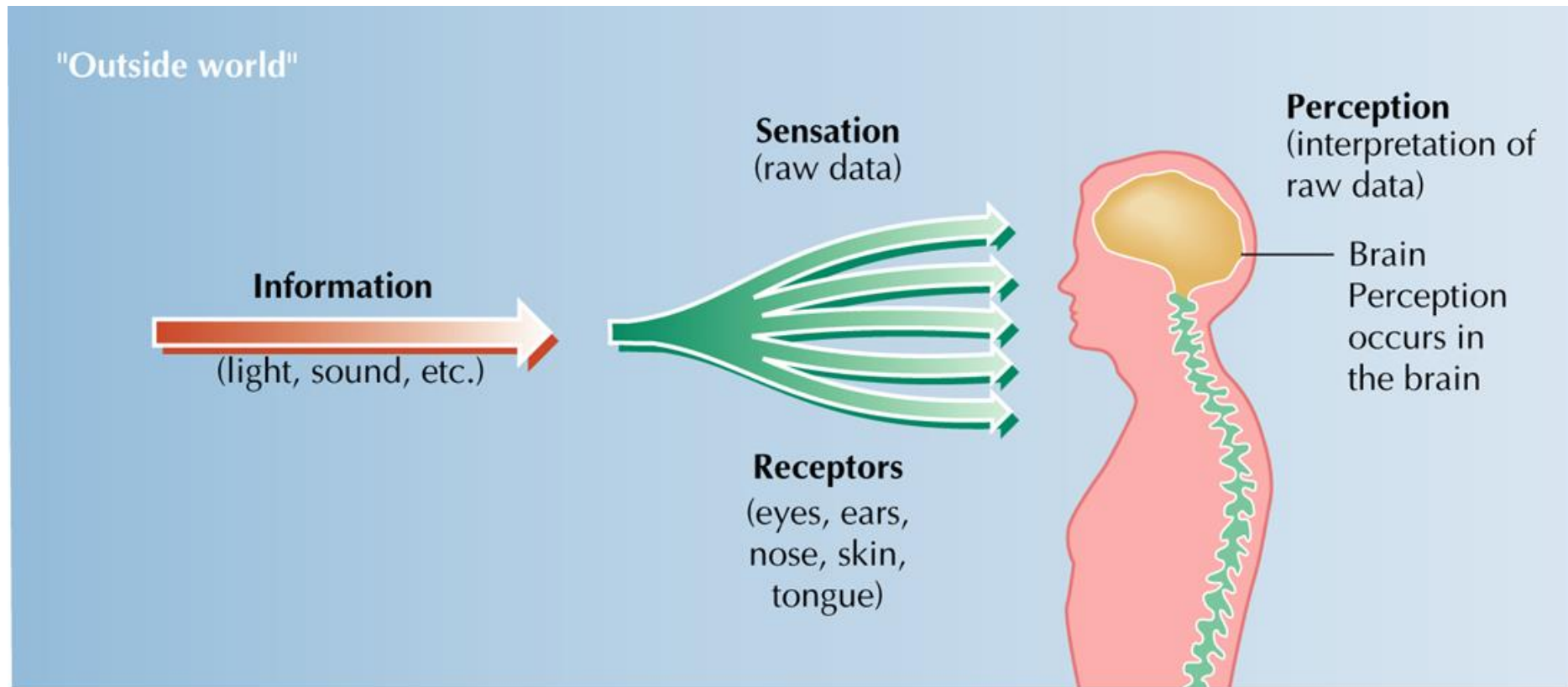


# *İşitme duyusu ile ilgili biyofizik olaylar*

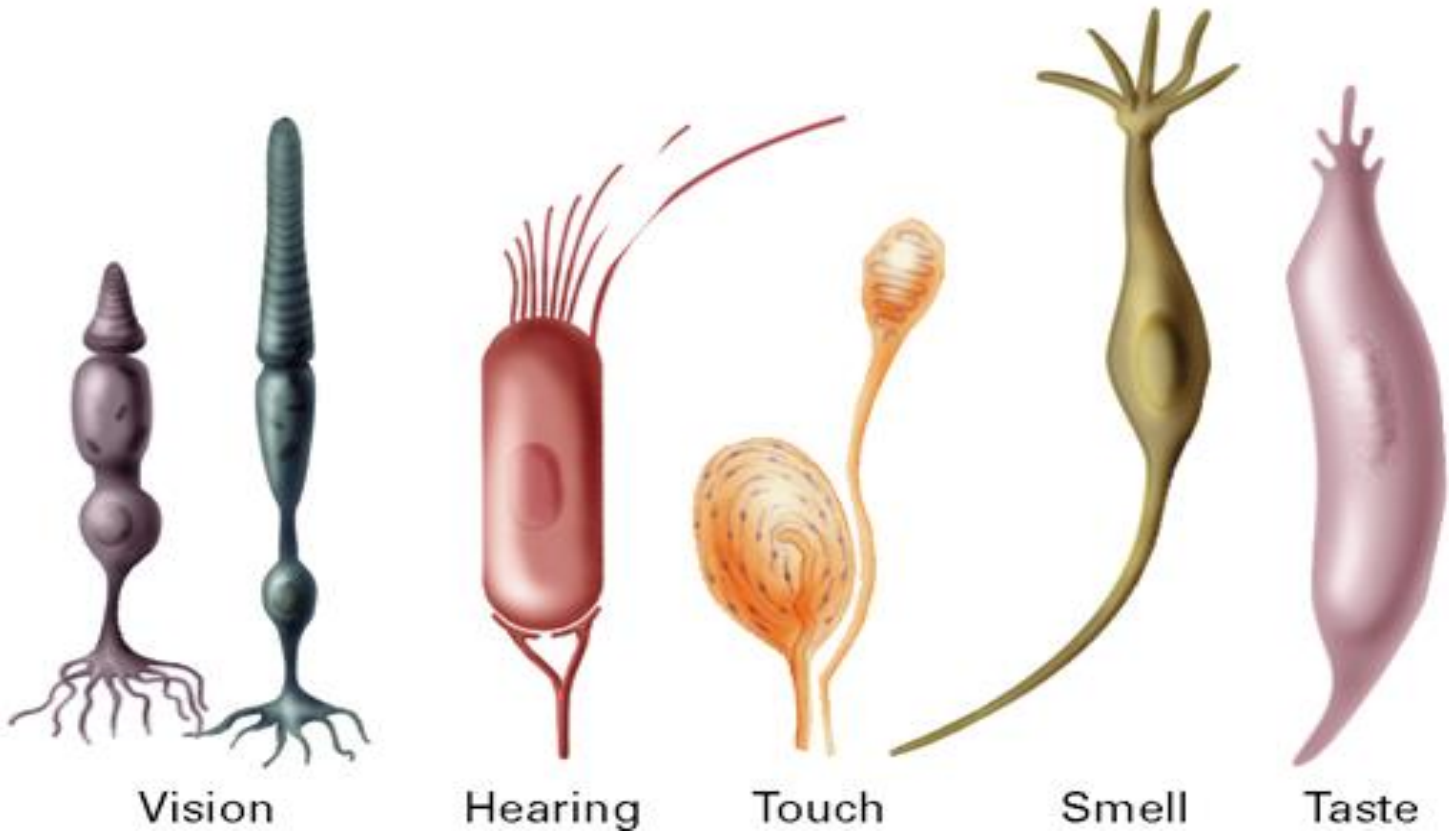
**Dr. Araş .Gör. Yusuf OLGAR**

**Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Biyofizik Anabilim Dalı**

# *İşitme duyusu ile ilgili biyofizik olaylar*

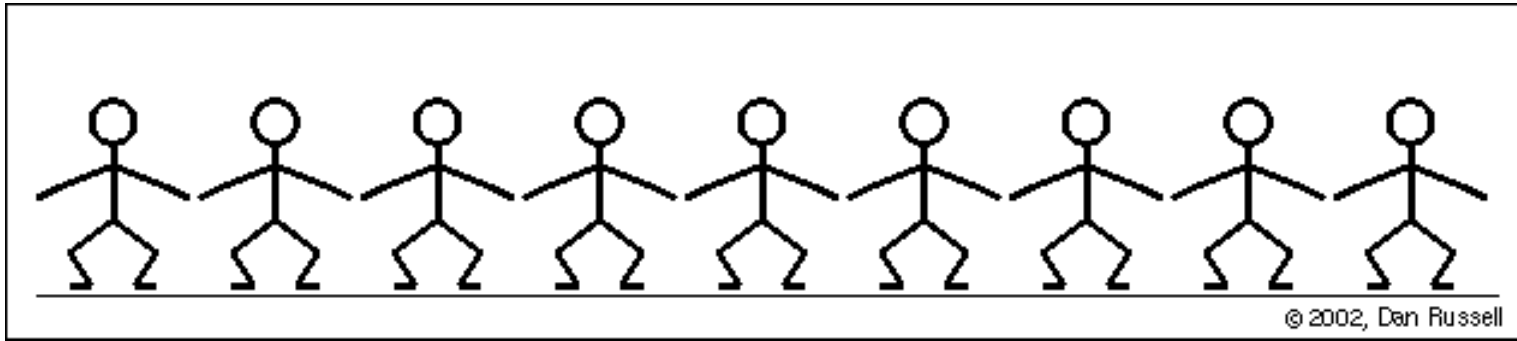


# 5 Duyu reseptörleri



# Ses ve işitme


- İşitme duyusu, ses olarak adlandırdığımız maddesel titreşim dalgalarının insan ve hayvanlarda özelleşmiş bazı reseptörlerce detekte edilmesine dayalıdır.
- İnsanın, frekans bakımından işitme aralığı, yaklaşık olarak 16Hz-20000Hz aralığındadır. 16Hz den düşük olan sesler infrases, 20000Hz den yüksek olan sesler ultrases olarak adlandırılır.



