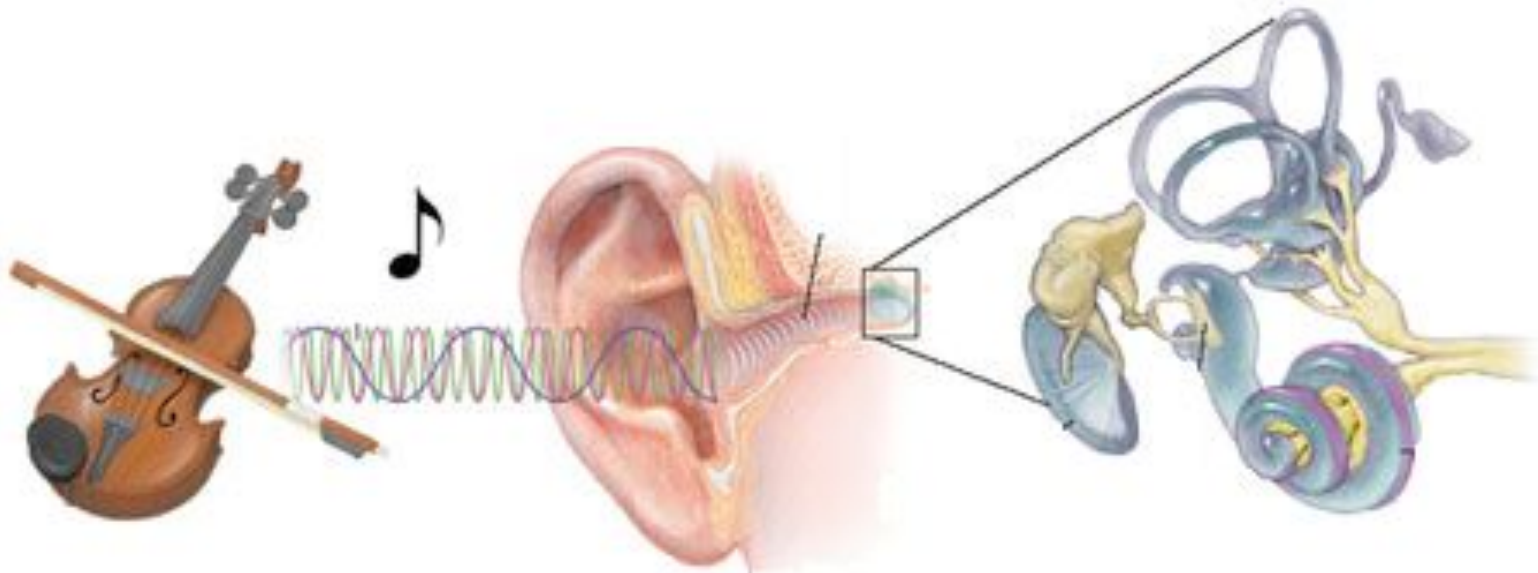


Лекция 23.04.08

# 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;

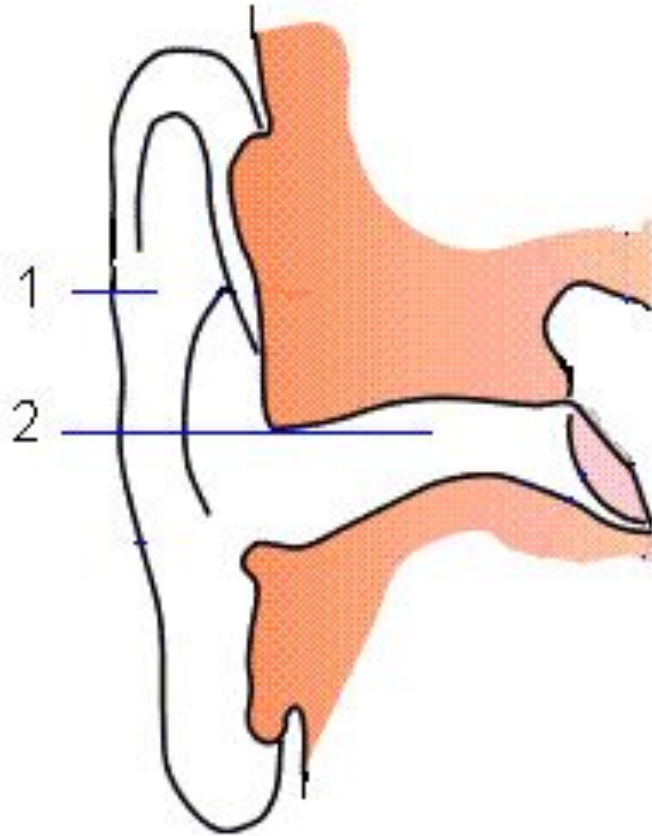
# Структура слуховой сенсорной системы

**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

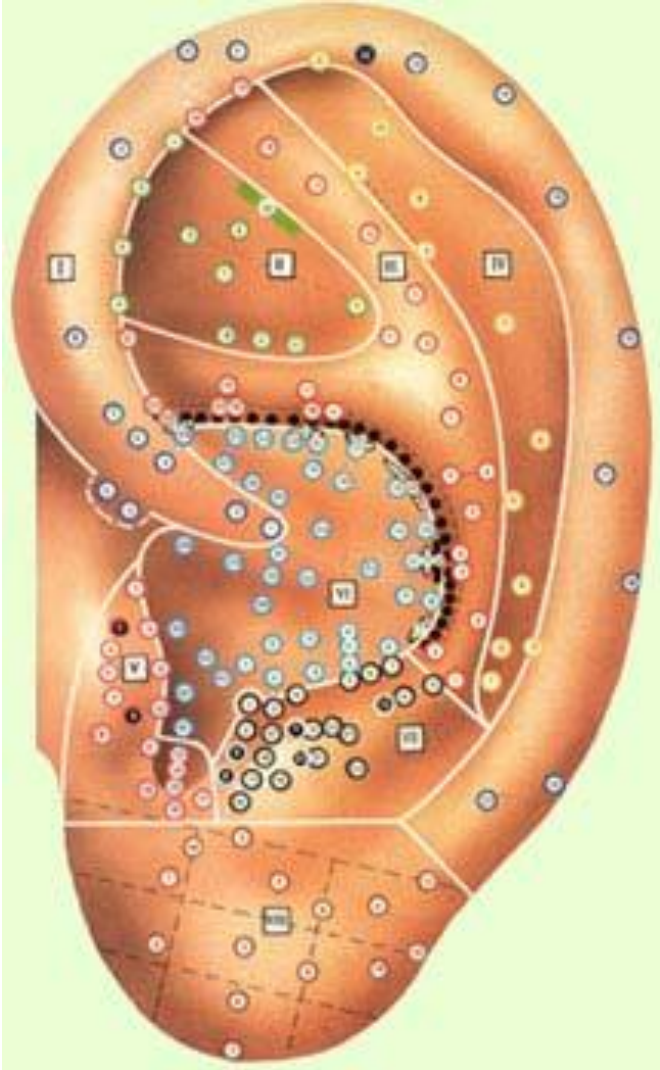
1. ушной раковины
2. наружного слухового прохода

# 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.



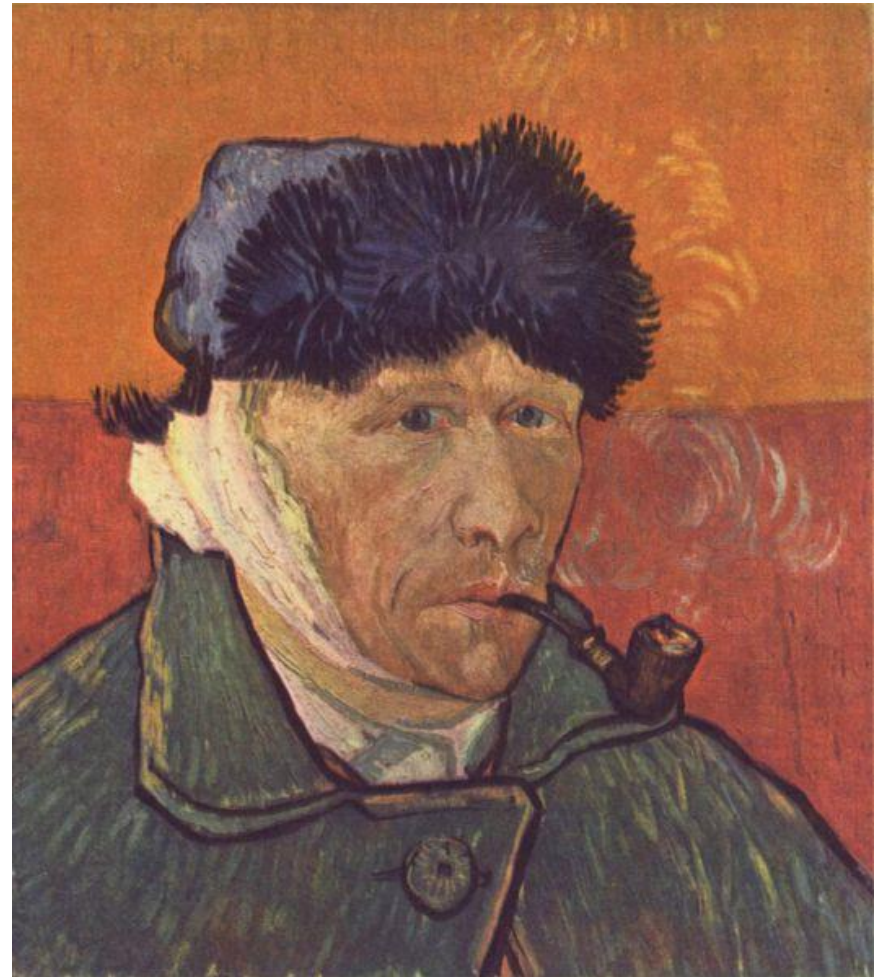


# Функции Ушной раковины

- - 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*

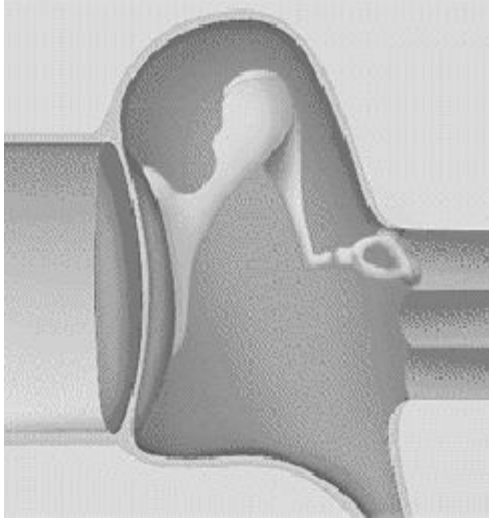
- воскообразный секрет сальных и серных желез наружного слухового прохода.
- В ее функции входит защита кожи этого прохода от бактериальной инфекции и инородных частиц, например насекомых, которые могут попасть в ухо.
- У разных людей количество серы различно.
- Плотный комок ушной серы (серная пробка)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

