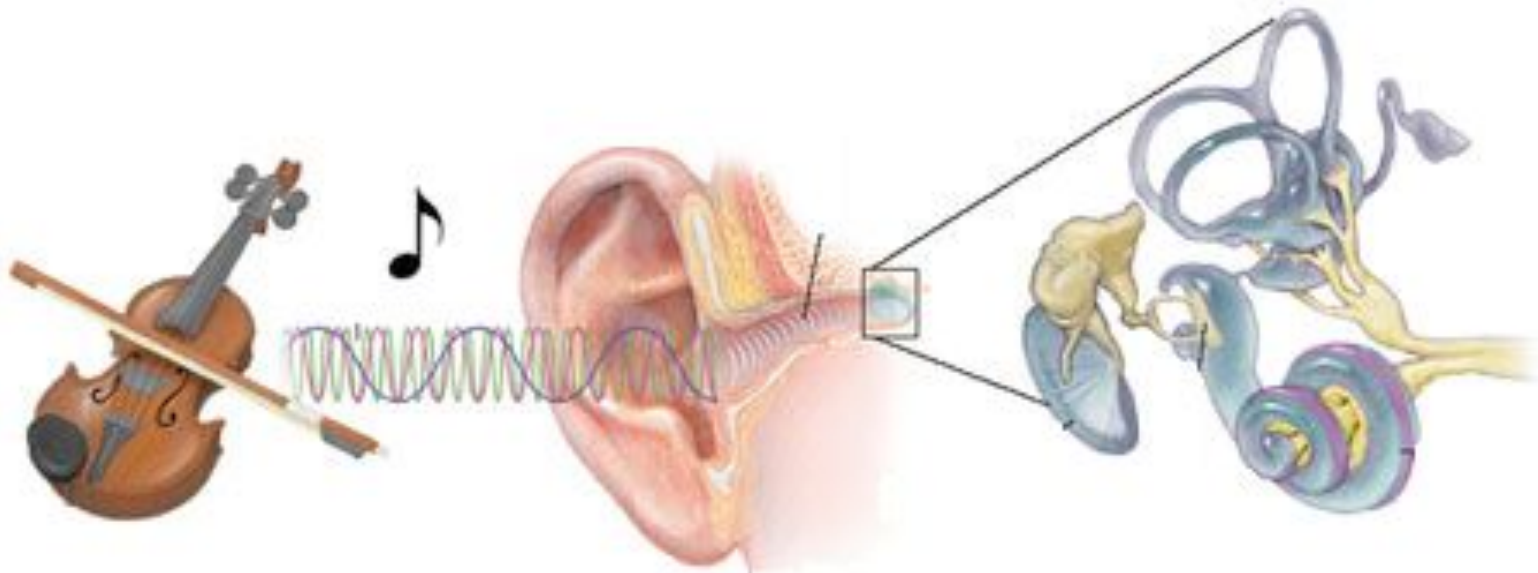


Лекция 23.04.08

Слуховая сенсорная система





«Удовлетворительно объяснить феномен слуха оказалось необычайно сложной задачей. Человек, представивший теорию, объяснявшую бы восприятие высоты и громкости звука, почти наверняка гарантировал себе Нобелевскую премию.»

- Артур Ребер. (A. S. & E. S. Reber, The Penguin Dictionary of Psychology (3rd Edn., 2001))

Литература основная

- **Покровский, 2003**

С.562 - 568



- Не писать!!!



- Рекомендуется записать!!!

Вопрос *1*



Понятие «слух»

Слух (auditus [us, m]) — функция, заключающаяся в преобразовании колебаний (продольных волн) внешней среды в **сенсорный сигнал**, а затем в **ощущение** и восприятие этого объекта.

- Одно из пяти классических чувств
- Синоним акустическое **восприятие** (sensus [us, m] audiendi)

Характеристики звукового стимула

Адекватный стимул слуховой сенсорной системы

- *колебания (продольные волны) внешней среды (чаще воздуха, но может быть вода, твёрдое тело – рельс, стена, дверь)*

Характеристики звукового стимула



Слуховой (звуковой) диапазон

- Человек способен слышать звук (?) в пределах от 16 Гц до 20 кГц.
- 10÷11 октав.
- Звук это не просто механические колебания – это колебания ***воспринимаемые человеческим ухом.***

- Звук (?) ниже диапазона слышимости человека называют **инфразвуком**,
- выше, до 1 МГц — **ультразвуком**,
- от 1 МГц до 10 МГц — **гиперзвуком**.

Физиологическое значение «звука»

- звуковые волны в диапазоне 300—4000 Гц соответствуют человеческому голосу.
- Звуки выше 20 000 Гц имеют малое практическое значение, так как быстро тормозятся;
- колебания ниже 20 Гц воспринимаются благодаря тактильному и вибраторному чувству.

Общая характеристика слуховой сенсорной системы

- ***Прогрессивная*** (вместе со зрительной)
- Основа второй сигнальной системы – устная речь. Слуховая система предназначена преимущественно для того, чтобы слушать (и слышать) речь другого человека.
- ***Дистантная***
- Абсолютный порог
- ***Дифференциальный порог различения частот*** в оптимальной области (1 кГц \pm 0,3 % (т.е. 3 Гц)).

ВНИМАНИЕ!

- **Уровень шума свыше 140дБ вызывает БОЛЬ!**
- **Шумовое воздействие свыше 90дБ может повредить слух!**

Психофизиологические корреляты характеристик звукового стимула

- **Амплитуда** → сила звука, звуковое давление (УЗД – уровень звукового давления: дБ) → громкость (фоны).
- **Частота** → тональность (высота тона).
- Диапазон 16 – 20000 Гц - 10÷11 октав.



- Летучие мыши во время полёта используют ультразвук для эхолокации.
- Собаки способны слышать ультразвук, на чём и основана работа беззвучных свистков.

Инфразвук, может вызвать у людей обостренную тревожность и даже психические расстройства.



- Существуют свидетельства того, что киты и слоны могут использовать инфразвук для общения.
- Ученые во всем мире категорически отвергают сообщения о том, что от ветровых установок есть вредный эффект инфразвука. А постоянные тесты и опыты на ветровых фермах только подтверждают их слова.

Структура слуховой сенсорной системы

- 1. периферический отдел** - наружное, среднее и внутреннее ухо;
- 2. проводниковый отдел** — первый нейрон проводникового отдела, находящийся в спиральном узле улитки, получает возбуждение от рецепторов внутреннего уха, отсюда информация поступает по его волокнам, т. е. по слуховому нерву (входящему в 8 пару черепно-мозговых нервов) ко второму нейрону в продолговатом мозге и после перекреста часть волокон идет к третьему нейрону в заднем двуххолмии среднего мозга, а часть к ядрам промежуточного мозга — внутреннему коленчатому телу;

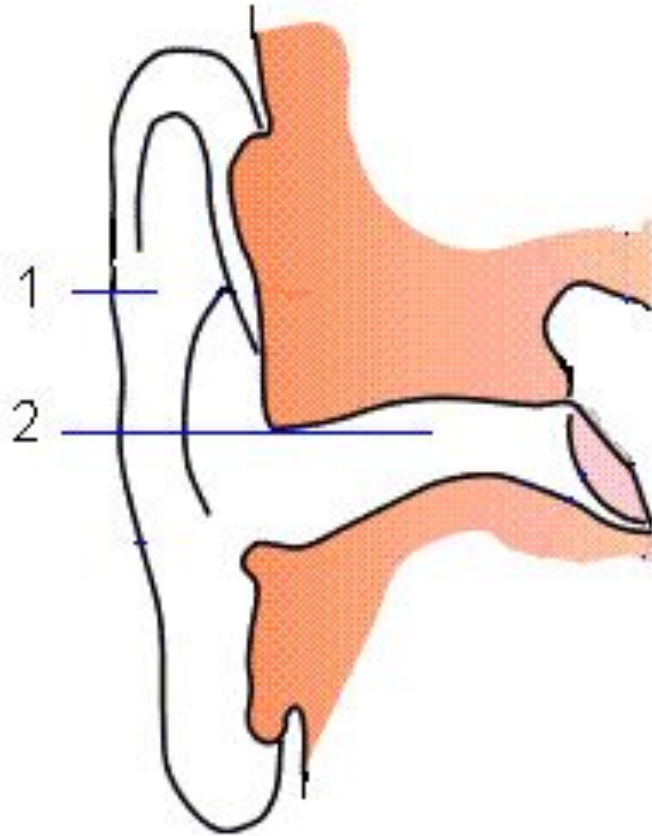
Структура слуховой сенсорной системы

3. корковый отдел — представлен четвертым нейроном, который находится в первичном (проекционном) слуховом поле в височной области коры больших полушарий и обеспечивает возникновение ощущения, а более сложная обработка звуковой информации происходит в расположенном рядом вторичном слуховом поле, отвечающем за формирование восприятия и опознание информации. Полученные сведения поступают в третичное поле нижнетеменной зоны, где интегрируются с другими формами информации.

Вопрос 2



Наружное ухо



СОСТОИТ ИЗ

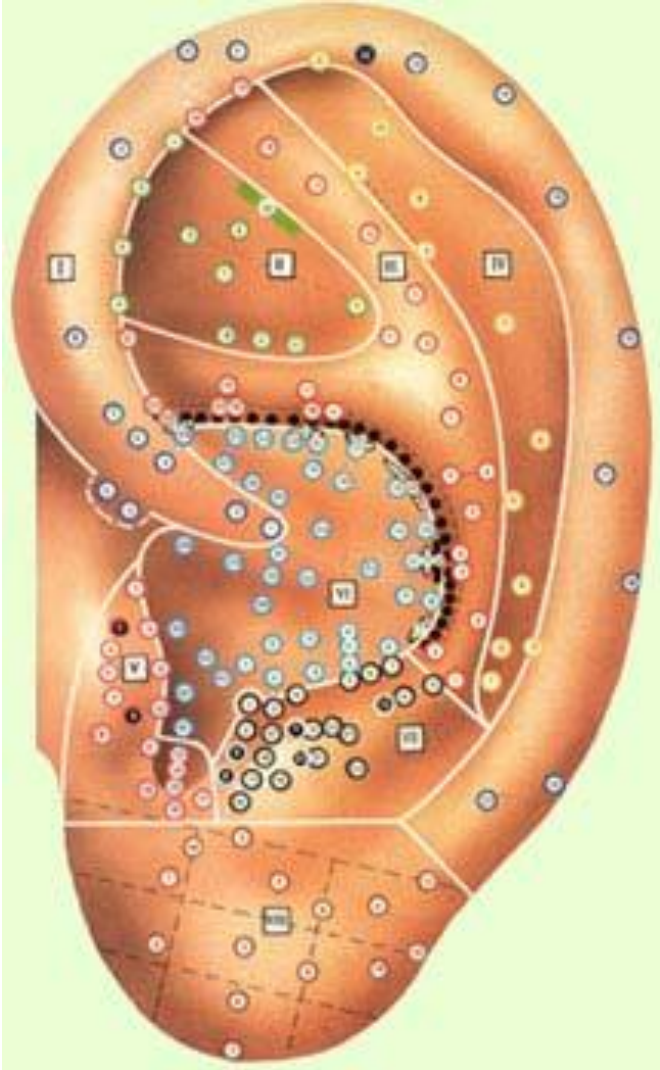
1. ушной раковины
2. наружного слухового прохода

Ушная раковина



- представляет собой изогнутую пластинку эластического хряща, покрытую с обеих сторон надхрящницей и кожей, только нижняя часть её содержит жировую клетчатку и лишена хрящевой основы.