# SESİN DUYUSAL ÖZELLİKLERİ

1. SESİN TONU (ince, kalın)
2. SESİN DUYUSAL ŞİDDETİ VEYA GÜRLÜĞÜ (alçak, yüksek)
3. SESİN NİTELİĞİ (kalitesi, tınısı)

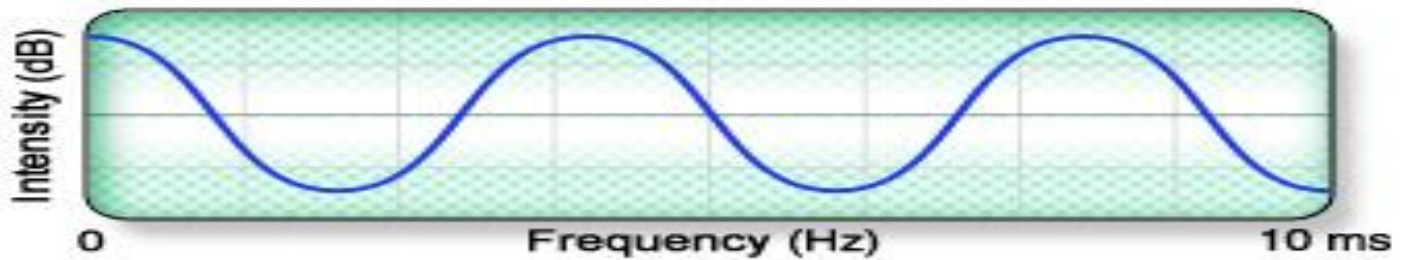
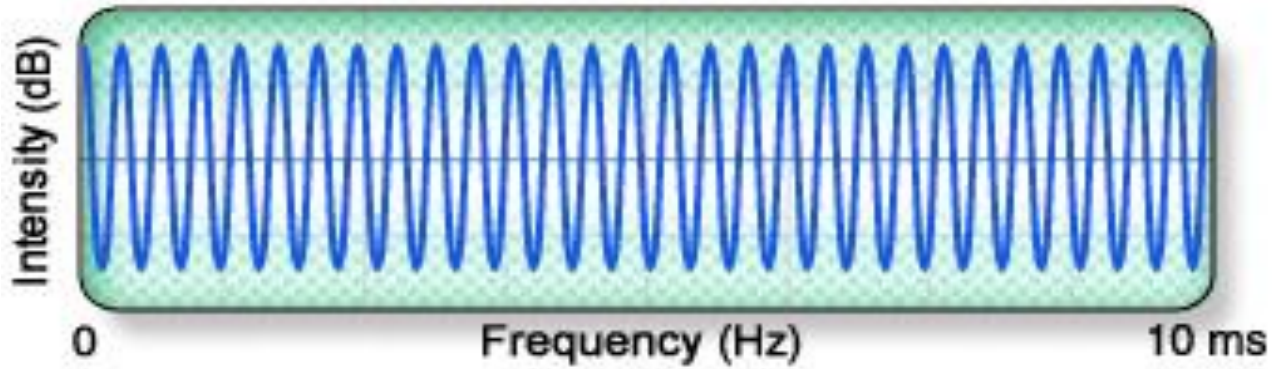
# SESİN TONU

- Değişik tonlar (frekanslar) sesin alt modaliteleridir.
- Frekans (Hz): 1 sn'deki titreşim sayısıdır.
- Frekans  ses tizleşir.
- Konuşma esnasında;