# ***Наружный слуховой проход:***

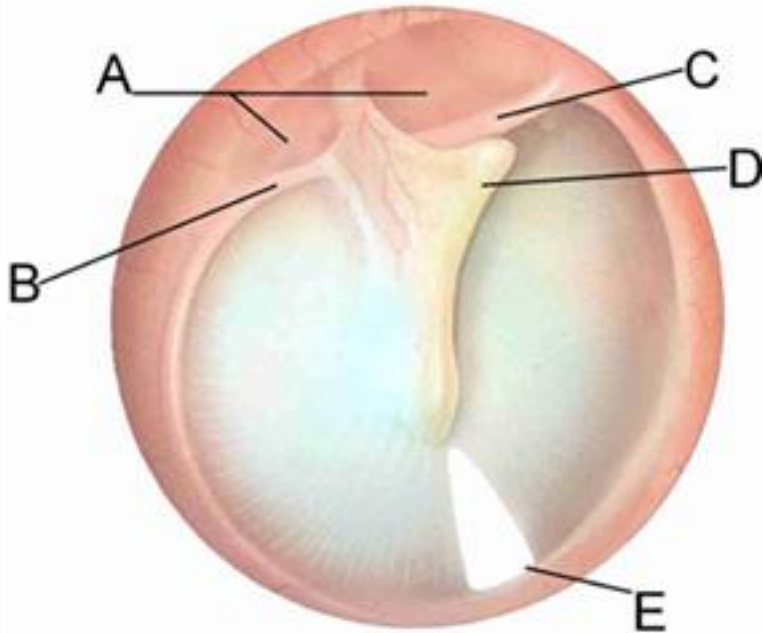
- По ходу имеется S-образный изгиб наружного слухового прохода в горизонтальной и вертикальной плоскостях.
- ***Проход выпрямляется если оттянуть ушную раковину вверх и назад.***

# 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.***

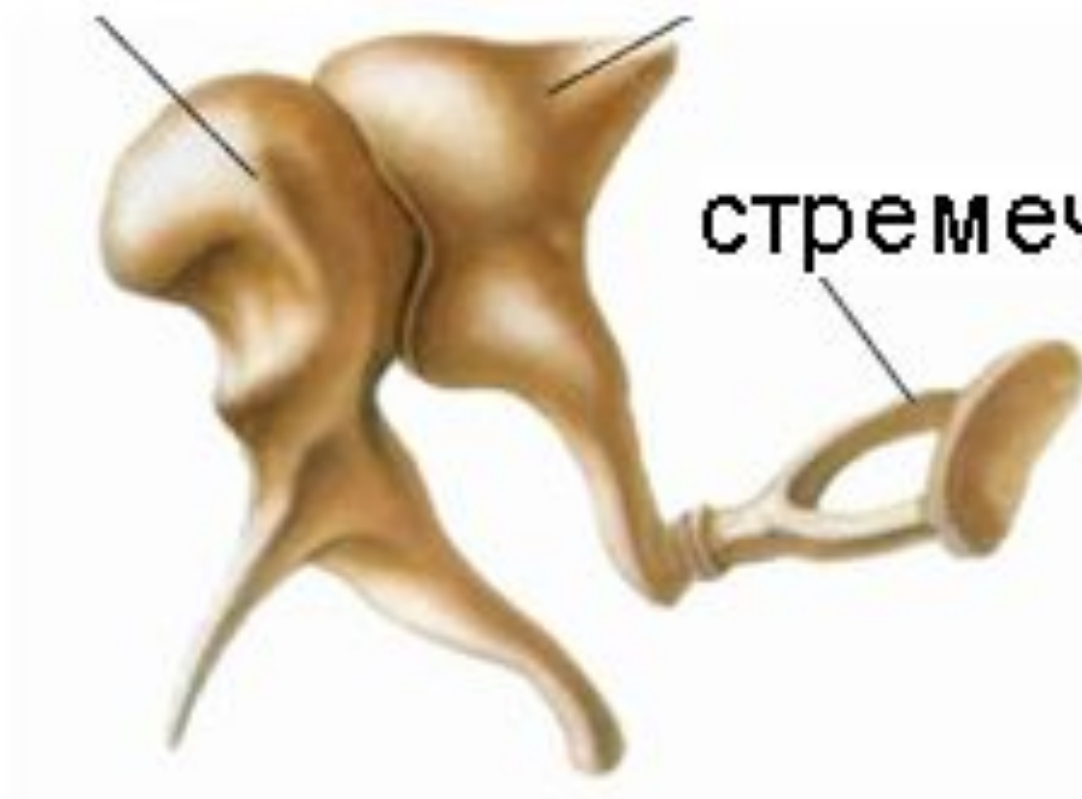


# Цепь слуховых косточек

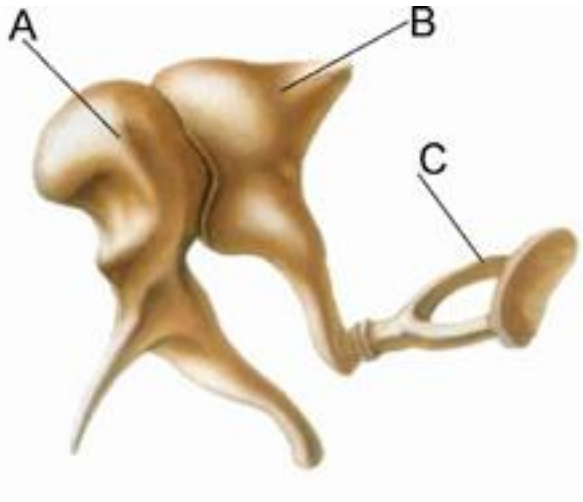
МОЛОТОЧЕК

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.

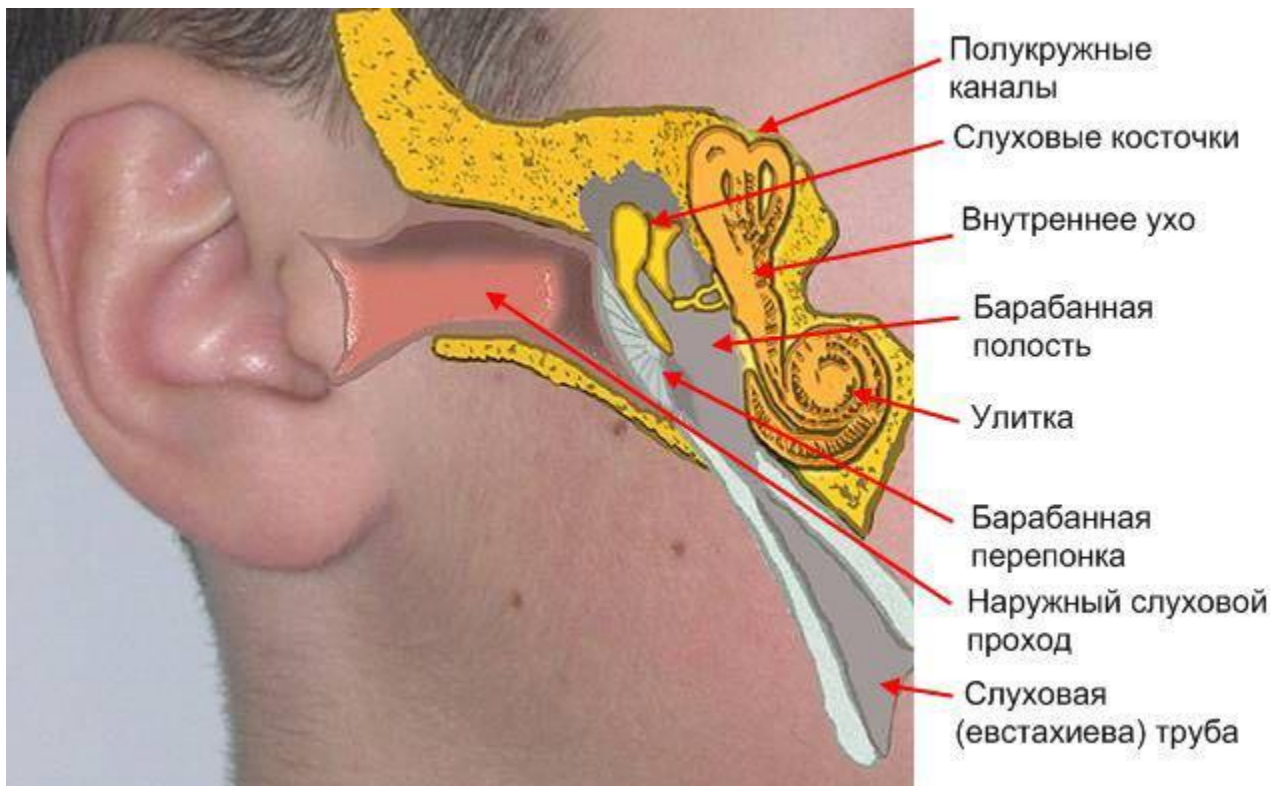
# Как система косточек изменяет характер движения при больших интенсивностях звука?

- 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.

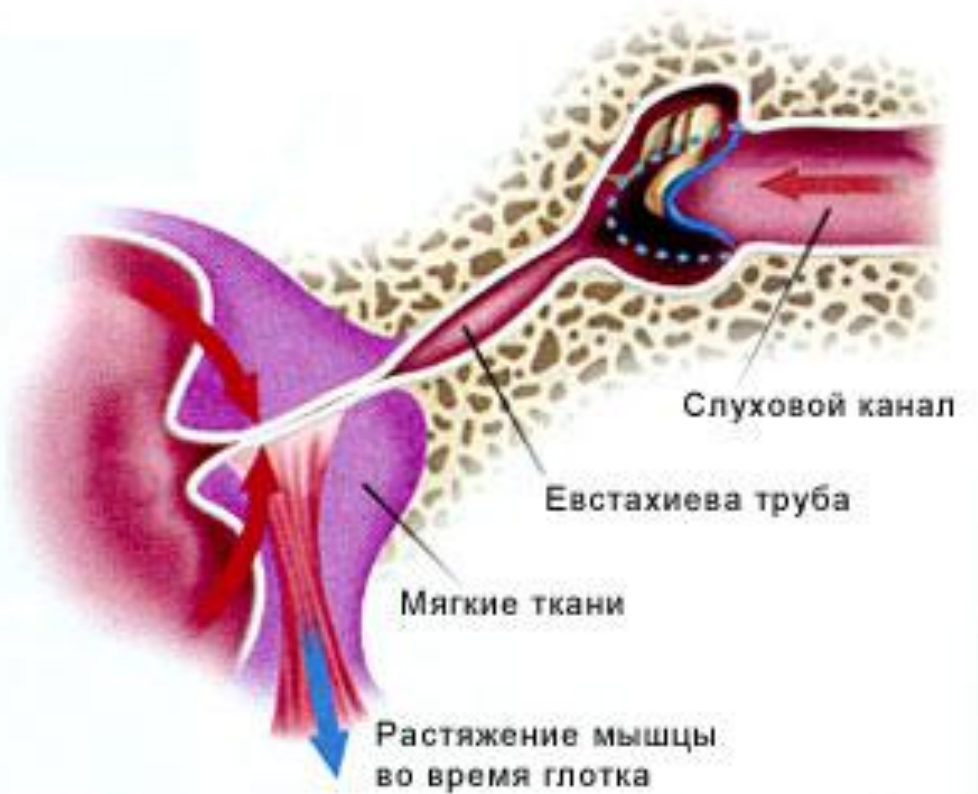
# Евстахиева труба (слуховая труба)

