применим формулу для шкалы интенсивностей:
- $L_1 - L_2 = 10 \cdot \lg(I_1/I_2)$, откуда:
- $2 = \lg(I_1/I_2)$,
- Следовательно: $I_1/I_2 = 100$.
- Ответ: $I_1/I_2 = 100$.

ЗАДАЧА 3

- Вентилятор создает звук, уровень интенсивности которого $L = 60$ дБ.
Найти уровень интенсивности звука при работе двух рядом стоящих вентиляторов.

РЕШЕНИЕ

- В данном случае необходимо

записать:

- $L_2 = \lg (2 \cdot 10^L) = \lg 2 + L = 0,3 + 6 \text{ Б}$
 $= 6,3 \text{ Б} = 63 \text{ дБ}$

- Ответ: $L_2 = 63 \text{ дБ}$

• **Спасибо за**

внимание!