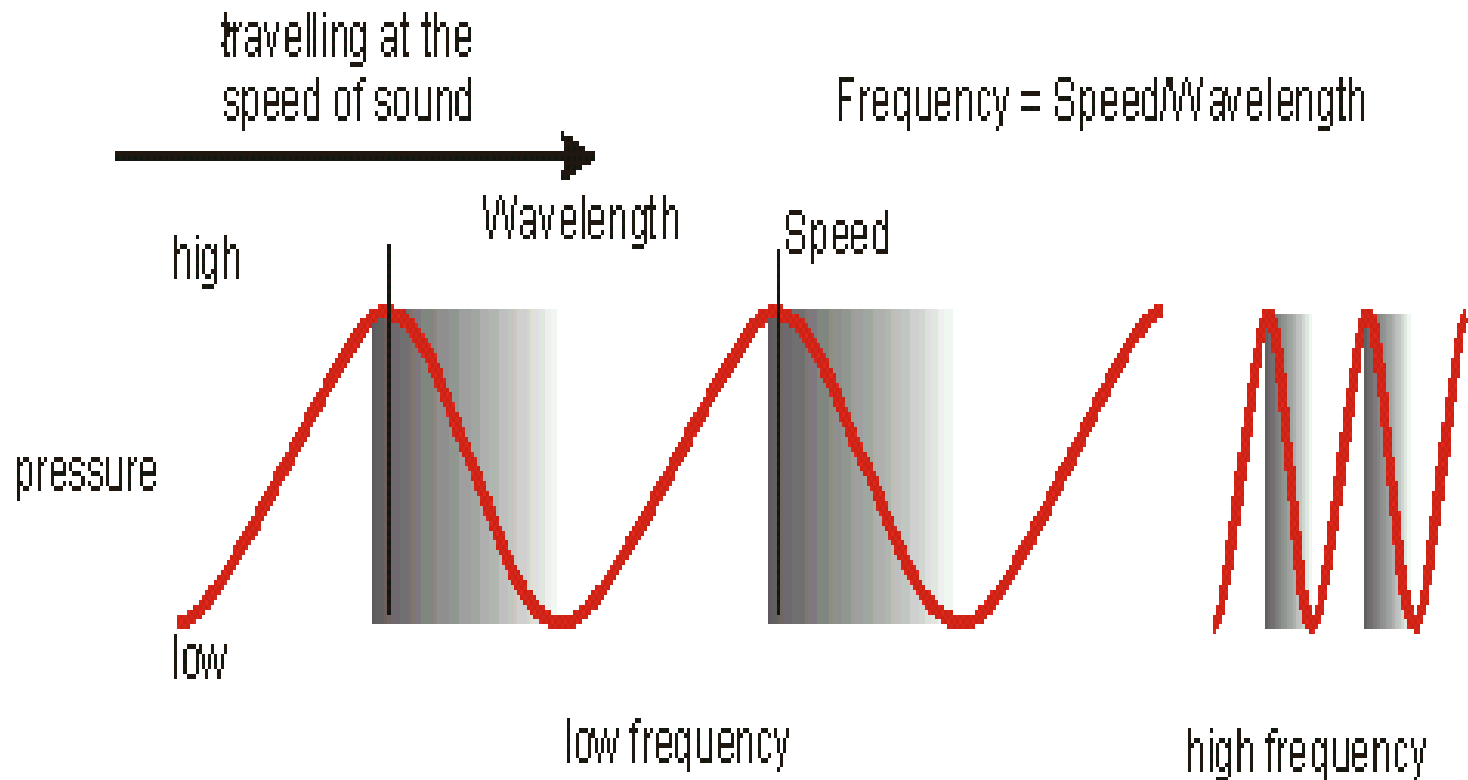
Erkek sesinin frekansı: 120 Hz

Kadın sesinin frekansı: 250 Hz

# TİZ (ince)



# PES (kalın)



**DALGA BOYU ARTTIKÇA FREKANS AZALİYOR.**



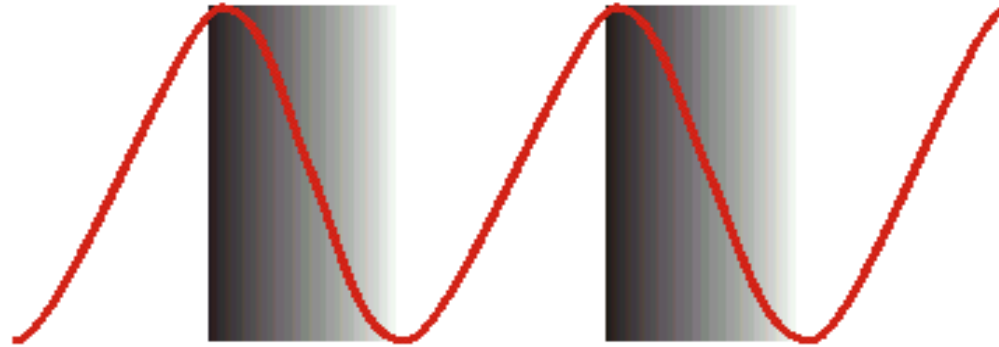
# **SESİN DUYUSAL ŞİDDETİ VEYA GÜRLÜĞÜ** **(algılama ile ilgili )**

- **Bir sesin yüksekliğini belirleyen başlıca etken sesin basıncıdır.**
- **Bir diğer etkende şiddetidir.**
- **Sesin şiddeti, birim zamanda birim alandan geçen enerjidir**

soft sound



loud sound



**Sesin genliği:** Ses dalgasının yüksekliği veya amplitüdü olarak ifade edilir.

Genlik

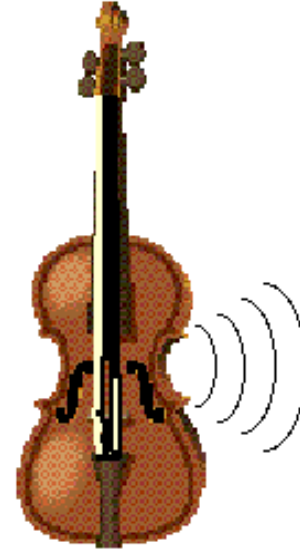


ses gürleşir.