- 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;

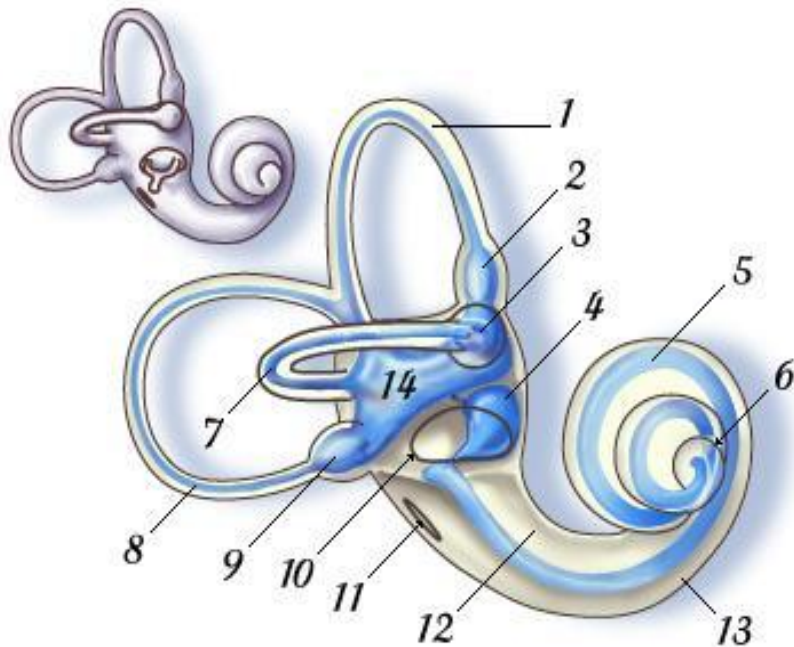
в нем различают три составляющие:

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

# Перепончатый лабиринт

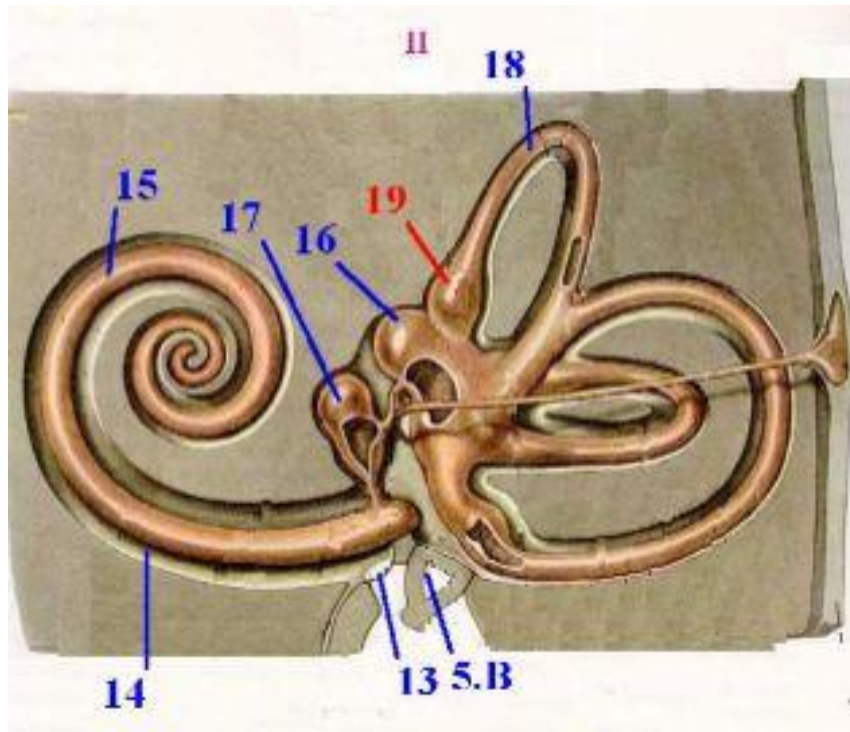
как и костный, состоит из трех основных частей.

- 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

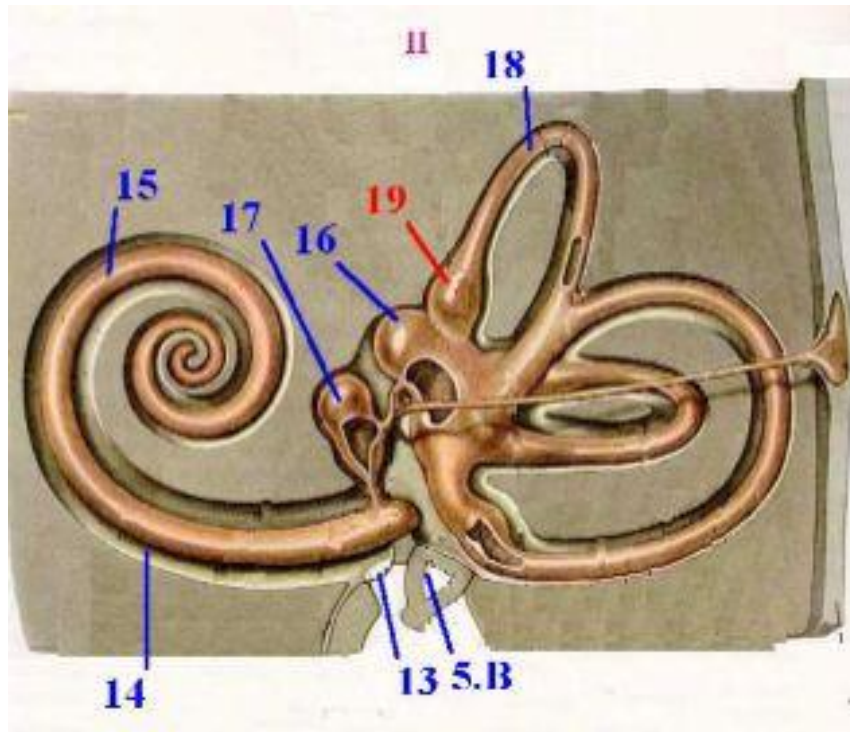


© S. Blatrix/CRIC 99

- 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.



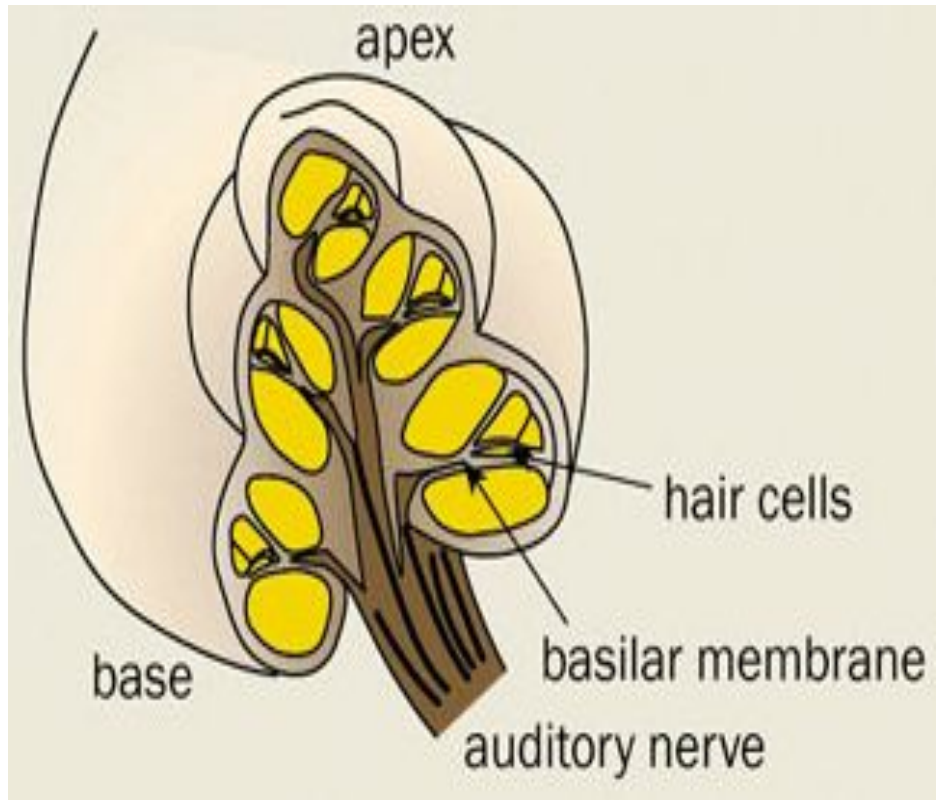
- Итак, в костной **улитке** находится **перепончатая улитка** (15), занимающая примерно треть сечения спирального костного канала.
- В костном **преддверии** перепончатый лабиринт образует **два мешочка** -
- **эллиптический**, или маточку (utricle) (16) и **сферический**, или просто мешочек (sacculus)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