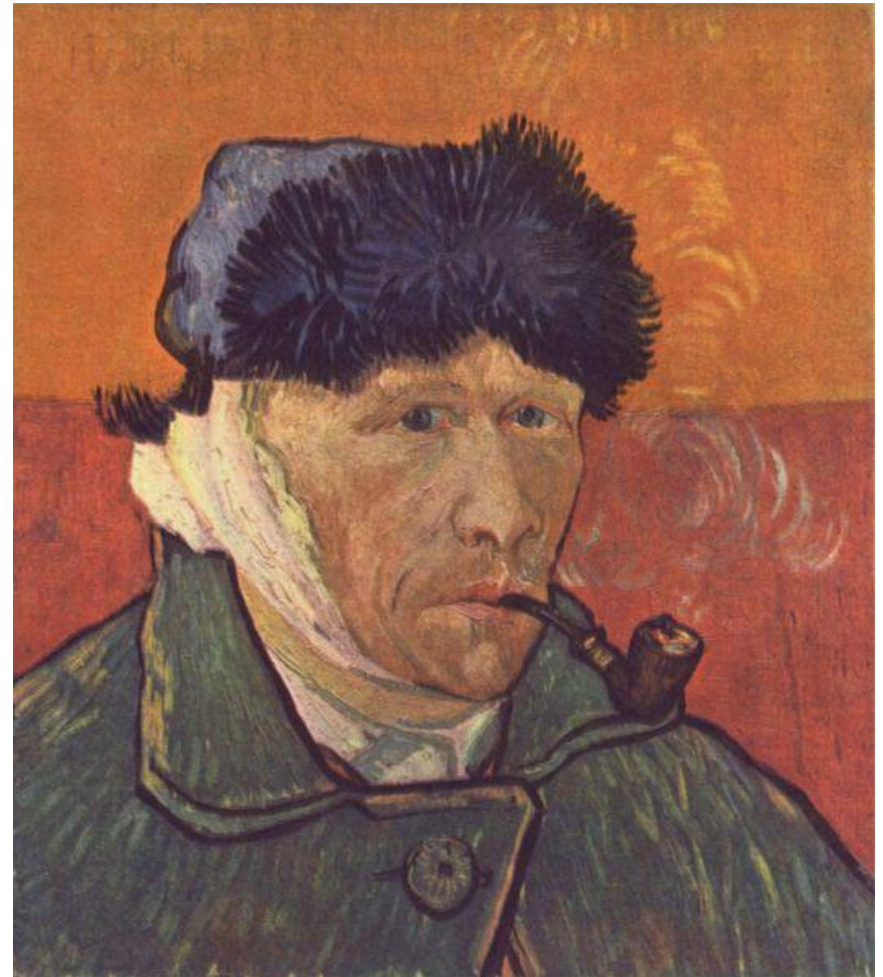




Функции Ушной раковины

- - улавливает направление звука.
- Есть мнение, что у человека ушная раковина важной роли не играет.
- Но есть и противоположное мнение. Рельеф ушной раковины играет значительную роль в восприятии звуков. Если, например, этот рельеф уничтожить, залив воском, человек заметно хуже определяет направление источника звука

Зачем Ван Гог отрезал ухо?



Функции Наружного слухового прохода

- проводит звуковые колебания к барабанной перепонке.
- усиливает силу звука за счёт резонанса. Резонансная частота наружного слухового прохода – 3 кГц.
- кондиционирует воздух (для барабанной перепонки) – влажность, температура, очищение.
- железы ушной серы (видоизменённые потовые) вырабатывают **ушную серу** (вязкий жёлтоватый секрет).

Ушная сера

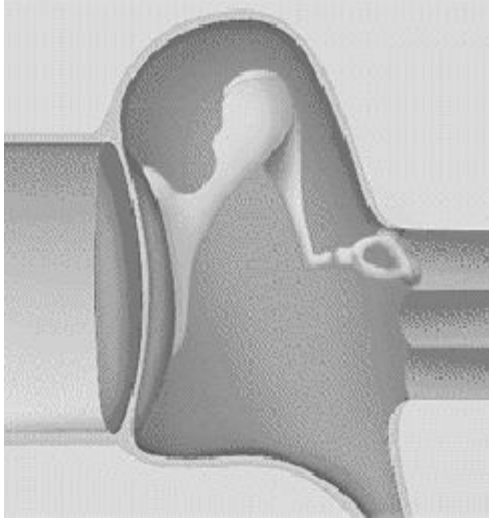
- воскообразный секрет сальных и серных желез наружного слухового прохода.
- В ее функции входит защита кожи этого прохода от бактериальной инфекции и инородных частиц, например насекомых, которые могут попасть в ухо.
- У разных людей количество серы различно.
- Плотный комок ушной серы (серная пробка) может привести к нарушению проведения звука и тугоухости.

Наружный слуховой проход:

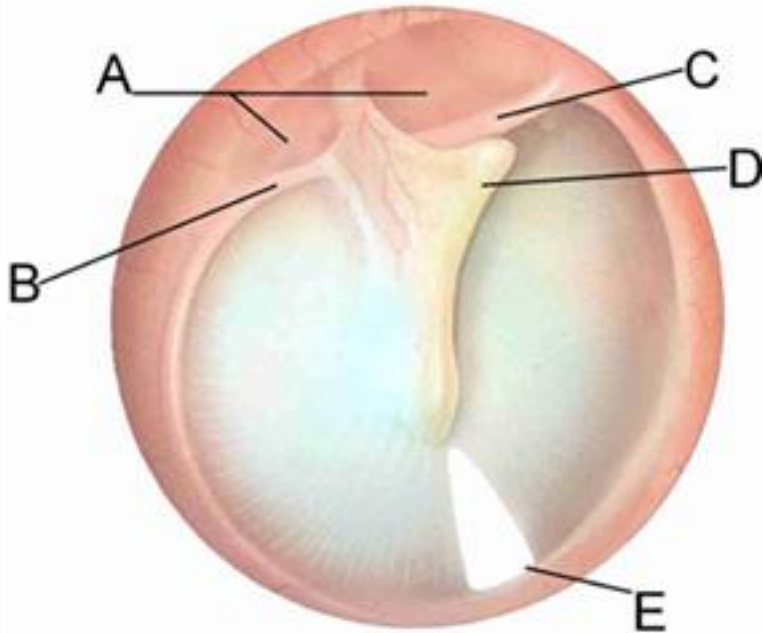
- По ходу имеется S-образный изгиб наружного слухового прохода в горизонтальной и вертикальной плоскостях.
- ***Проход выпрямляется если оттянуть ушную раковину вверх и назад.***

Вопрос 3





Барабанная перепонка



- Отделяет наружное ухо от барабанной полости, или среднего уха
- Тонкая (0,1 мм) перегородка, имеющую форму направленной внутрь воронки.
- Перепонка колеблется при действии звуковых колебаний, пришедших к ней через наружный слуховой проход.

Основная функция среднего уха

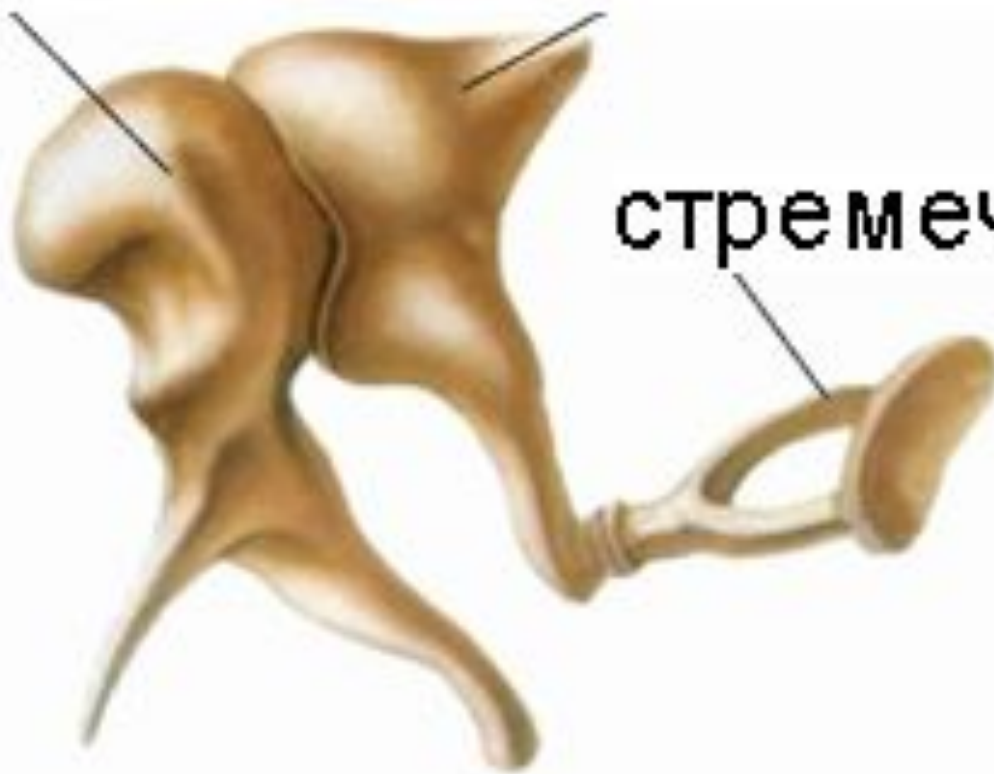
– преодоление акустического барьера (сопротивления) между воздушной и жидкой средами.

Цепь слуховых косточек

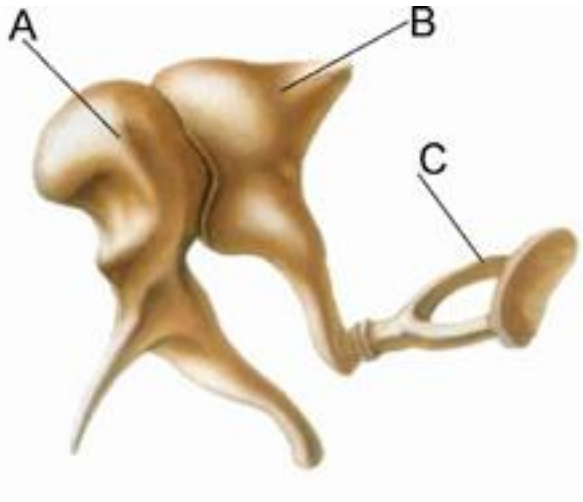
МОЛОТОЧЕК

НАКОВАЛЬНЯ

СТРЕМЕЧКО



Слуховые косточки



Выполняют двойную роль:

- **улучшают передачу колебаний**
- **изменяют характер движения при больших интенсивностях звука.**

Как слуховые косточки улучшают передачу колебаний ?

- Благодаря особенностям геометрии слуховых косточек стремечку передаются колебания барабанной перепонки уменьшенной амплитуды, но увеличенной силы.
- Во столько же раз усиливает давление на мембрану овального окна, во сколько раз поверхность стремечка меньше барабанной перепонки, т.е. в 22 раза.