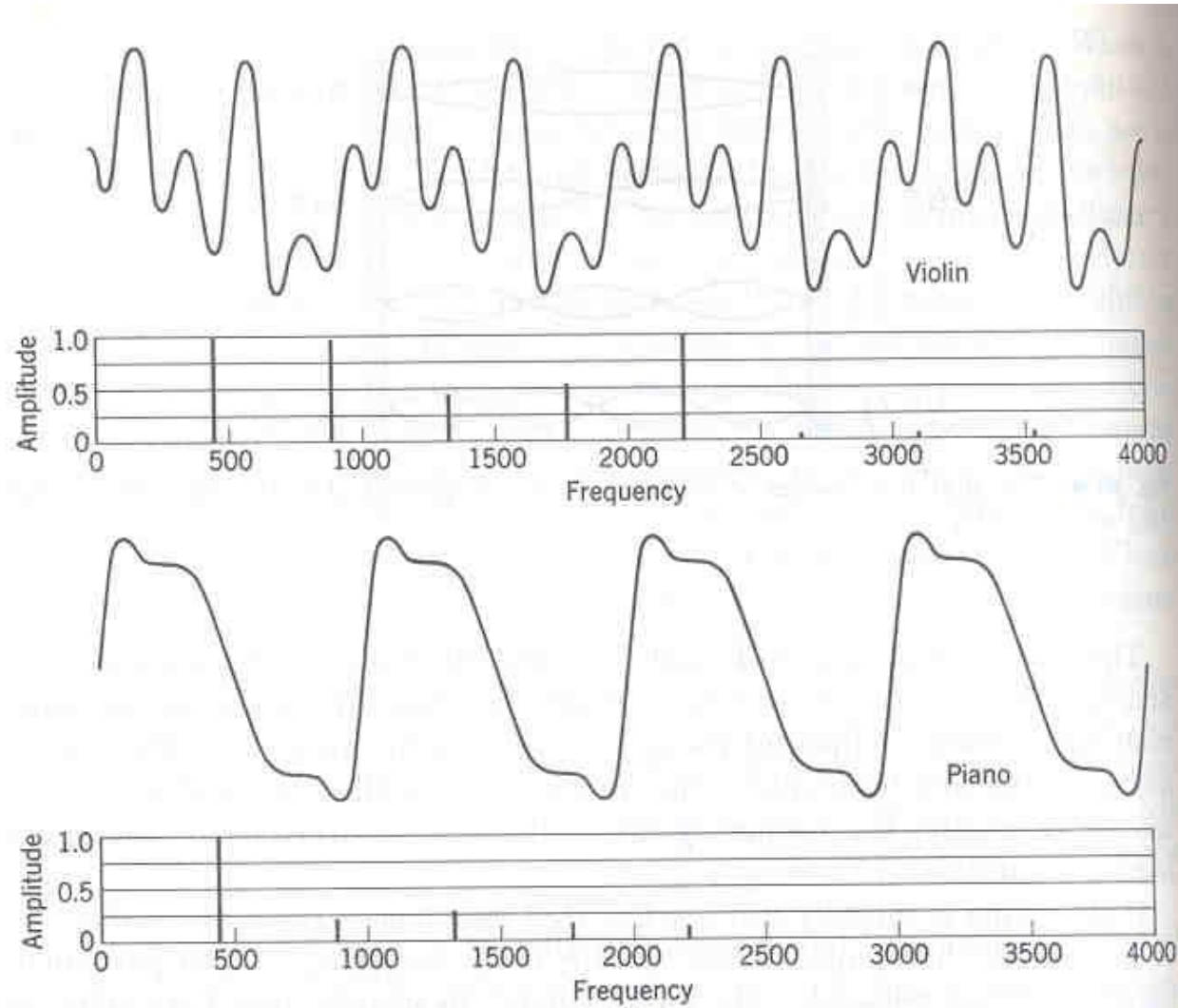
# SESİN TINİSİ

- İki sesin şiddetleri ve temel frekansları aynı olduğu halde içerdikleri harmoniklerin sayısı ve bağıl genlikleri farklı olduğunda ayırt edebiliyoruz. Buna sesin tınısı denir.

- Farklı mzık aletleri ile oluşturulan aynı frekans ve genlikteki sesin aynı olmadığı bilinmektedir.



İki farklı müzik aletinde çalınan notayı göstermektedir.

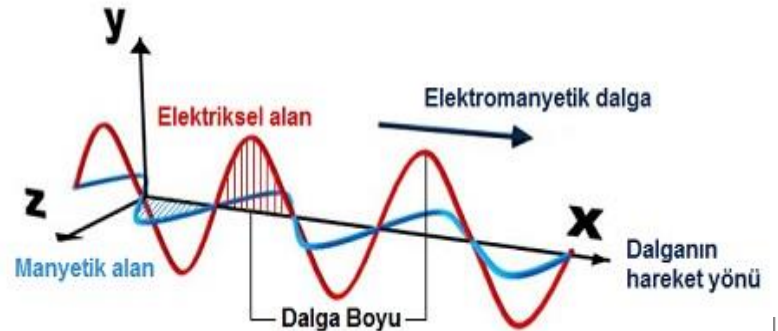


**Viyolin**

**Piyano**

# Dalga nedir?

- Enerjinin madde aktarımı olmaksızın geniş bir alanda yayılması **Dalga** olarak adlandırılır. Dalgalar **titreşim doğrultusuna ve taşıdığı enerjiye göre** aşağıdaki şekilde sınıflandırılır.
- Dalgalar taşıdıkları enerjiye göre iki çeşittir.
  - 1) Mekanik dalgalar (Yayılmaları için ortam gerekli)
    - Ses, su ve deprem dalgaları gibi
  - 2) Elektromagnetik dalgalar ( Yayılmaları için ortam gerekmez)
    - yüklü parçacıklar tarafından, elektrik ve manyetik alanların periyodik titreşimlerinden meydana gelirler. Mikrodalga, X ışınları, ışık