# Вопрос 4

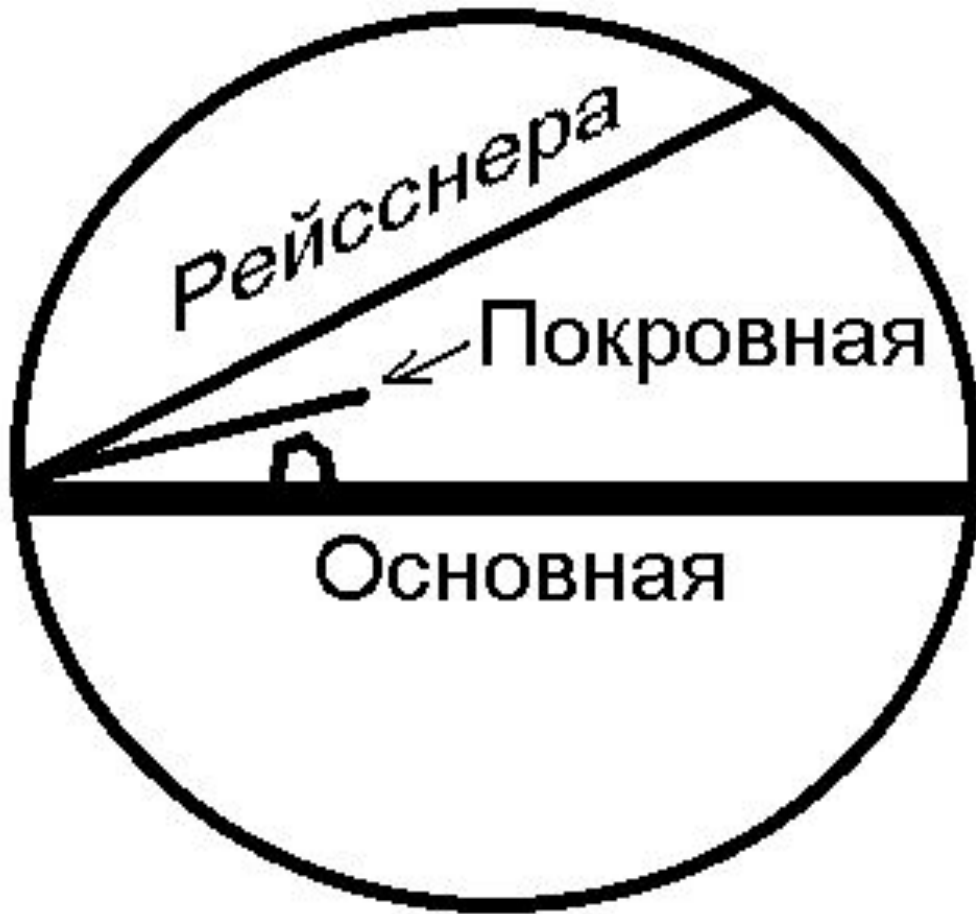


# Строение улитки

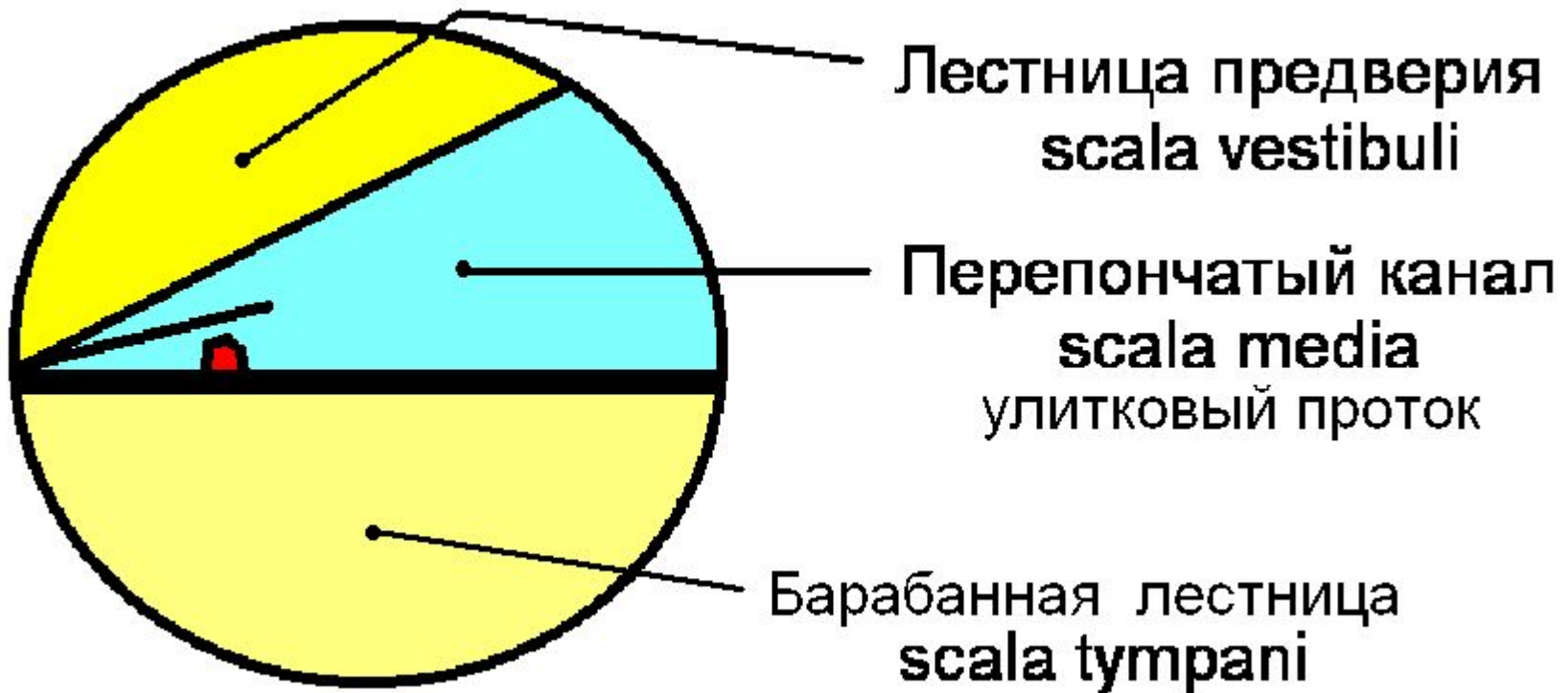


- Учебник  
С.563

# Мембраны улитки



# Каналы улитки

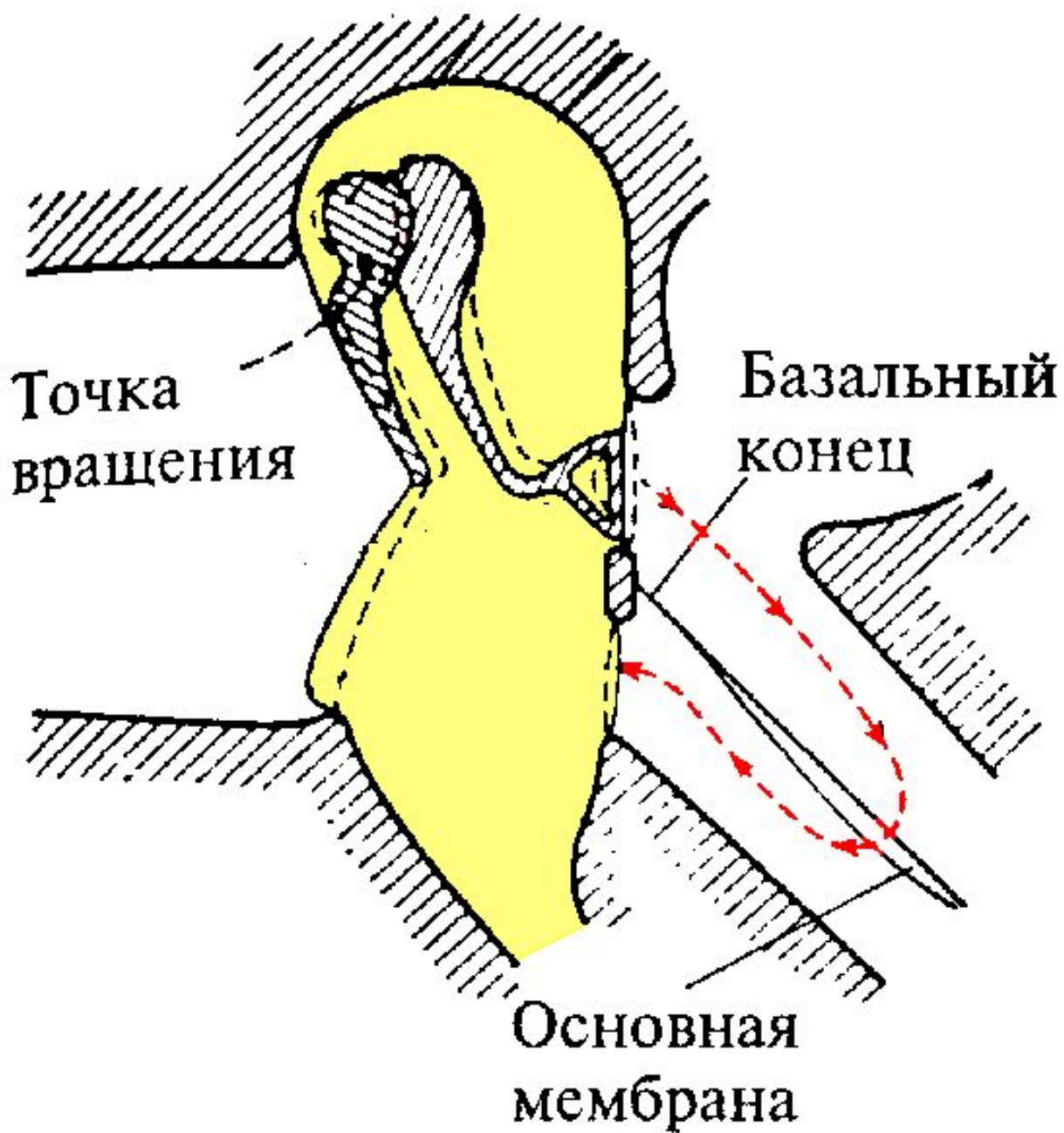




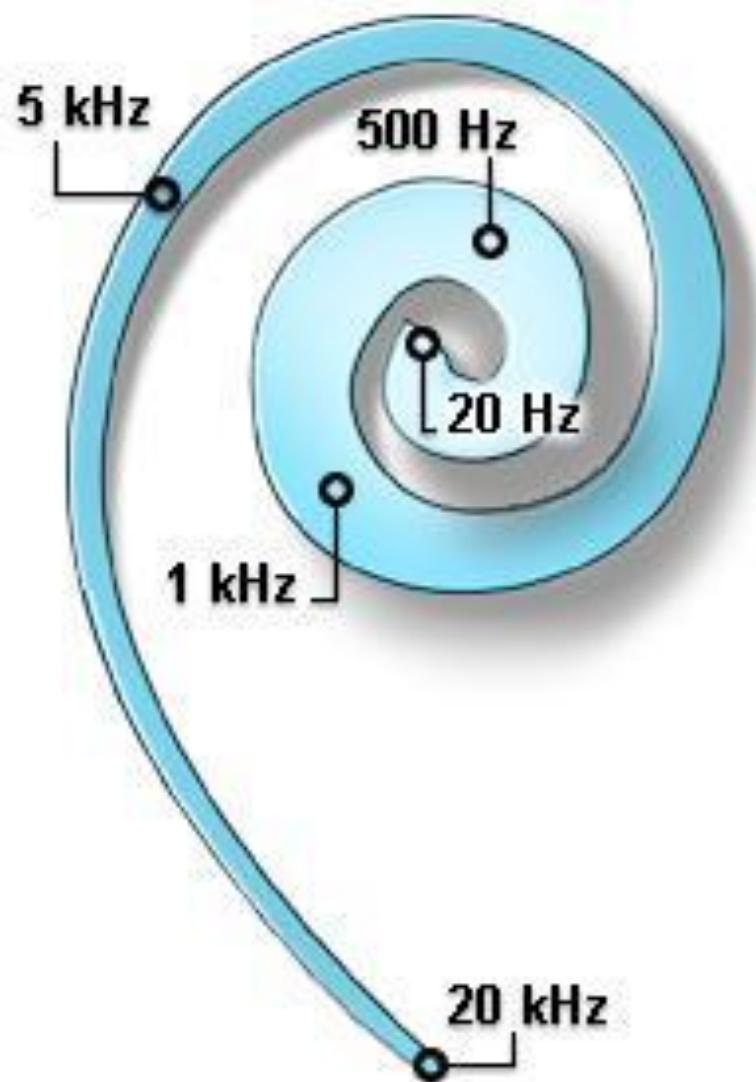