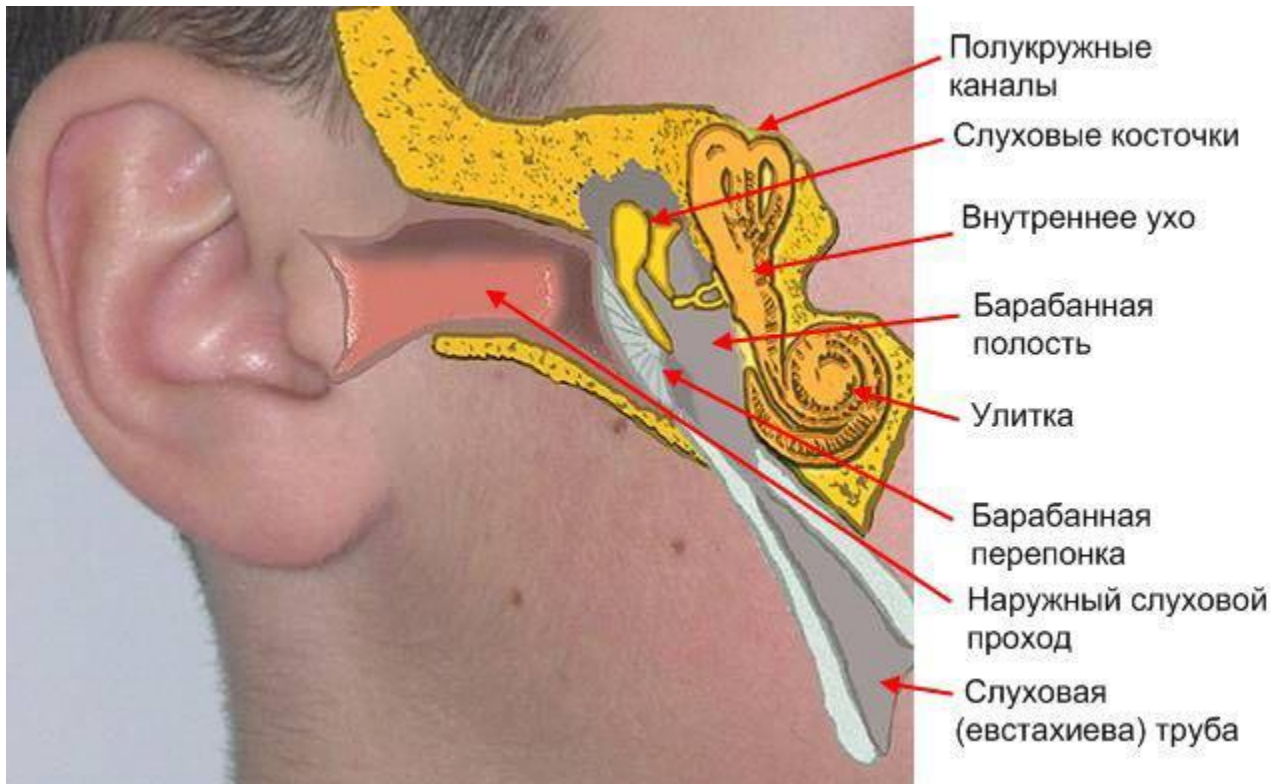
Как система косточек изменяет характер движения при больших интенсивностях звука?

- Когда звуковое давление приближается к величинам порядка 120 дБ (над порогом слышимости), человек начинает ощущать покалывание в ушах. При таких интенсивностях стимула существенно меняется характер движения косточек, что резко снижает функцию среднего уха.

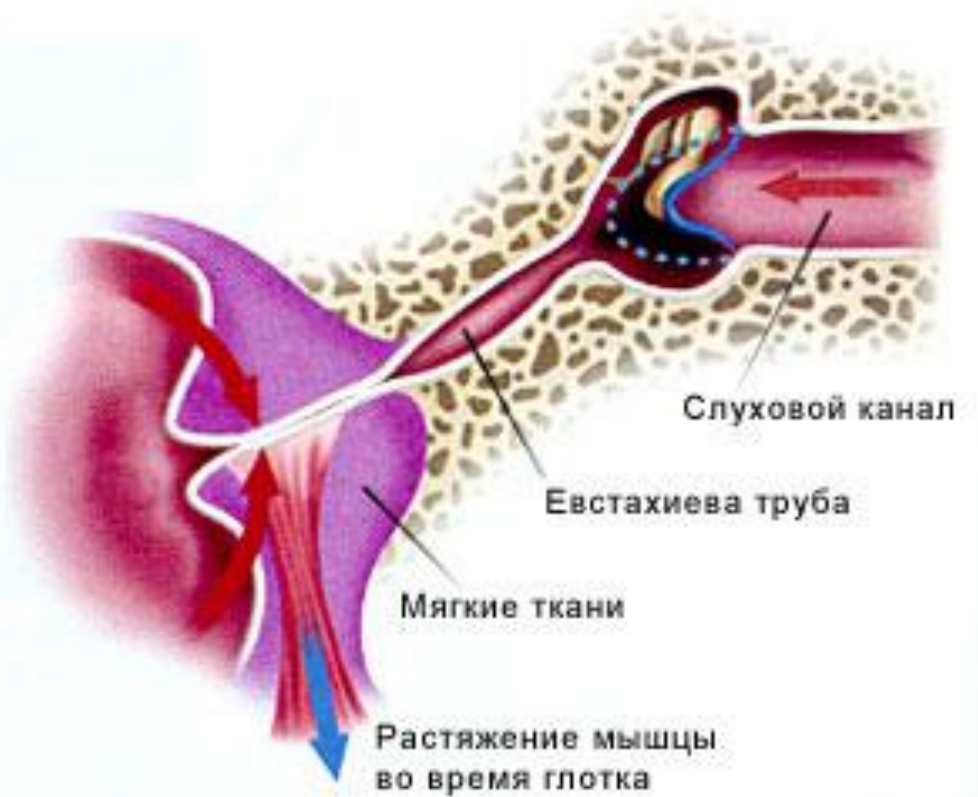
Евстахиева труба (слуховая труба)

- у наземных позвоночных животных канал, соединяющий глотку с полостью среднего уха.
- У человека - трубчатое образование, соединяющее носоглотку с барабанной полостью среднего уха.
- Названа по имени описавшего его в 1563 Б. ЕВСТАХИЯ.

- **Евстахий**, Евстахио, Эустакио (лат. Eustachius, итал. Eustachio) Бартоломео (около 1510 - август 1574), итальянский анатом и врач.



слуховая труба



Служит для выравнивания давления воздуха в среднем ухе по отношению к окружающей среде.

Вопрос 3



Внутреннее ухо

содержит

- орган равновесия
- орган слуха

представлено

- мембранным
- и костяным лабиринтами.

- Мембранный лабиринт расположен внутри полой системы костяного лабиринта.

- Мембранный лабиринт является органом чувства. Он заполнен водянистой жидкостью, которая называется эндолимфой.
- Похожая жидкость, которая называется перилимфой, находится между мембранным лабиринтом и стенкой костяного лабиринта.

Костный лабиринт

- – это ряд полостей, расположенных в плотной части височной кости;

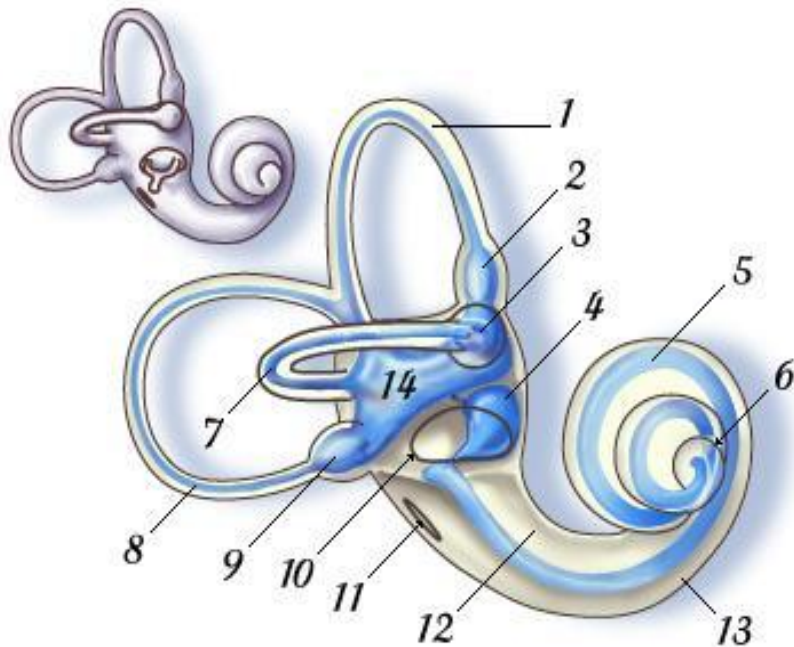
в нем различают три составляющие:

- 1. полукружные каналы**
- 2. преддверие**
- 3. улитку**

Перепончатый лабиринт

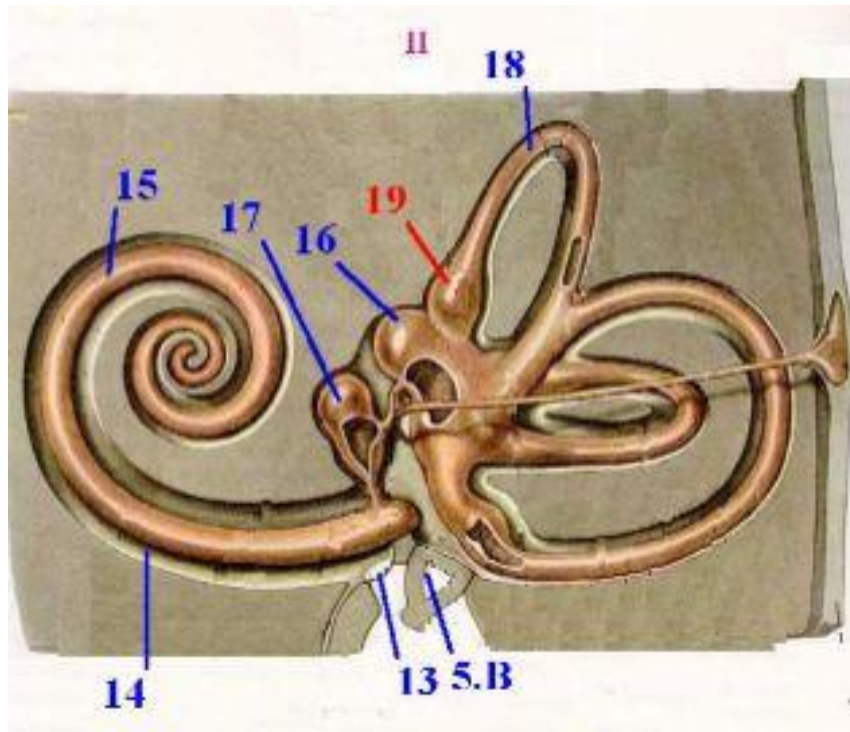
как и костный, состоит из трех основных частей.

- Первая соответствует по конфигурации **трем полукружным каналам**.
- Вторая делит костное преддверие на два отдела: **маточку и мешочек**.
- Удлиненная третья часть образует **среднюю (улиточную) лестницу (спиральный канал)**, повторяющую изгибы улитки

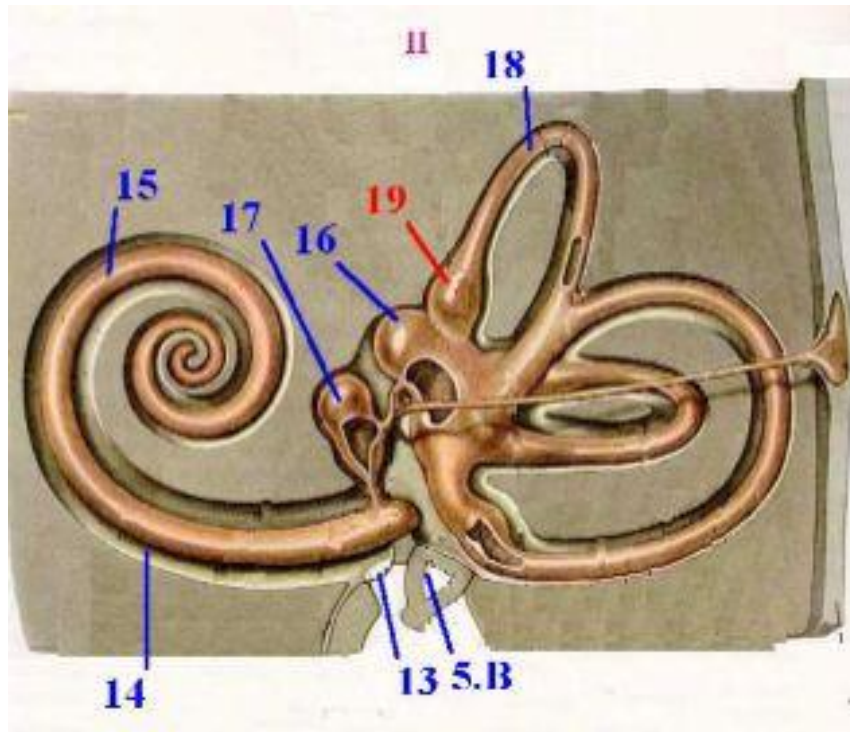


© S. Blatrix/CRIC 99

- 1. Canal antérieur
- 2. Ampoule (du même canal)
- 3. Ampoule (canal horizontal)
- 4. Saccule
- 5. Canal cochléaire
- 6. Hélicotrème
- 7. Canal latéral (horizontal)
- 8. Canal postérieur
- 9. Ampoule (canal postérieur)
- 10. Fenêtre ovale
- 11. Fenêtre ronde
- 12. Rampe vestibulaire
- 13. Rampe tympanique
- 14. Utricule



- Во внутреннем ухе имеется жидкость:
- **перилимфа** - в пространстве (14) между костным и перепончатым лабиринтами,
- **эндолимфа** - внутри перепончатого лабиринта.