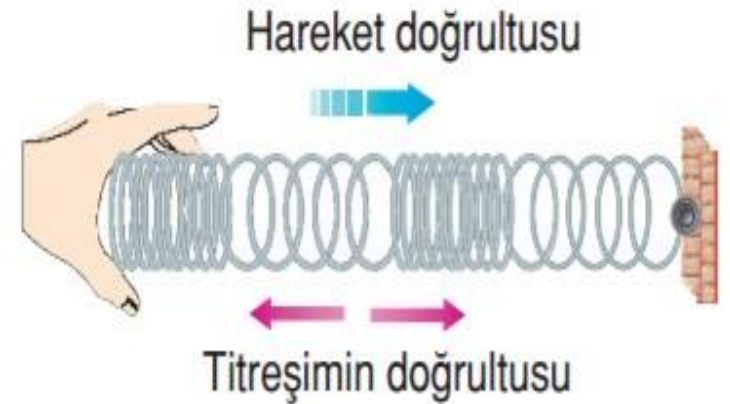
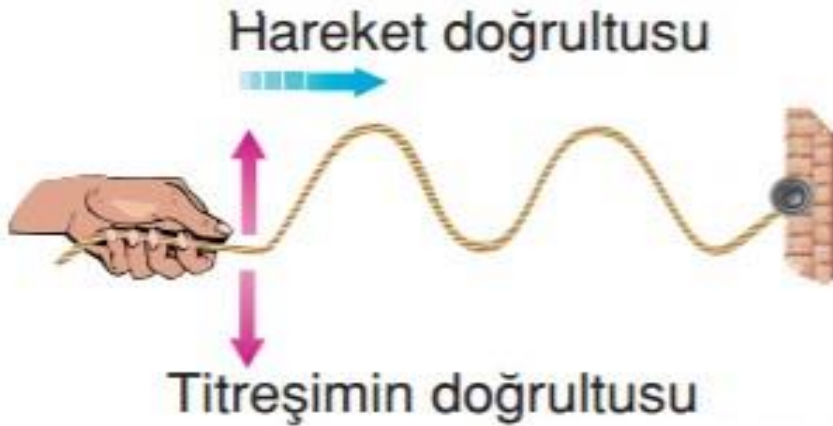


# Dalga nedir?

**Enine dalgalar:** Titreşim doğrultusu yayılma doğrultusuna dik olan dalgalara enine dalgalar denir. Deprem dalgaları, Su dalgaları, elektromagnetik dalgalar gibi

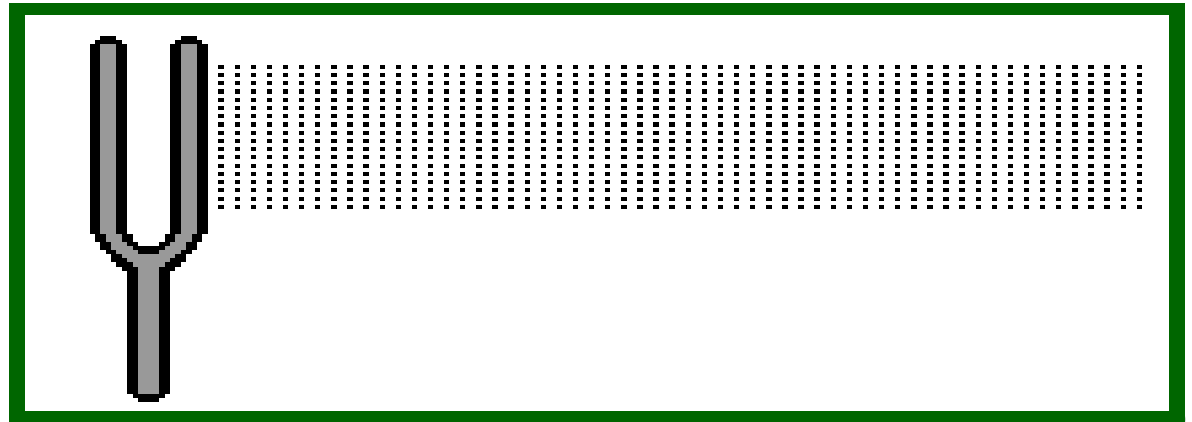
**Boyuna dalgalar:** Titreşim doğrultusu yayılma doğrultusuna paralel olan bu dalgalara da boyuna dalgalar denir. Ses dalgaları gibi..

Deprem, Yay ve Su dalgaları hem enine dalga hem de boyuna dalga sınıfına girer.