**Неправильно !**

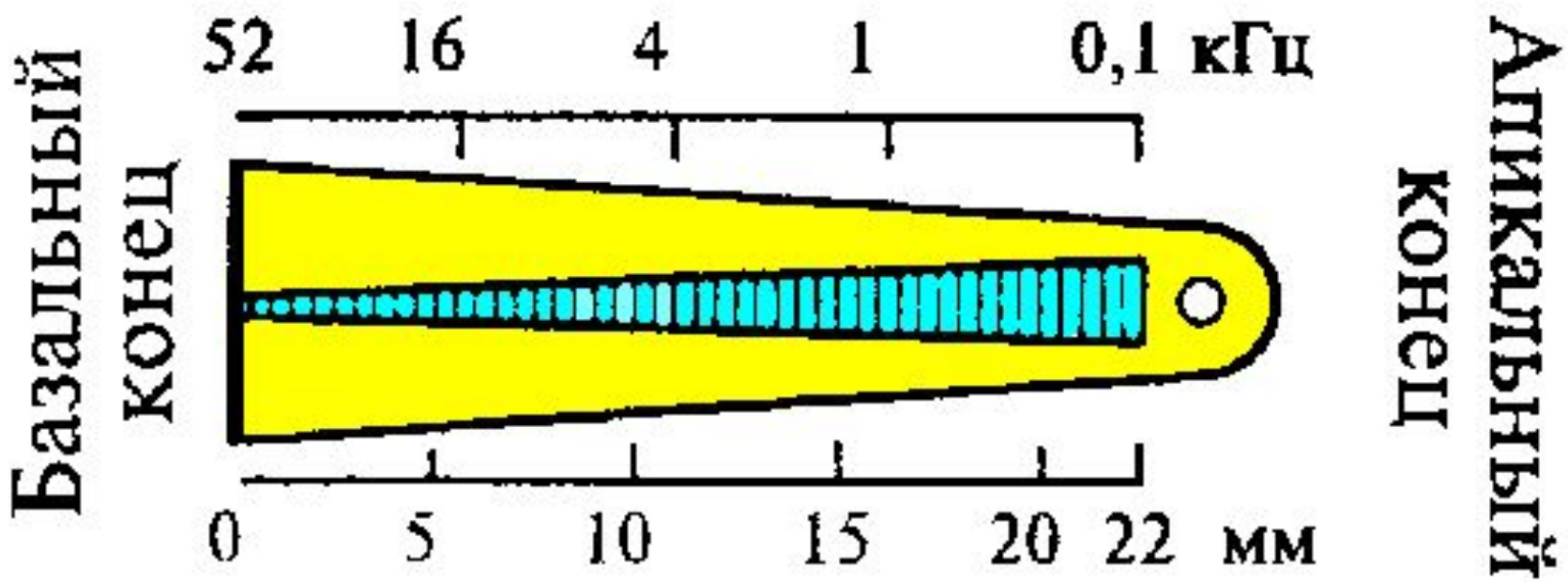
Правильно !





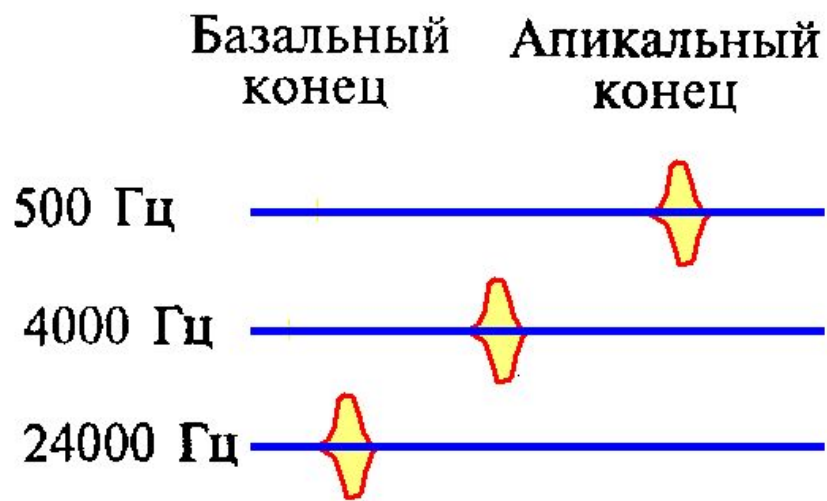








- **ГЕЛЬМГОЛЬЦ**  
(Helmholtz), Герман  
Людвиг Фердинанд
- 31 августа 1821 г. – 8  
сентября 1894 г.