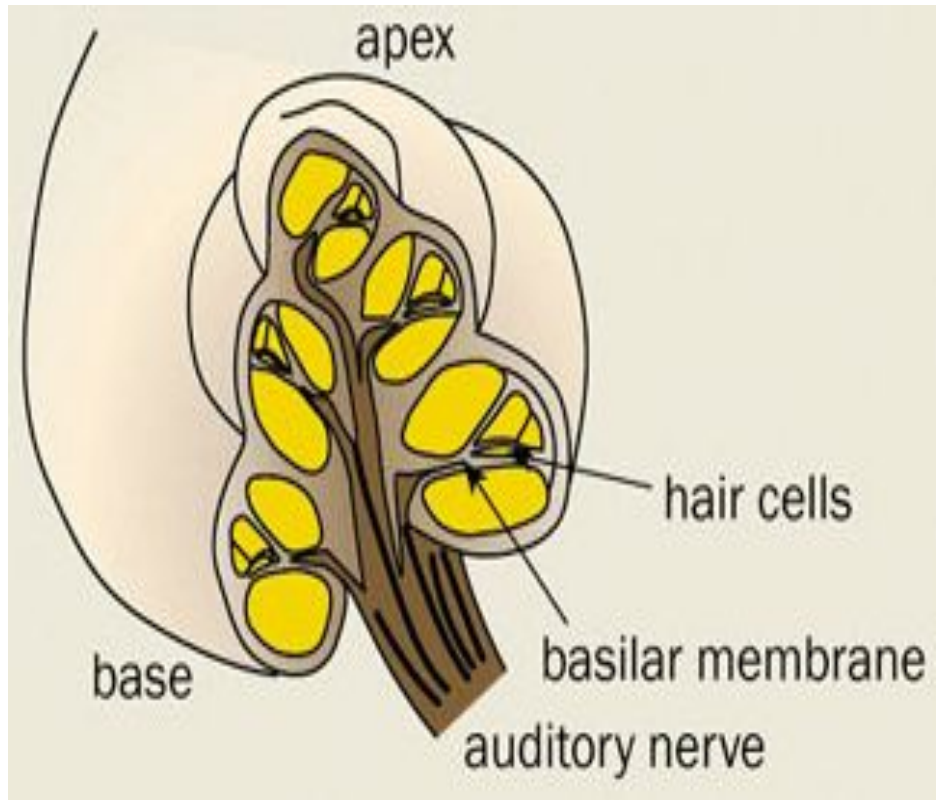


- Итак, в костной **улитке** находится **перепончатая улитка** (15), занимающая примерно треть сечения спирального костного канала.
- В костном **преддверии** перепончатый лабиринт образует **два мешочка** -
- **эллиптический**, или маточку (utricle) (16) и **сферический**, или просто мешочек (sacculus) (17).
- Наконец, **перепончатые полукружные каналы** (18) сходны по форме с костными - в частности, тоже заканчиваются расширенными ампулярными отделами (19).