# SES DALGALARI

- **Mekanik dalgalardır.**
- **Mekanik dalgalar boşlukta yayılamaz.**
- **Titreşim enerjisi ortam içinde yayılır.**
- **Mekanik titreşimler işitme duyusu oluşturur.**
- **Ses titreşen cisimler tarafından oluşturulur.  
(diyapazonun titreşmesi, diyaframın titreşmesi)**

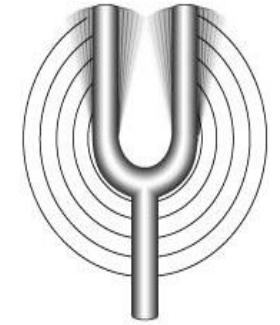
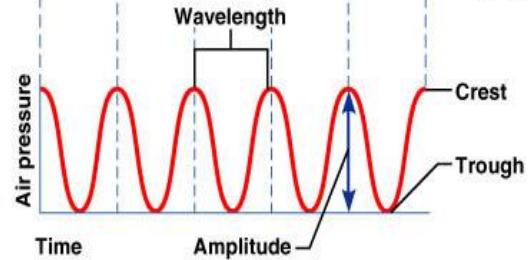
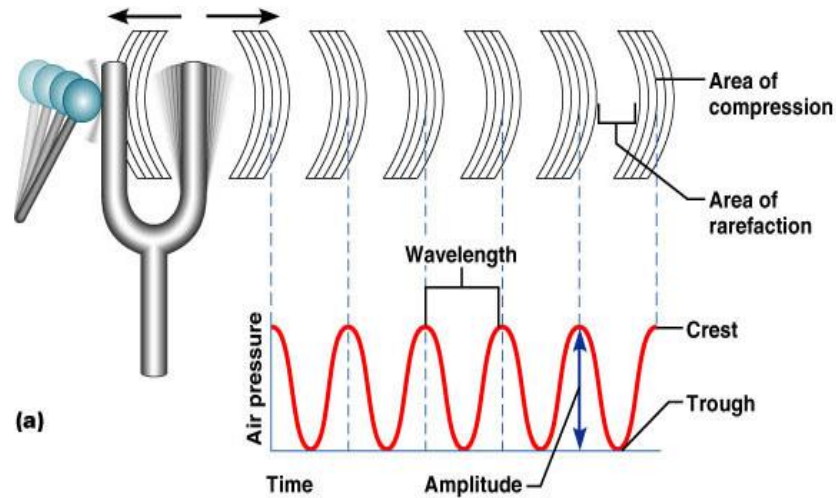
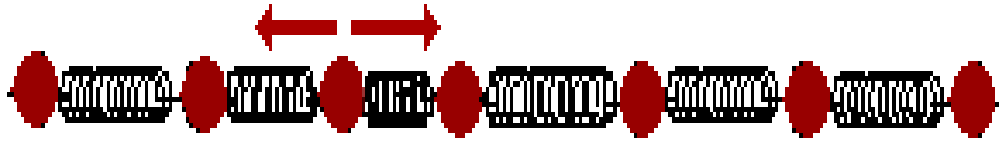




# SES DALGALARI

- Ses dalgaları boyuna dalgalardır.
- Ses havada sabit bir hızla yayılır  $V_{ses} = 340 \text{ m/s}$
- Suda veya çoğu biyolojik dokularda  $V_{ses} = 1500 \text{ m/s}$

## Titreşim doğrultusu



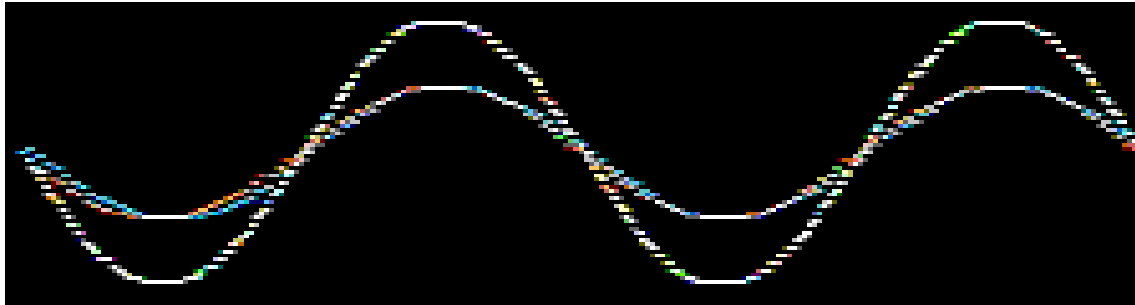
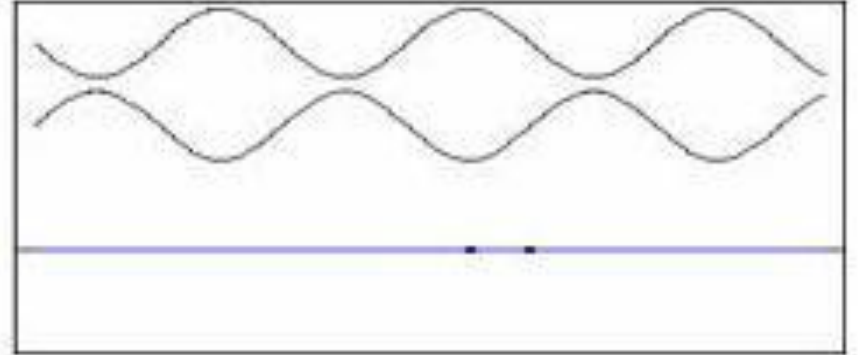
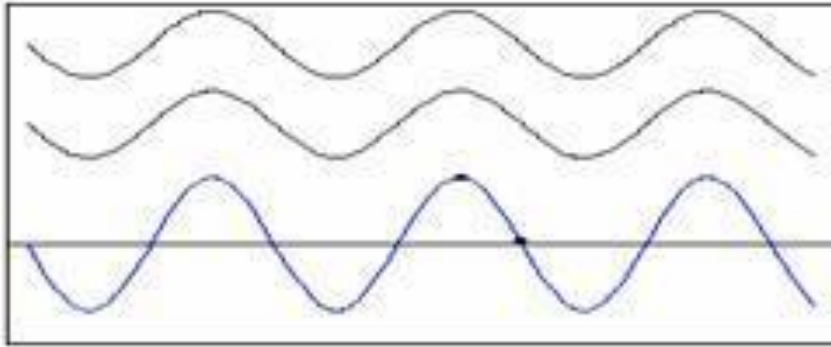
(a)