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

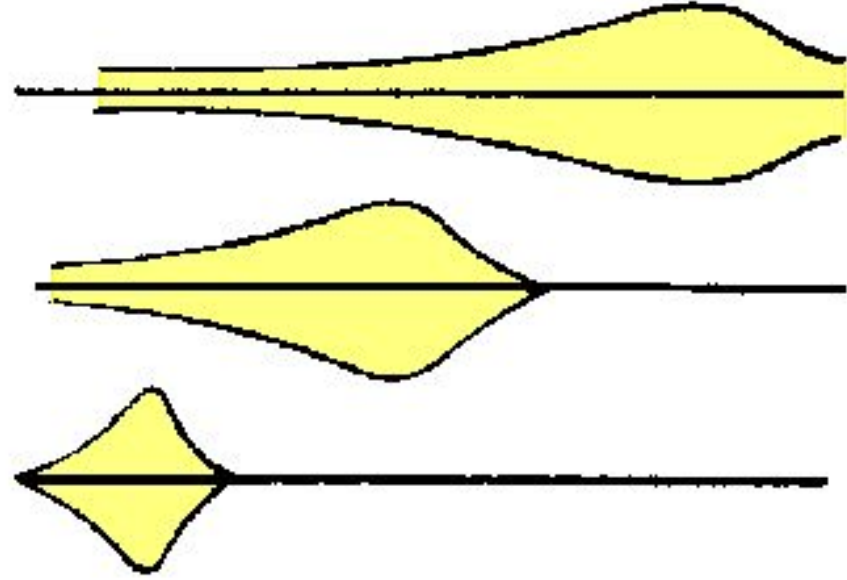


# Бегущая волна



Базальный

конец



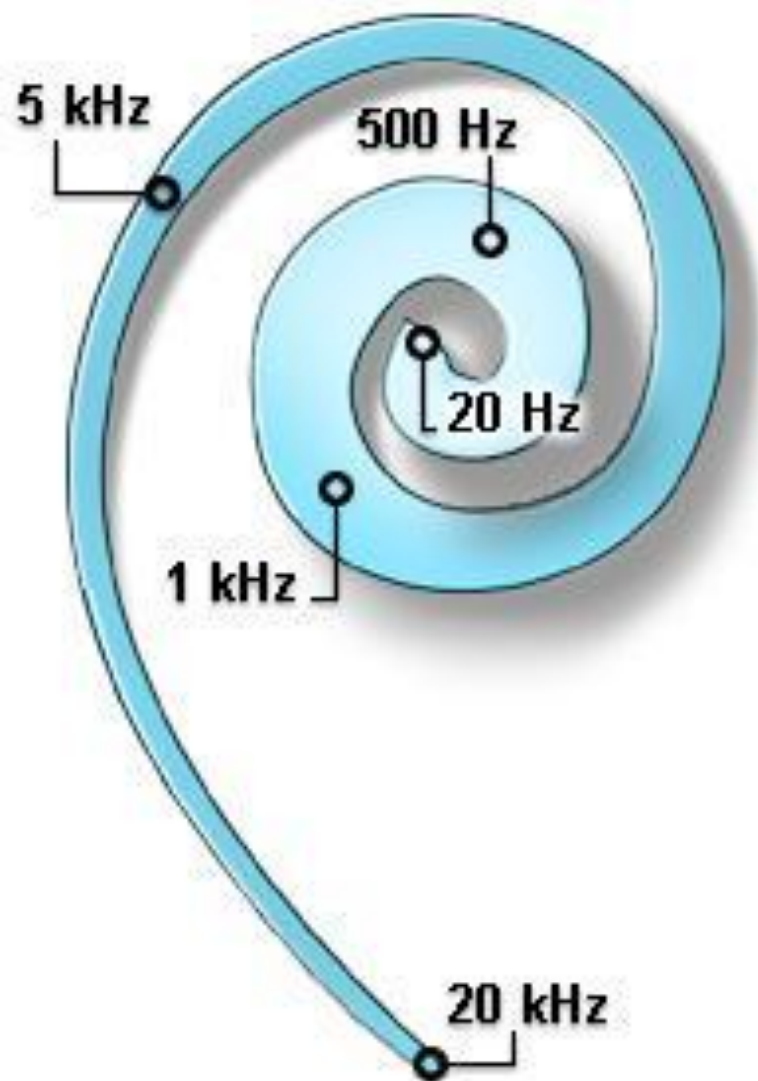
500 Гц

4000 Гц

24000 Гц

конец

Апикальный





ЗВУК

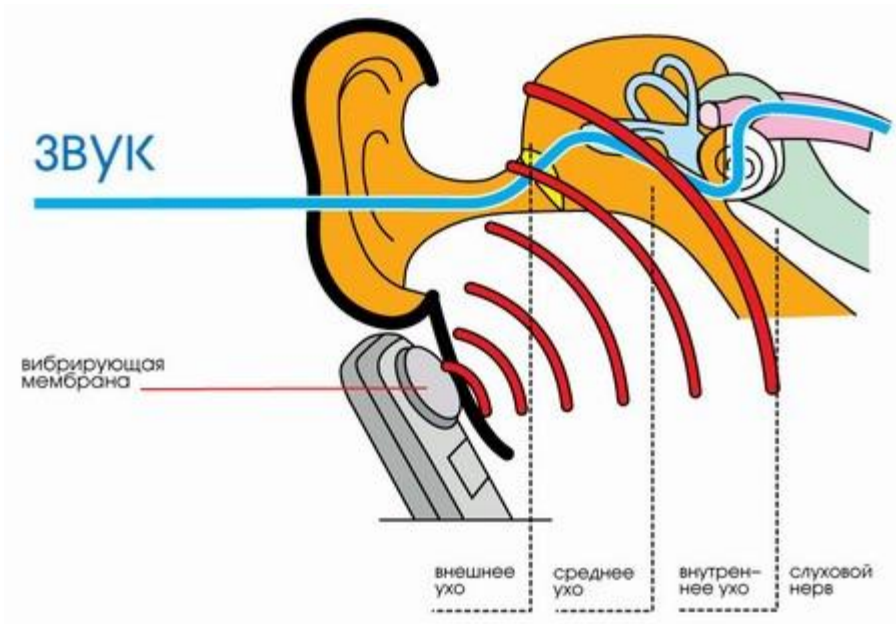
вибрирующая  
мембрана

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

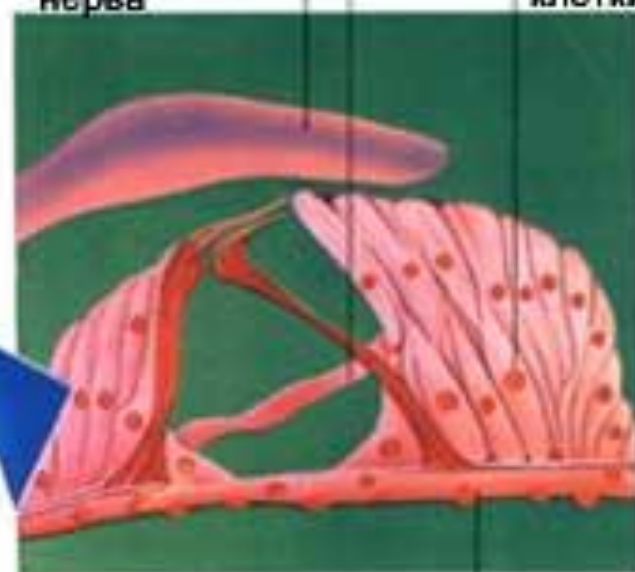
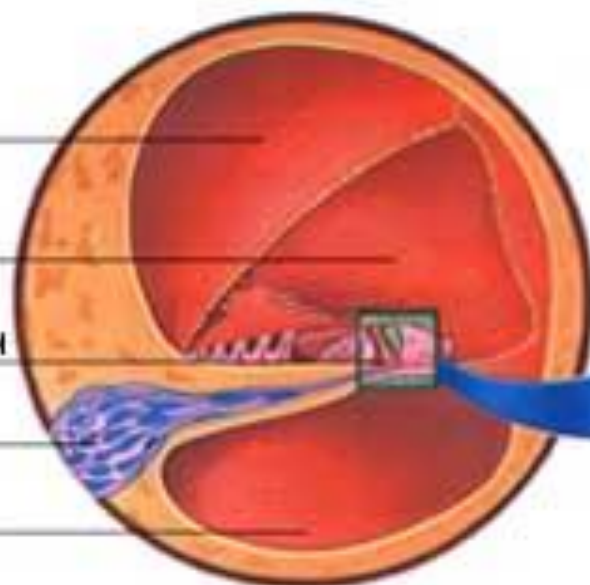
волокна  
преддверно-  
улиткового  
нерва

звуковые  
клетки

опорные  
клетки

поперечный  
разрез спирального  
органа

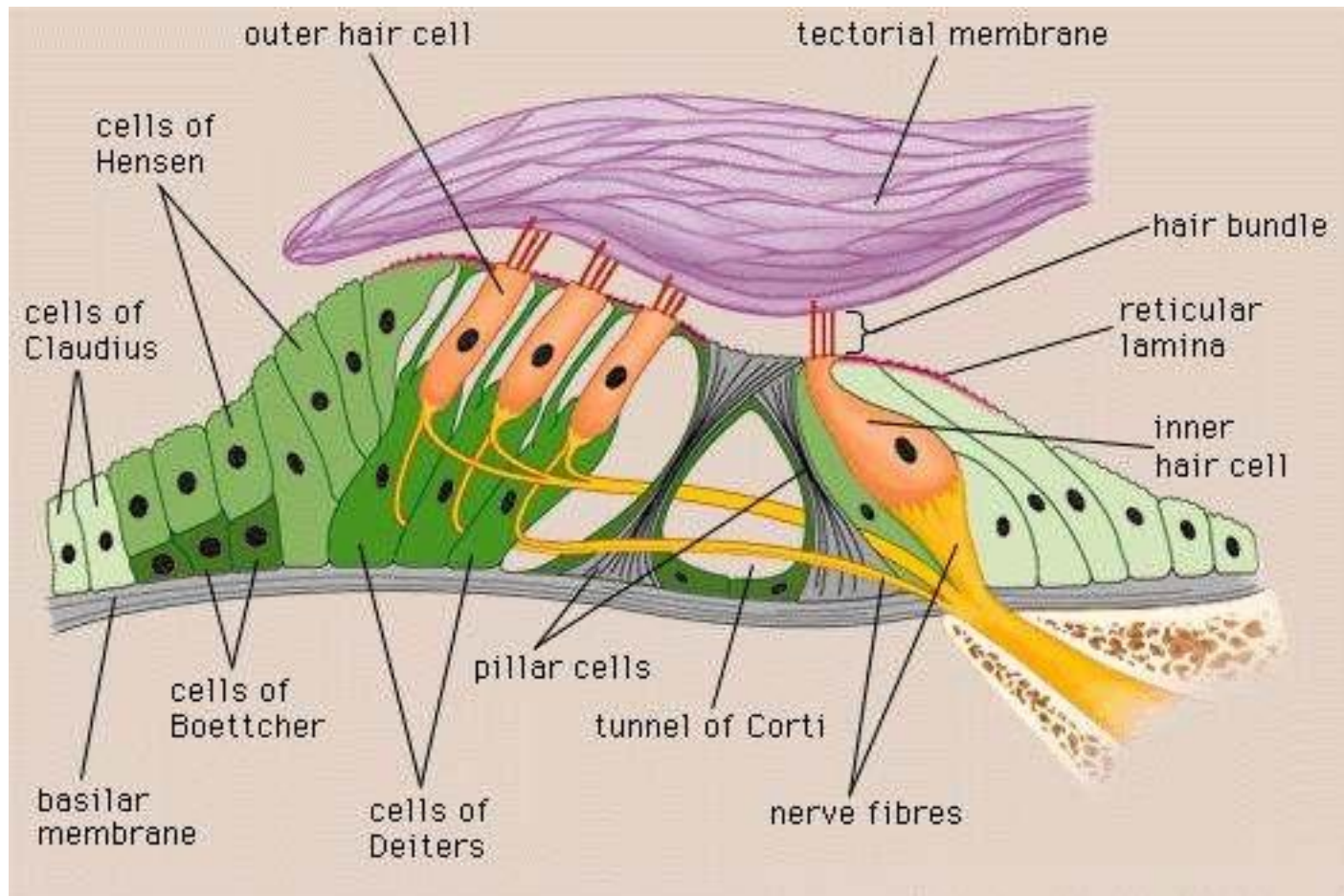
основная  
мембрана

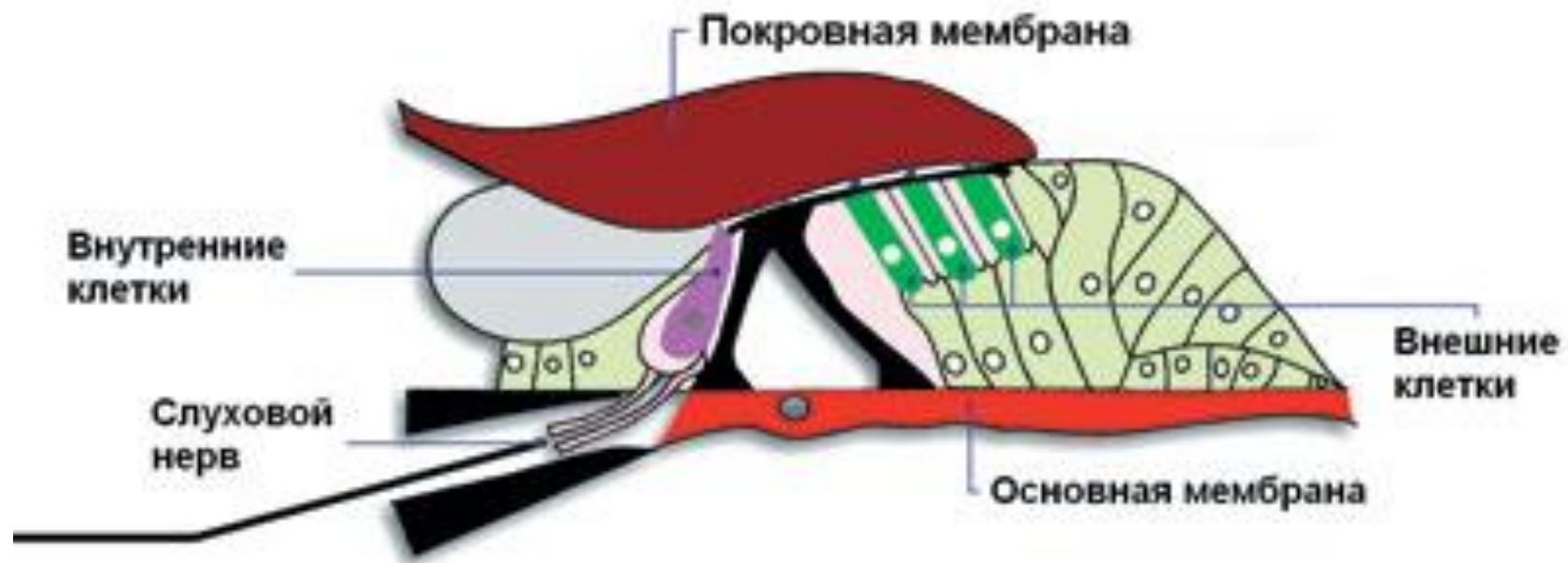


Identify as many parts of the organ of Corti in the above photo as you can.