Вопрос 4

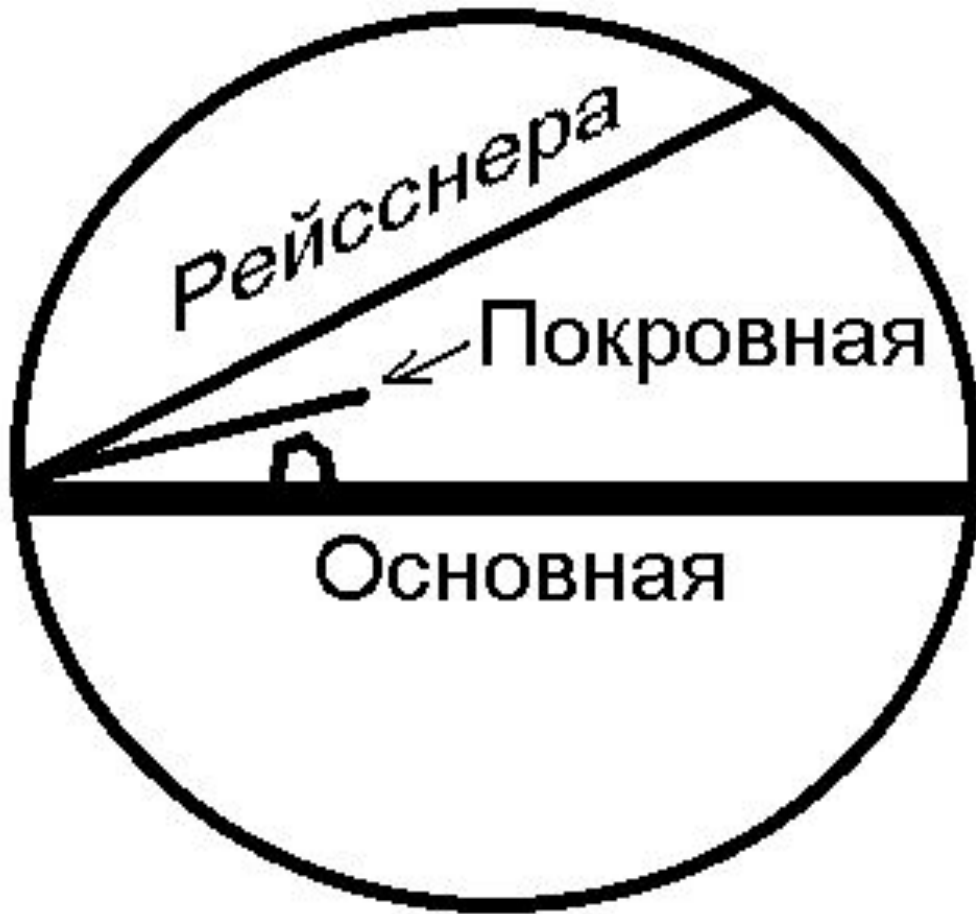


Строение улитки

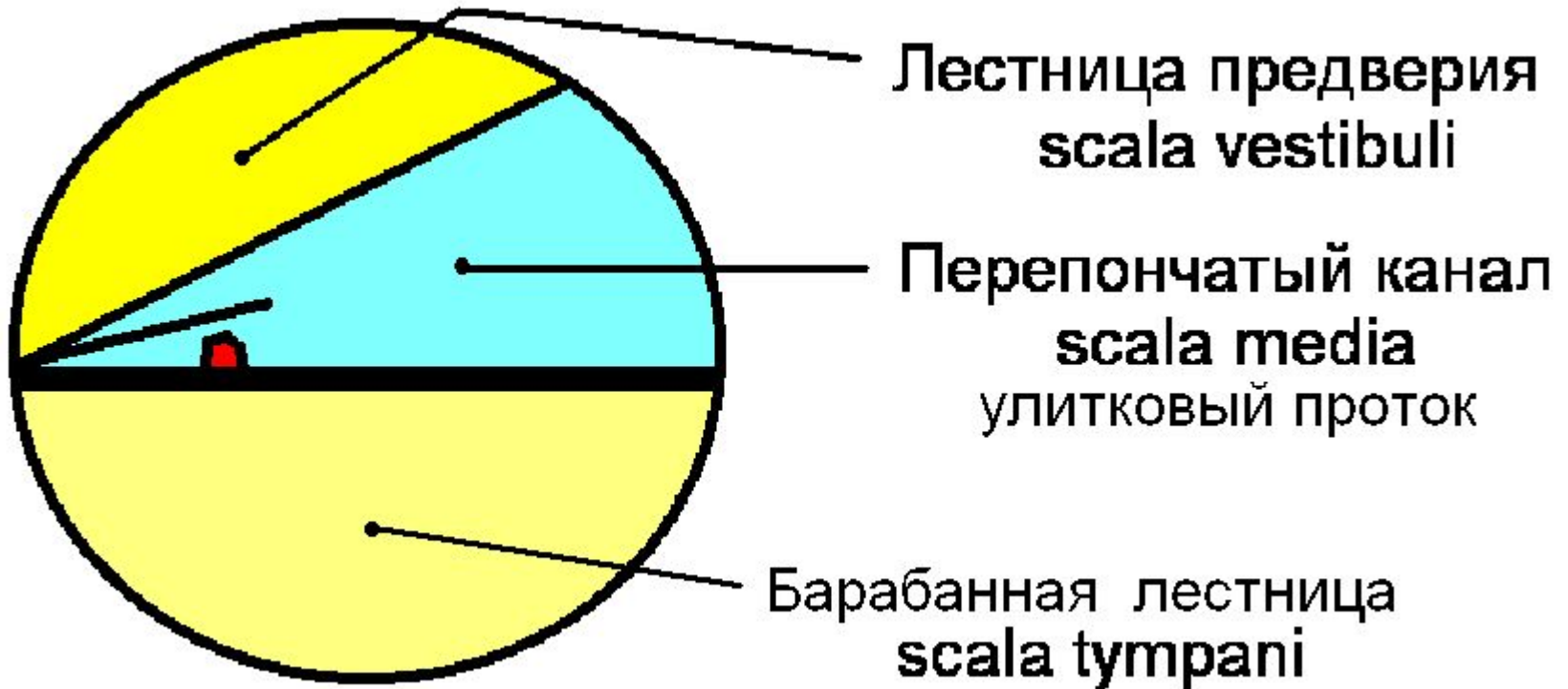


- Учебник
С.563

Мембраны улитки



Каналы улитки

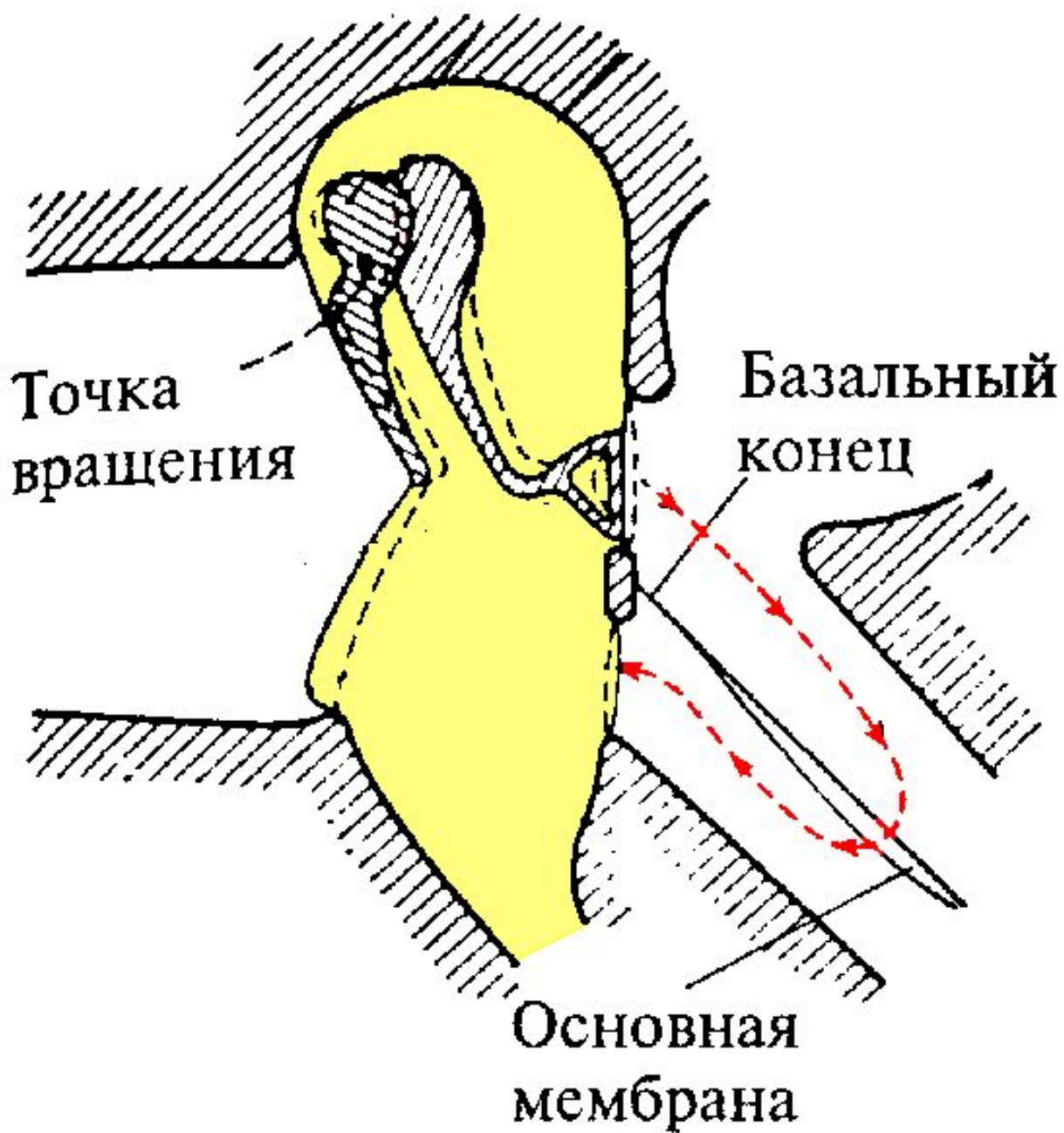


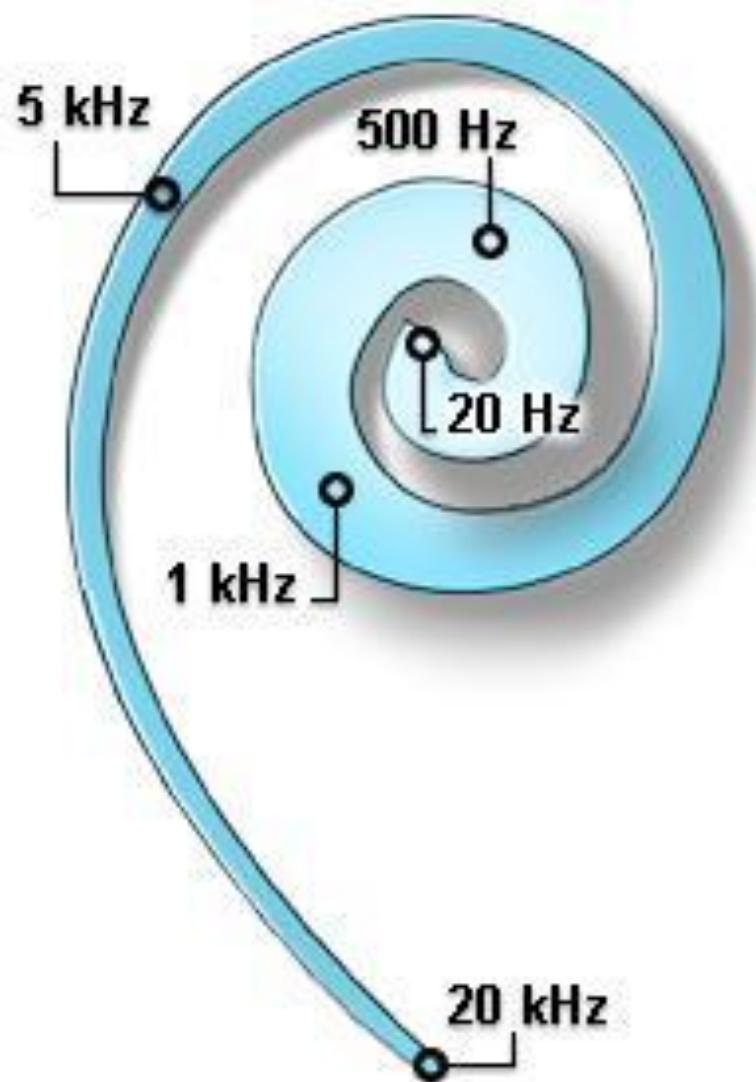


Неправильно !

Правильно !

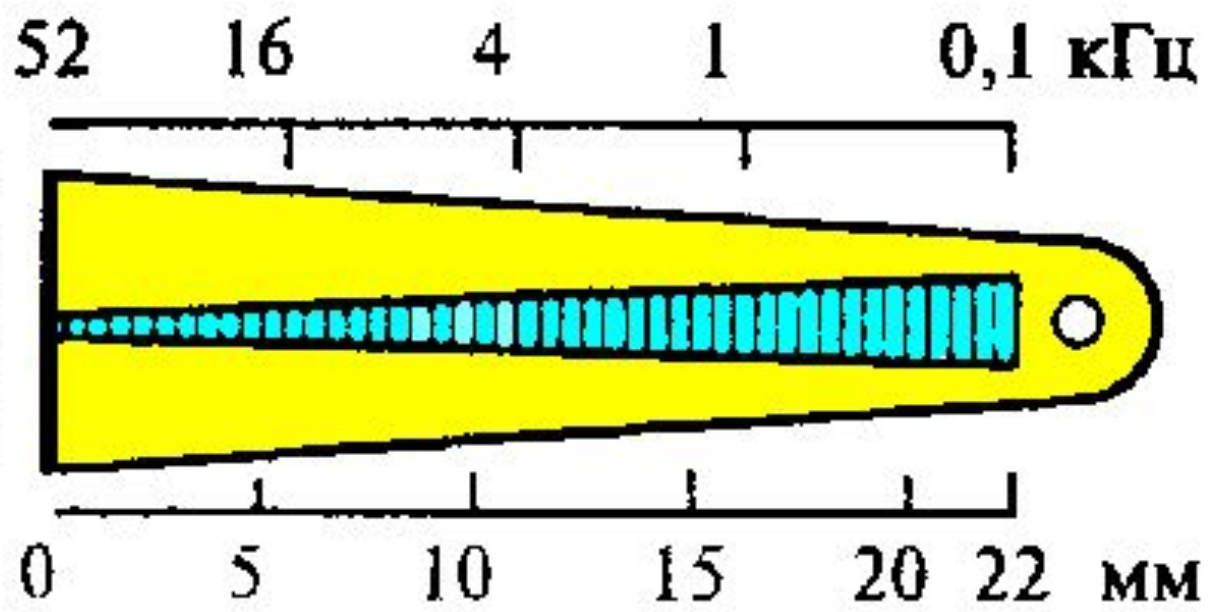






Базальный

конец

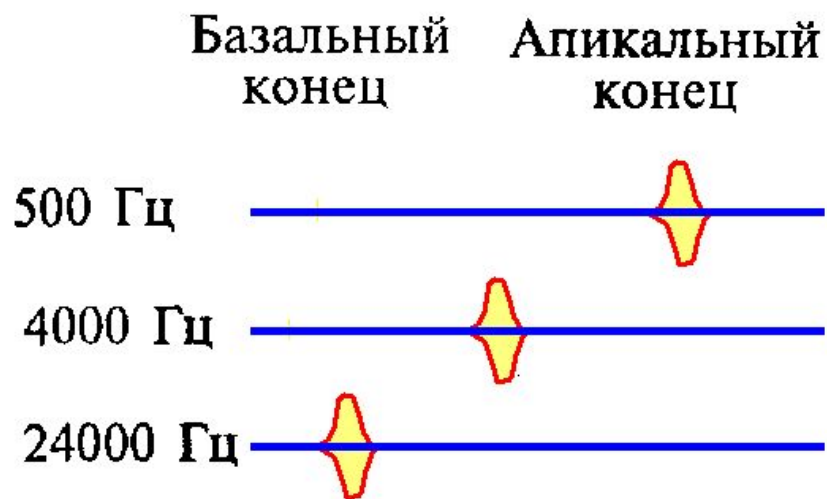


конец

Апикальный



- **ГЕЛЬМГОЛЬЦ**
(Helmholtz), Герман
Людвиг Фердинанд
- 31 августа 1821 г. – 8
сентября 1894 г.



Дёрдь Бекеш – лауреат
Нобелевской премии по физиологии
медицине за исследования по
акустике (1961).