# The organ of Corti

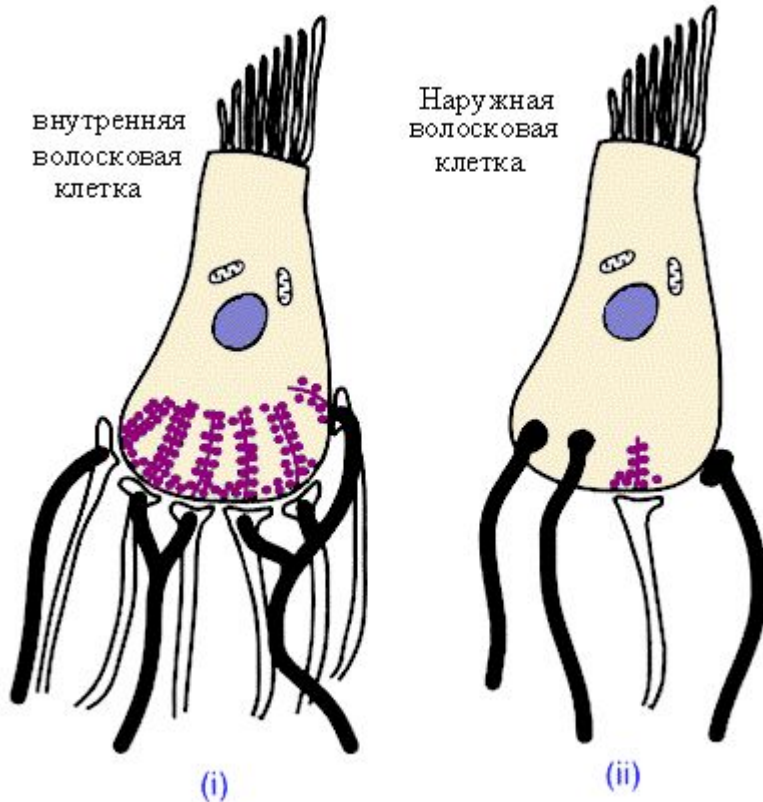








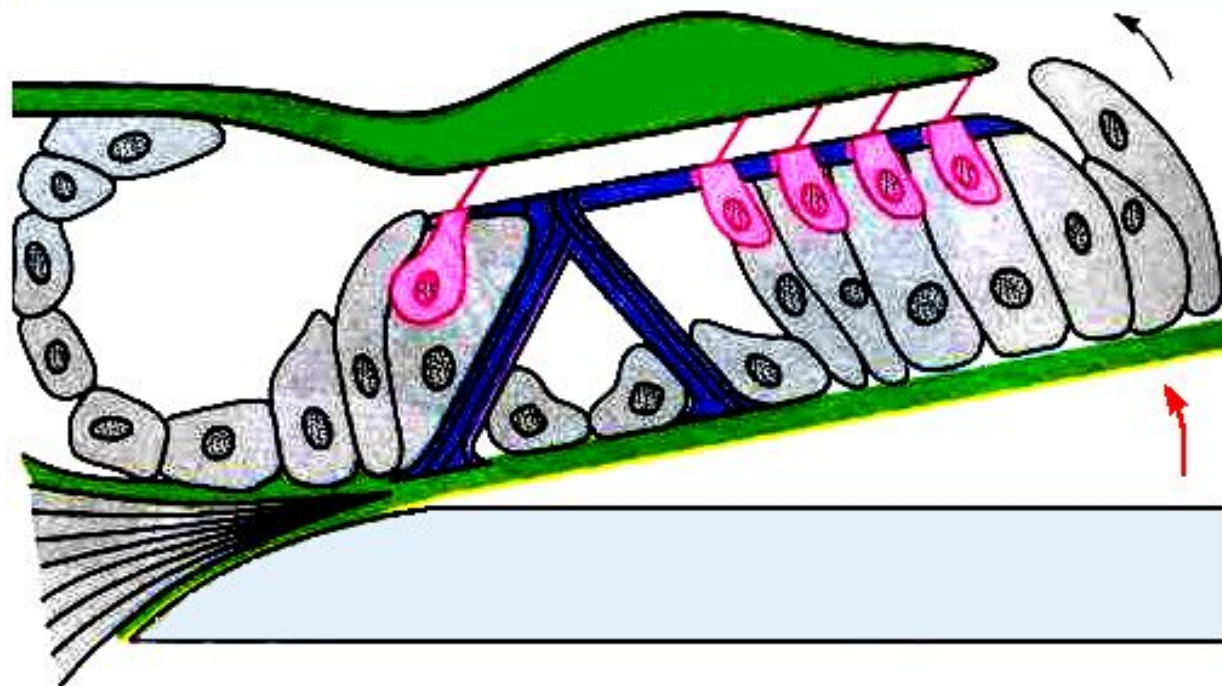
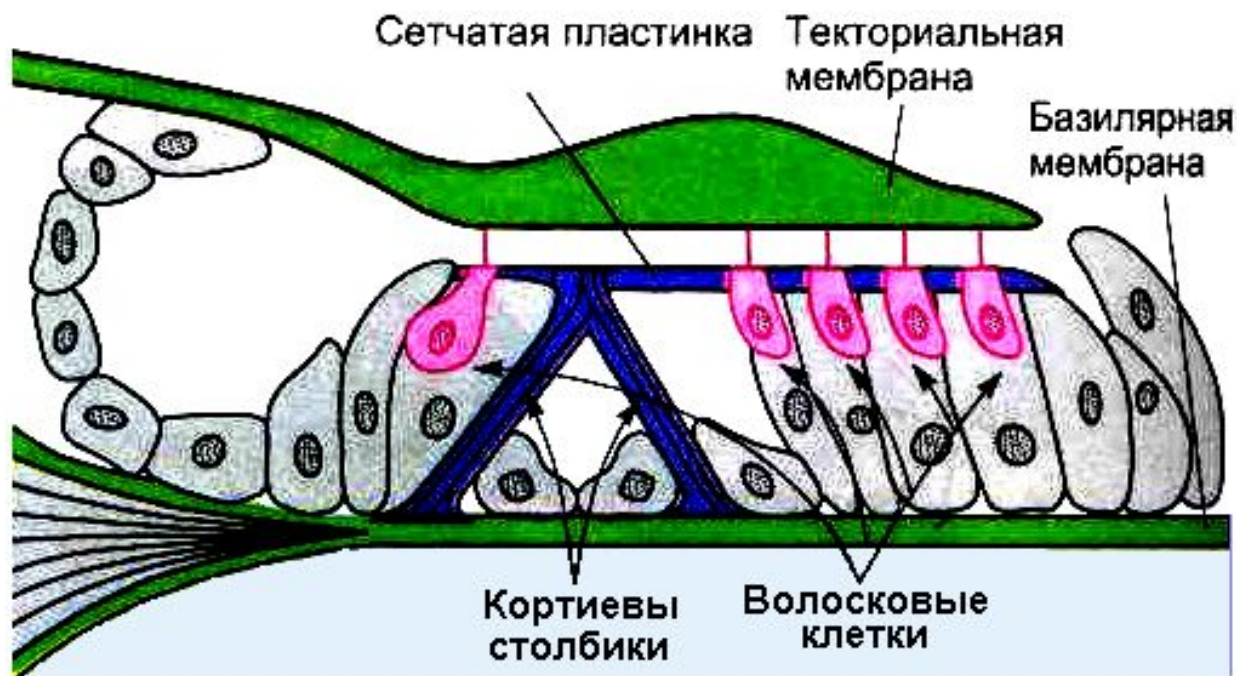
# Иннервация волосковых клеток спирального органа



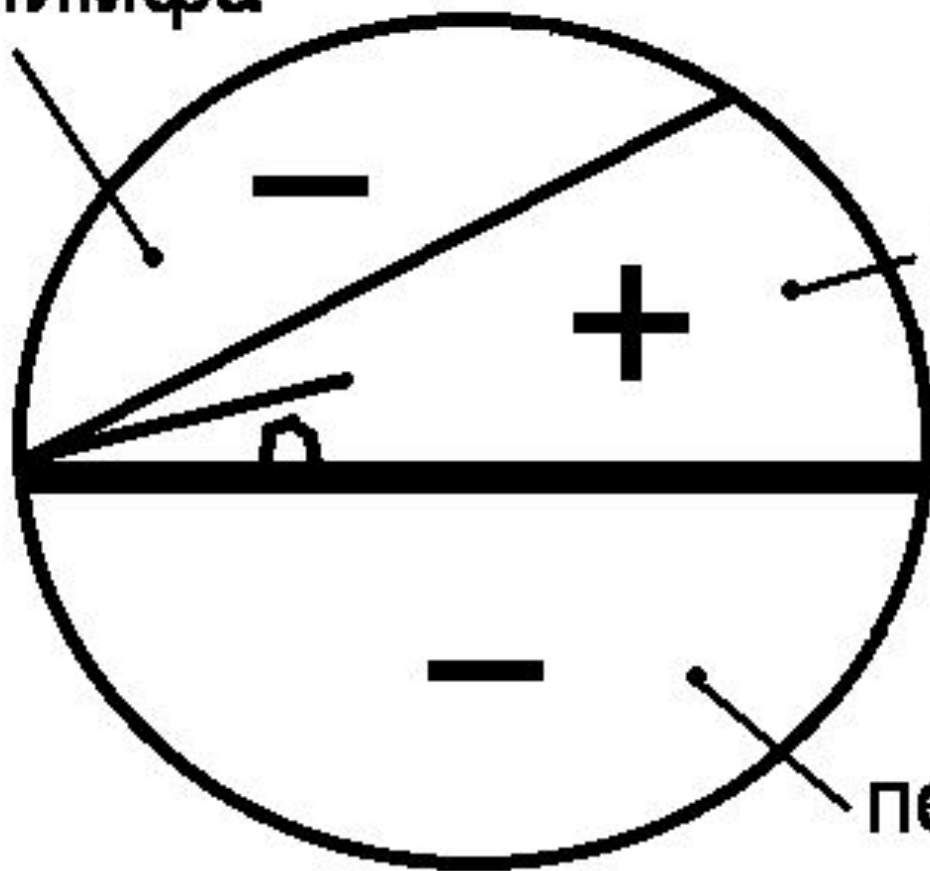
- афферентные (белые) и эфферентные (черные) волокна.
- (i) внутренняя волосковая клетка. Эфферентные волокна образуют синаптический контакт с дендритными окончаниями афферентных волокон.
- (ii) Наружная волосковая клетка. Эфферентные волокна образуют синапсы непосредственно на волосковой клетке, которая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