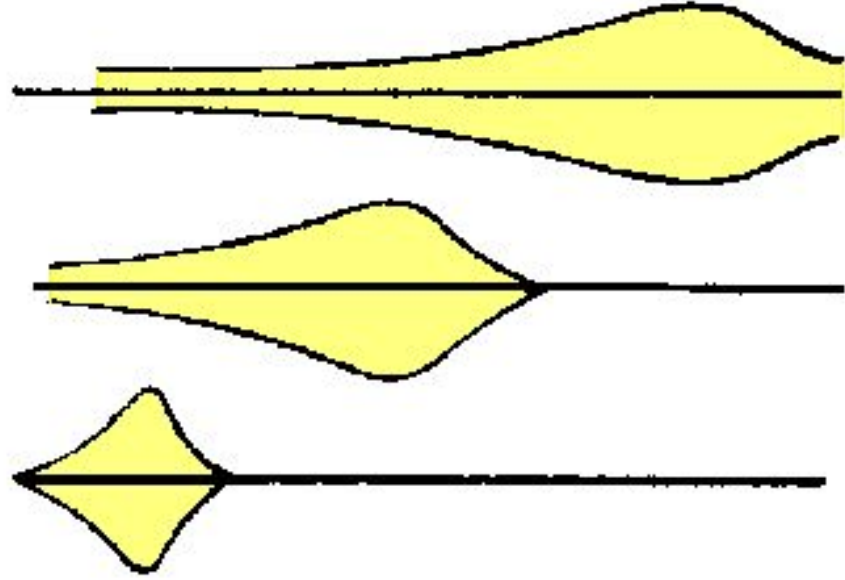


Бегущая волна



Базальный

конец



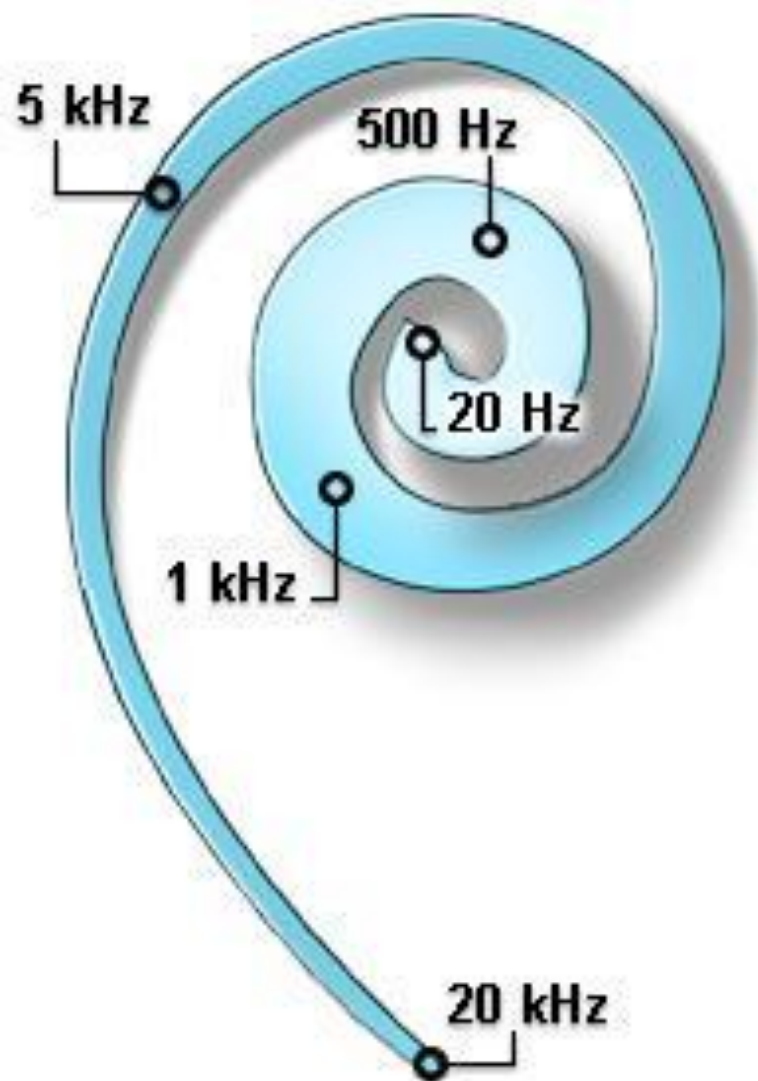
500 Гц

4000 Гц

24000 Гц

конец

Апикальный



ЗВУК

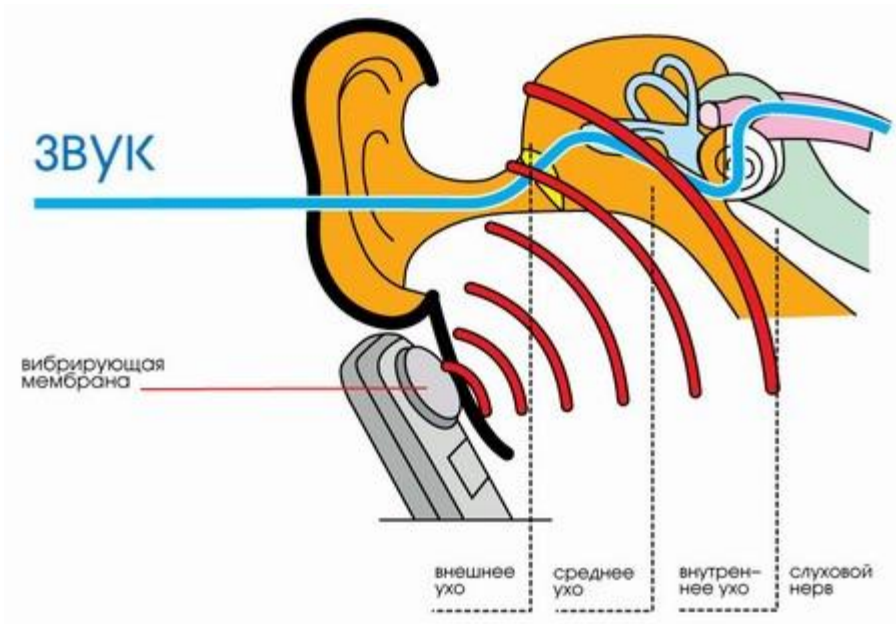
вибрирующая
мембрана

внешнее
ухо

среднее
ухо

внутрен-
нее ухо

слуховой
нерв



Вопрос 5



- **Кортиев орган** — рецепторная часть слухового анализатора, расположенная внутри перепончатого лабиринта.

лестница
преддверья

проток
улитки

спиральный
(кортиев) орган

слуховой
нерв

барабанная
лестница

разрез улитки

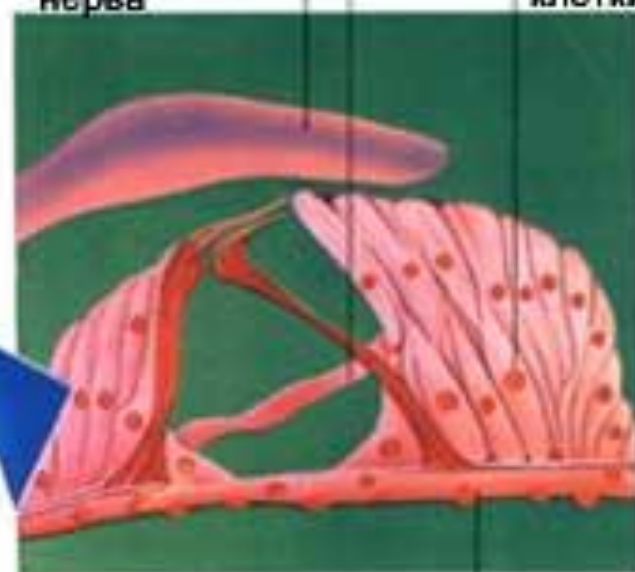
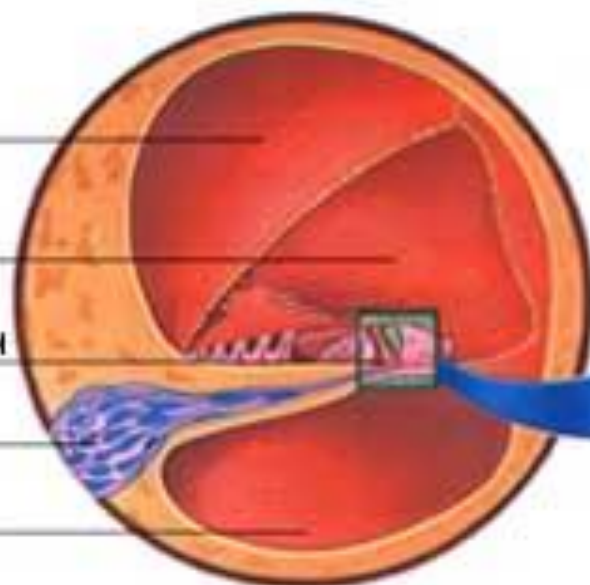
волокна
преддверно-
улиткового
нерва

звуковые
клетки

опорные
клетки

поперечный
разрез спирального
органа

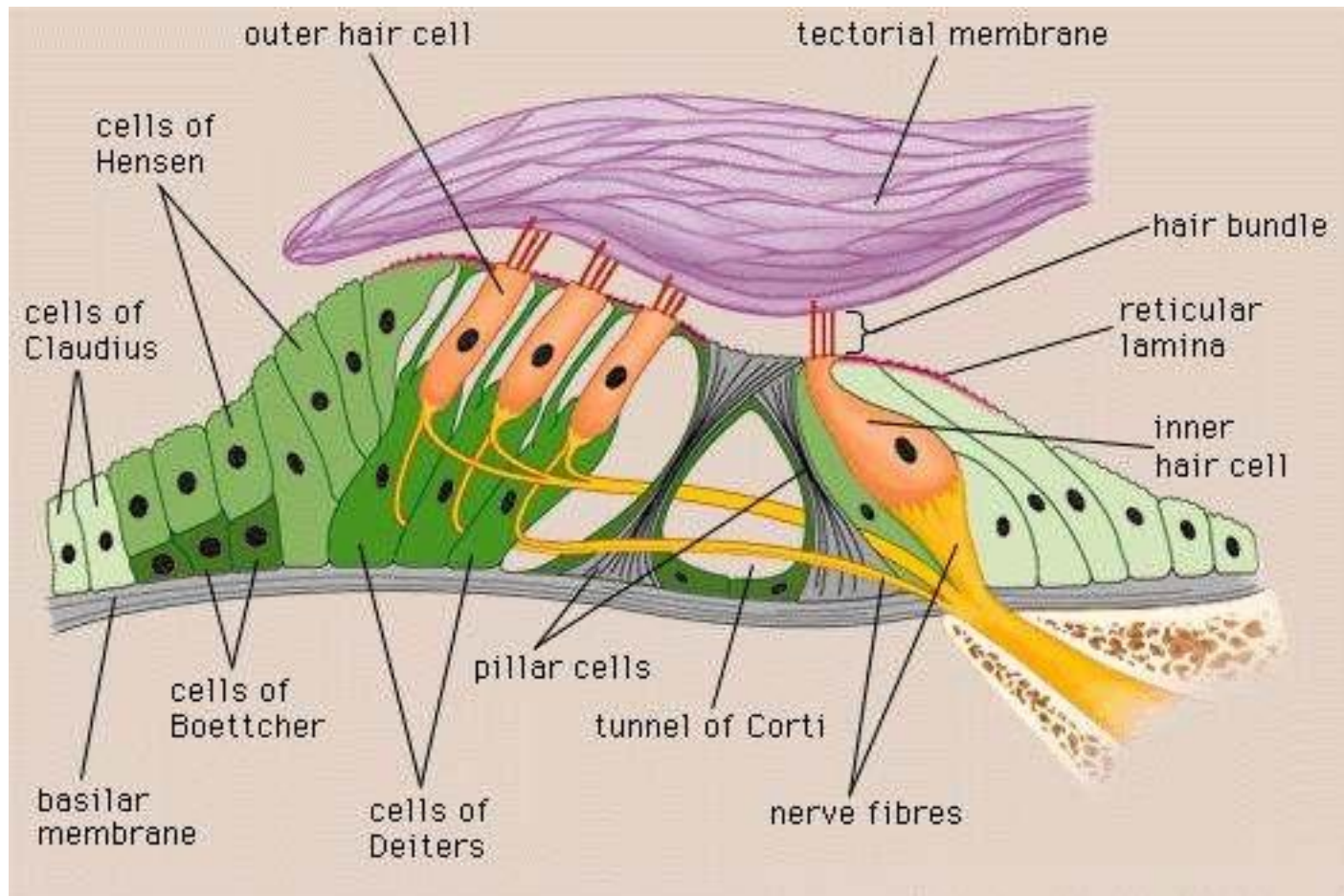
основная
мембрана

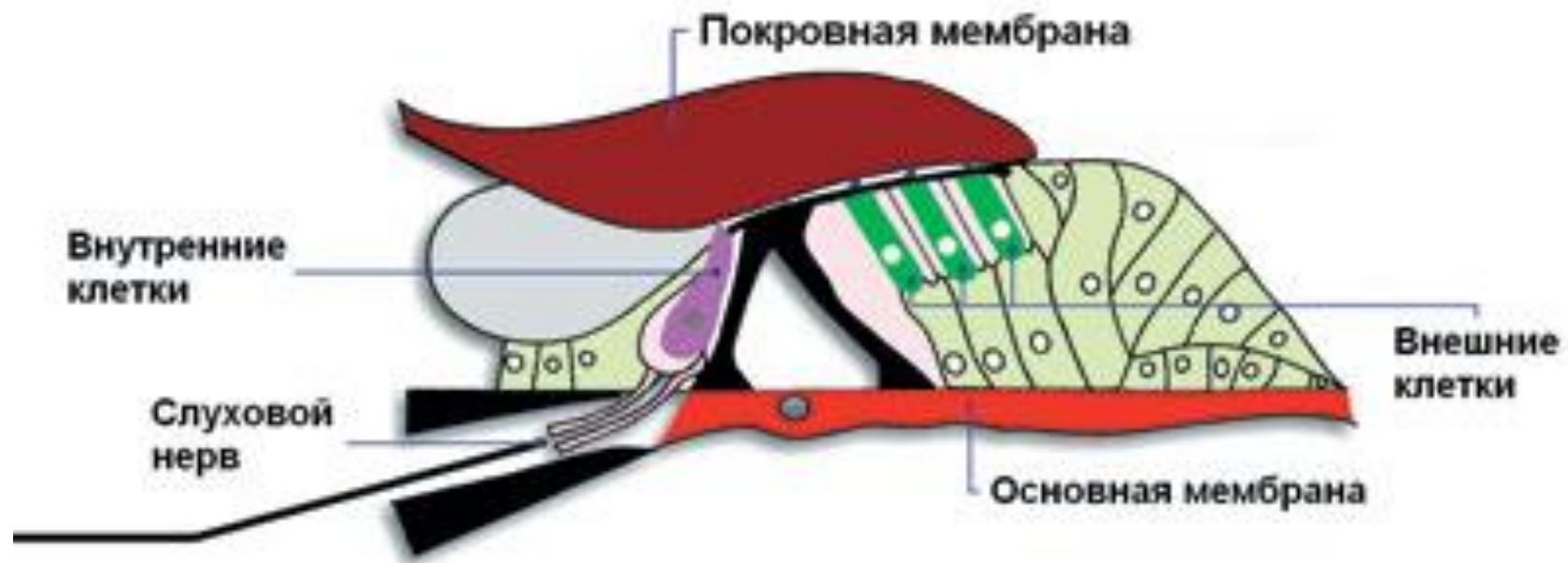


Identify as many parts of the organ of Corti in the above photo as you can.