# Вопрос 6





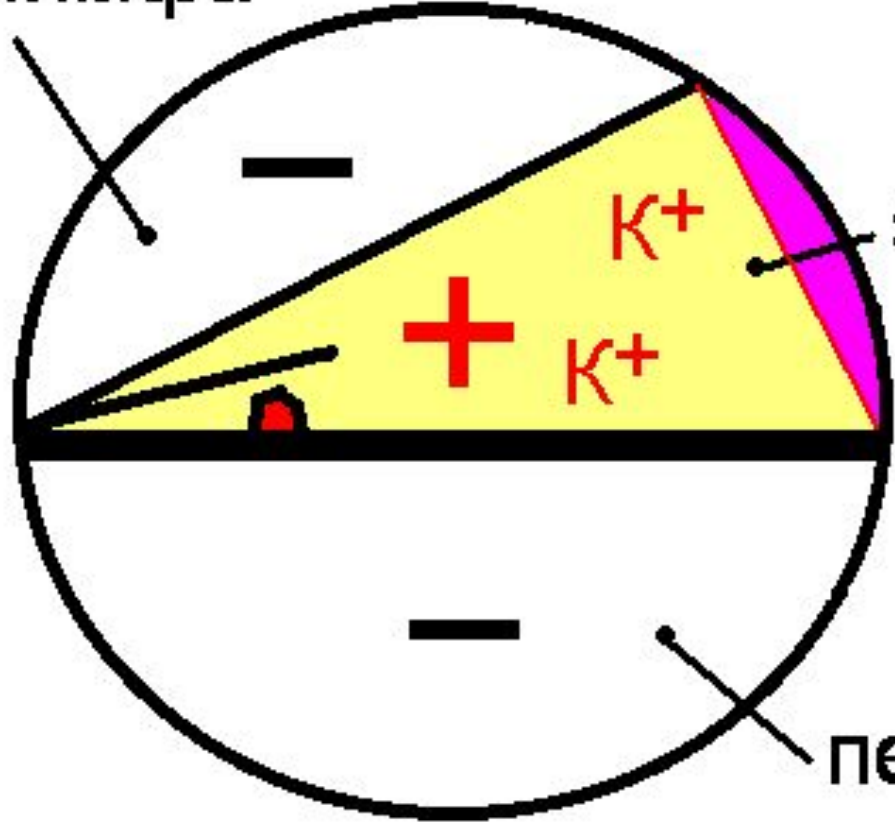
перилимфа



эндолимфа

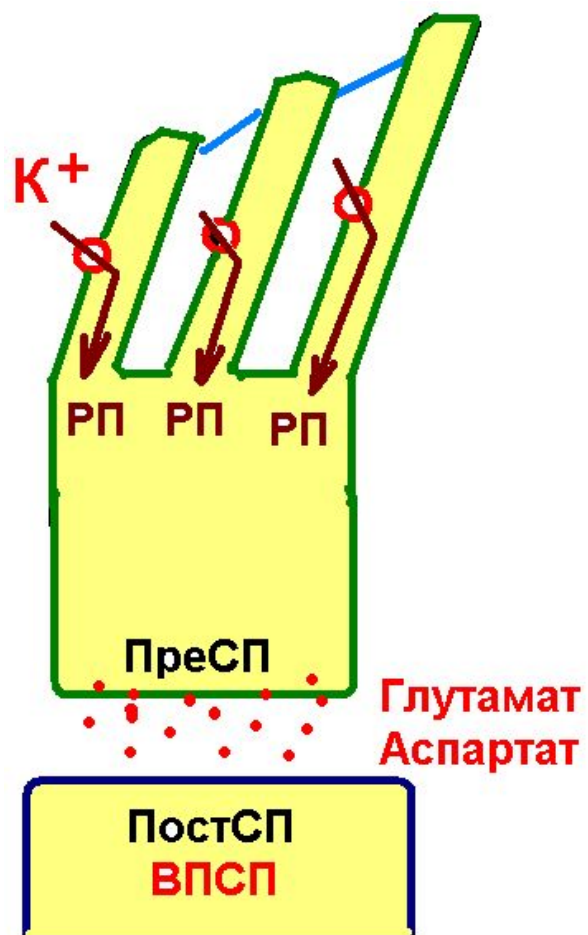
перилимфа

перилимфа



эндолимфа

перилимфа



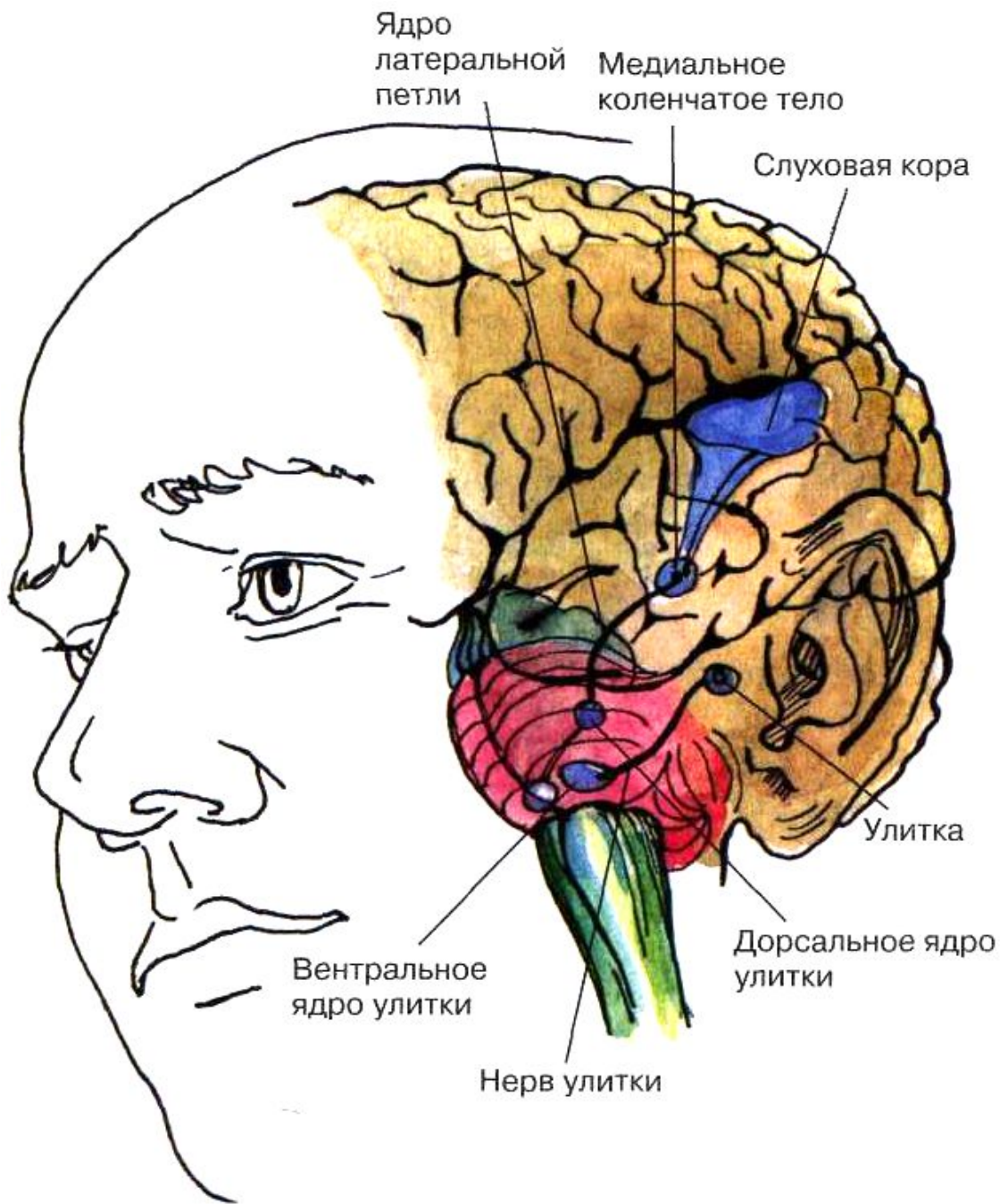
# Вопрос 7



## **Центральные слуховые пути**

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





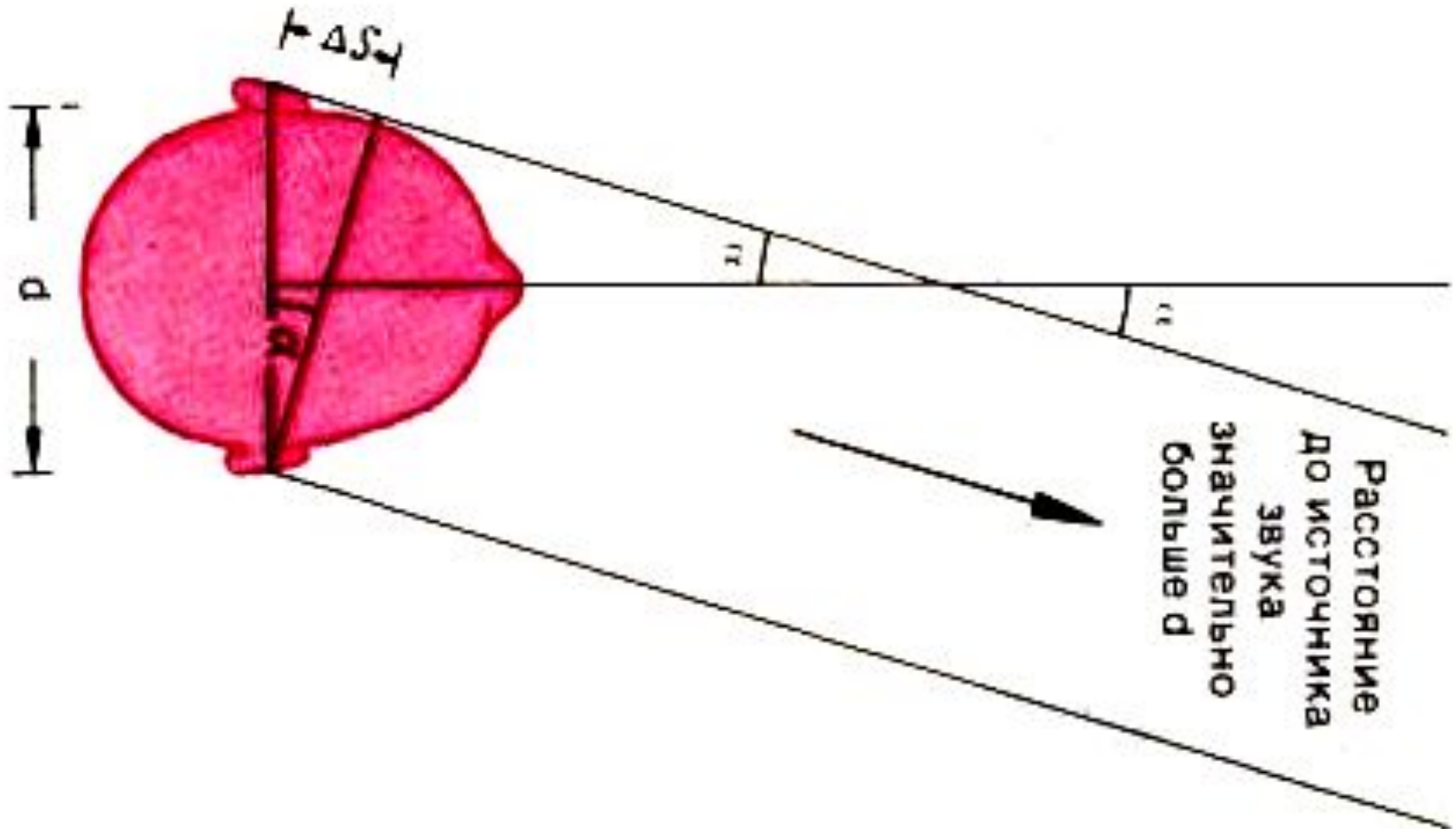
# Вопрос 8



- **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**