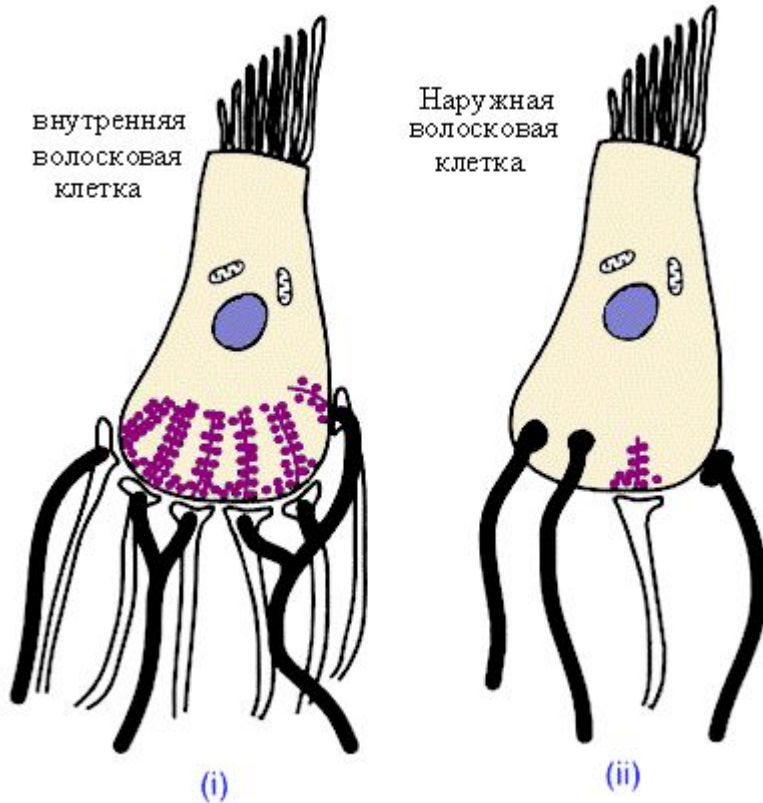


The organ of Corti





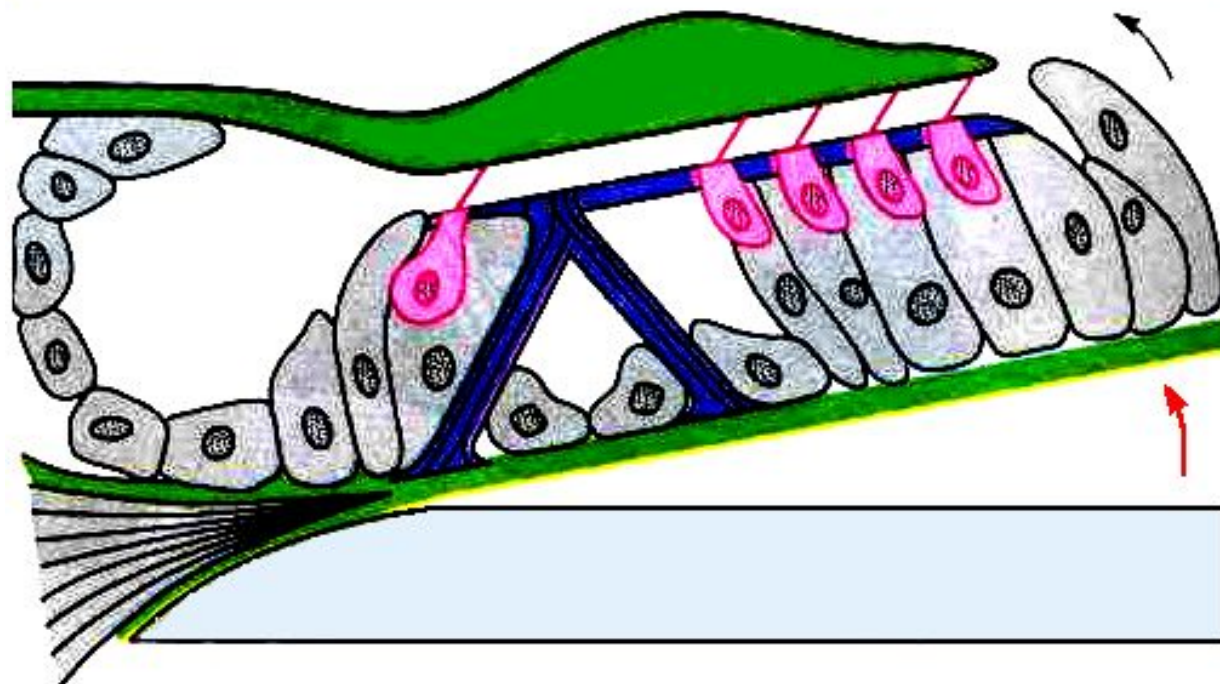
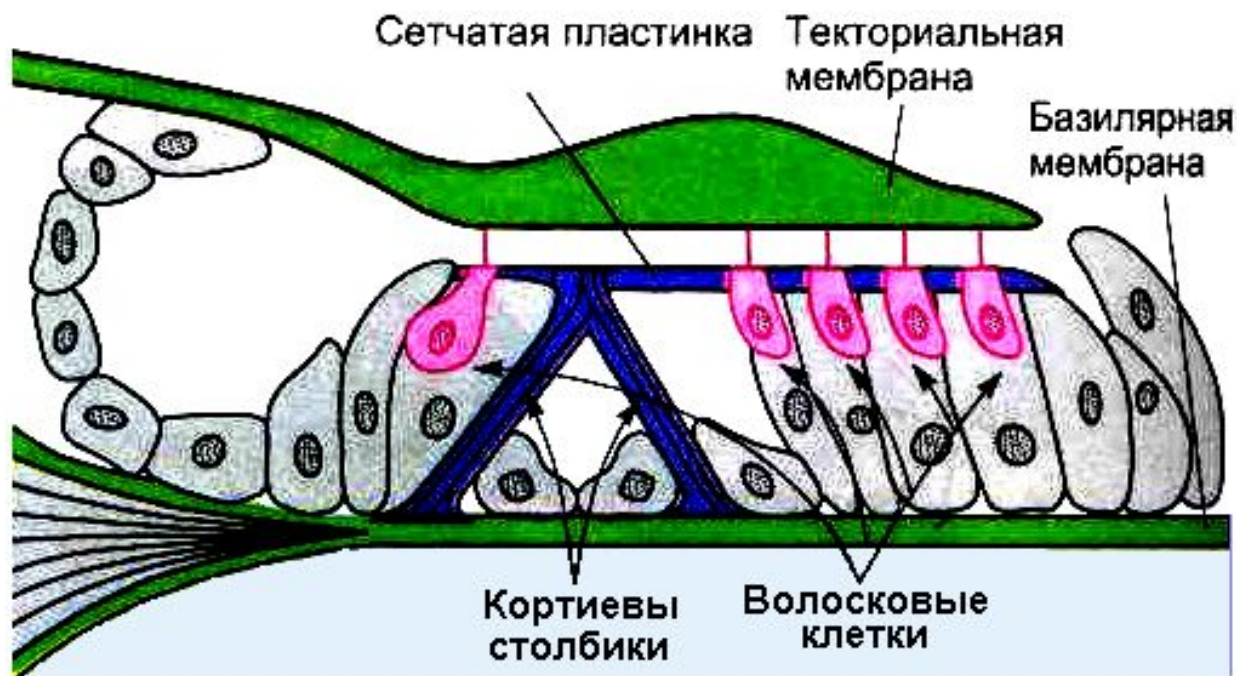
Иннервация волосковых клеток спирального органа



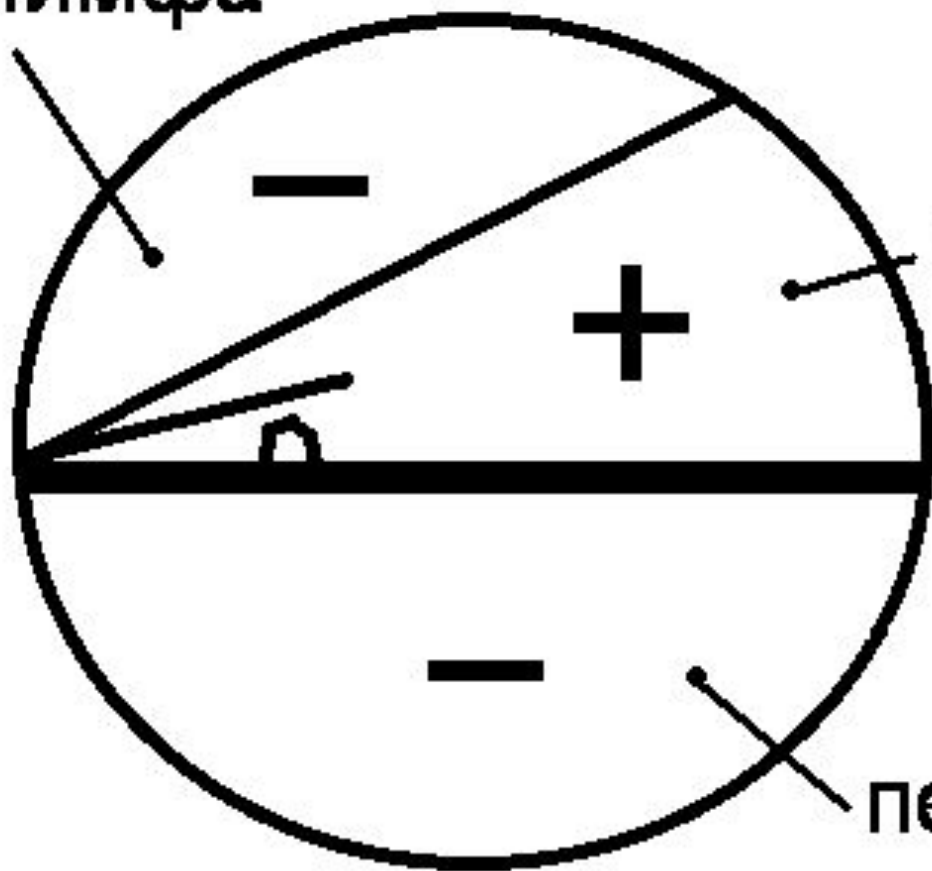
- афферентные (белые) и эфферентные (черные) волокна.
- (i) внутренняя волосковая клетка. Эфферентные волокна образуют синаптический контакт с дендритными окончаниями афферентных волокон.
- (ii) Наружная волосковая клетка. Эфферентные волокна образуют синапсы непосредственно на волосковой клетке, которая имеет лишь небольшое число синапсов (показан только один) с сенсорными (афферентными) волокнами

Вопрос 6





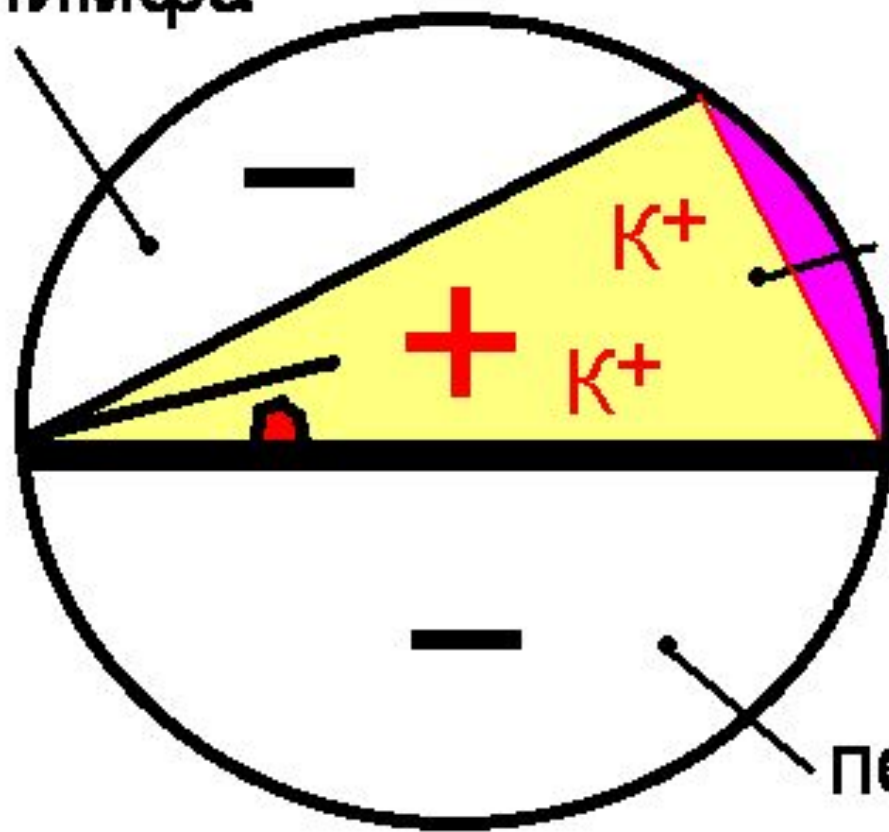
перилимфа



эндолимфа

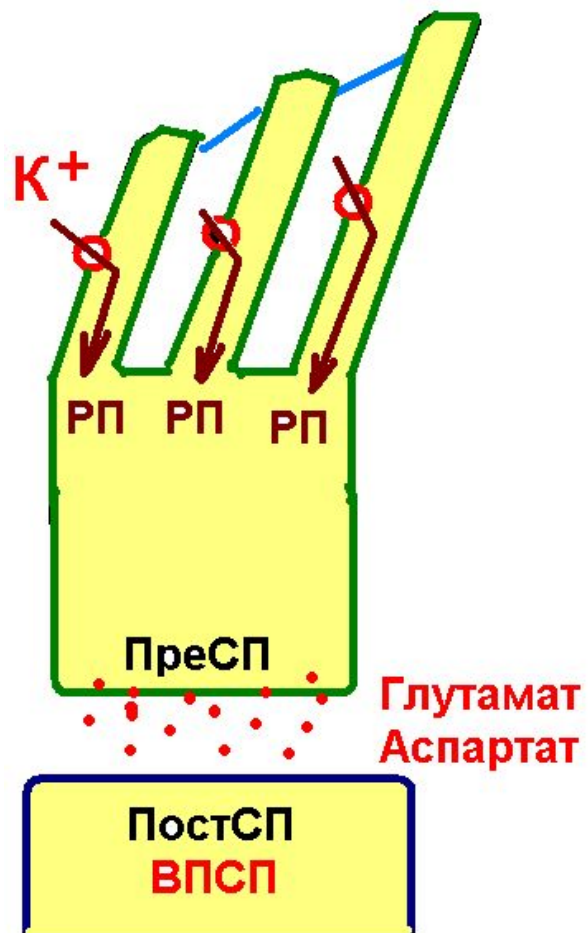
перилимфа

перилимфа



эндолимфа

перилимфа

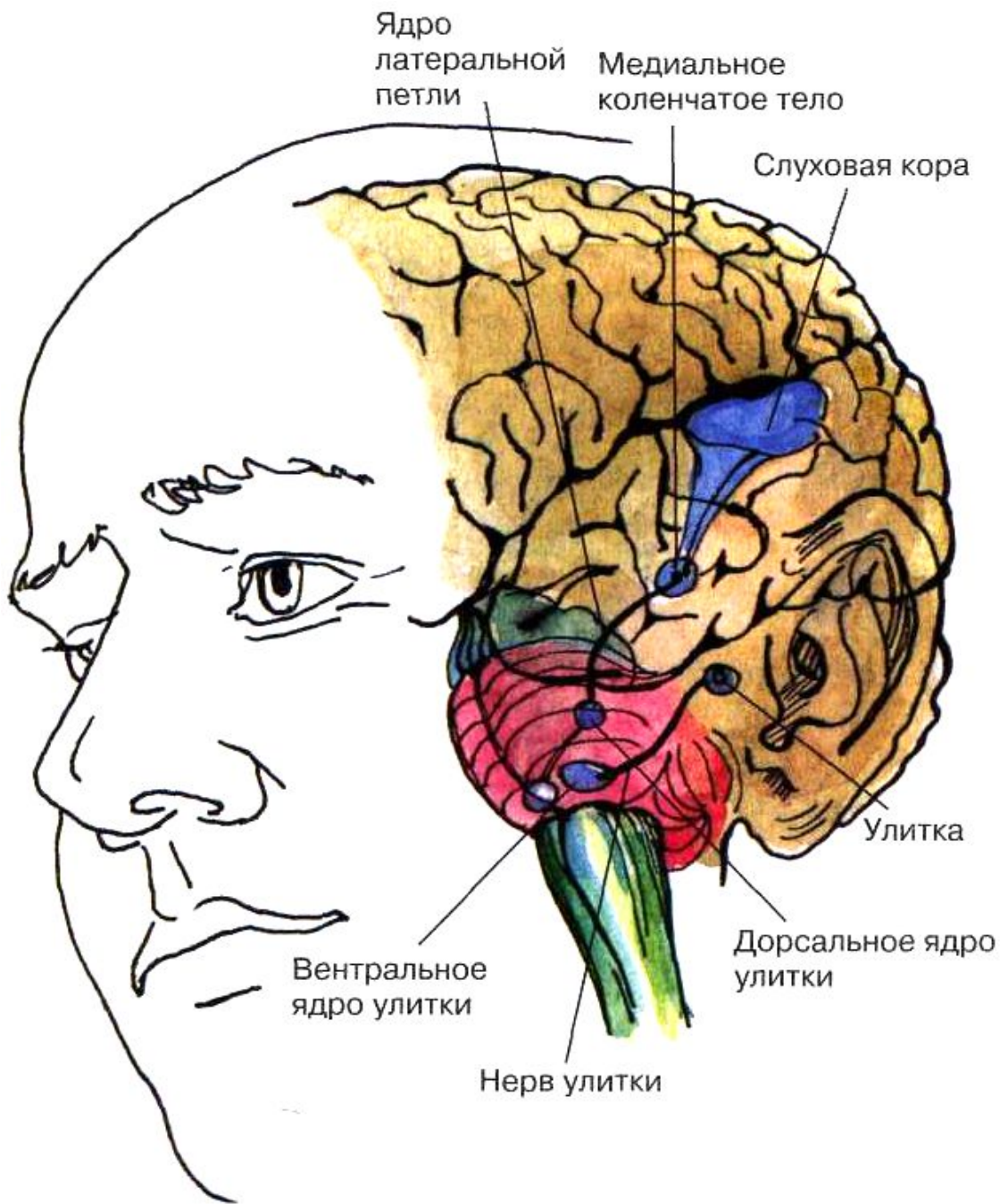


Вопрос 7



Центральные слуховые пути

- Нижний холмик, медиальное коленчатое тело и слуховая кора содержат центральную ядерную (красная) и периферическую (розовая)



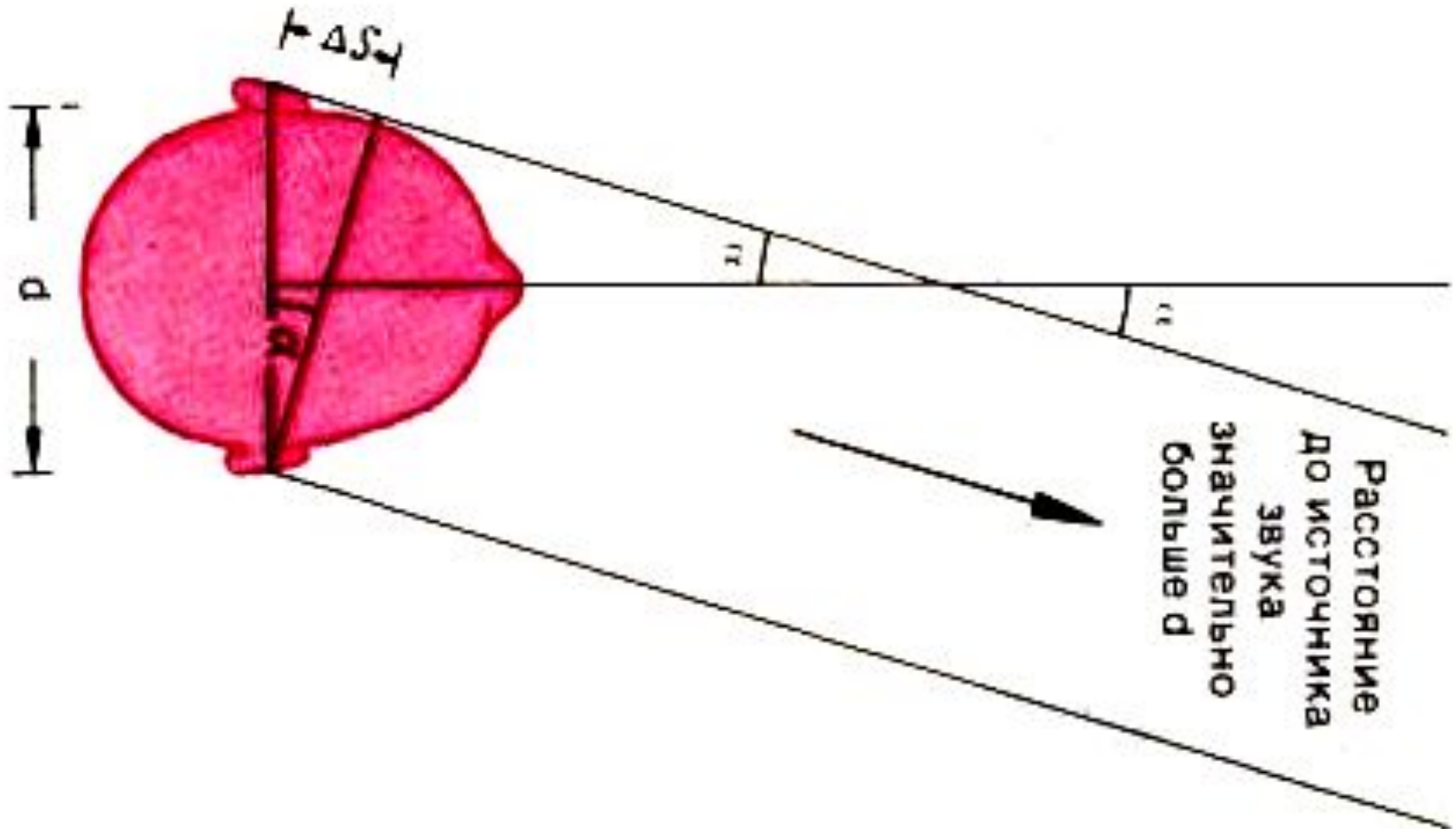
Вопрос 8



- **БИНАУРАЛЬНЫЙ СЛУХ** (от лат. *binī* - два + *aurīcula* - ухо) - восприятие звуков с помощью обеих ушей и симметричных (правой и левой) частей слуховой системы

Бинауральный слух:

Расчет разницы во времени достижения звуком правого и левого уха



Вопрос 9



Кривые равных уровней громкости (изофоны)

Аудиограмма больного с левосторонним нарушением звуковой проводимости