(b)

(c)

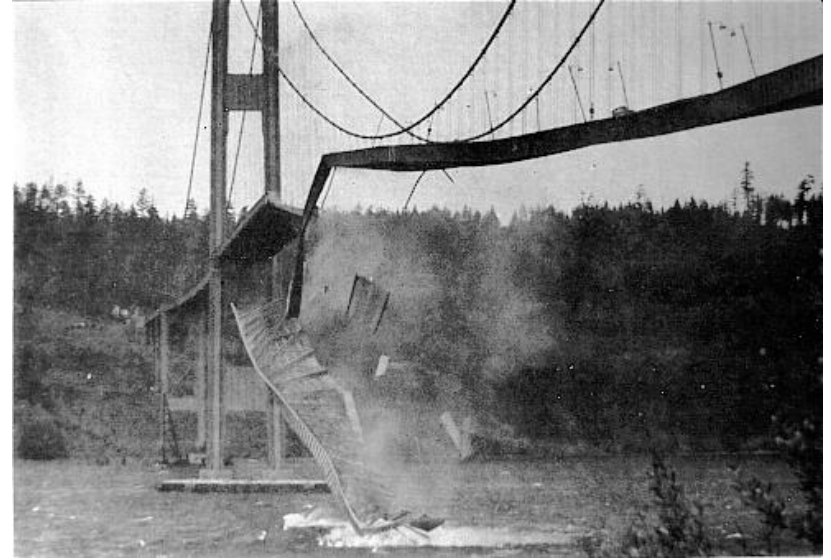
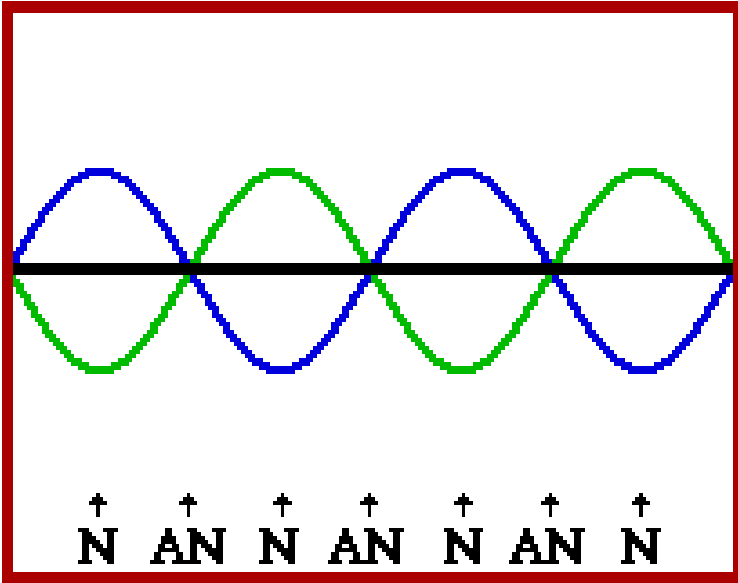
# SES DALGALARI

İki veya daha fazla dalganın süper pozisyonu sonucu Girişim ortaya çıkar.



# Rezonans

Salınım yapan bir sistemin doğal frekansı ile aynı frekansta kuvvet uygulanarak salınımın genliğinin artması olayına **rezonans** denir.

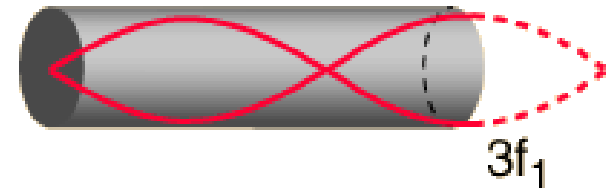
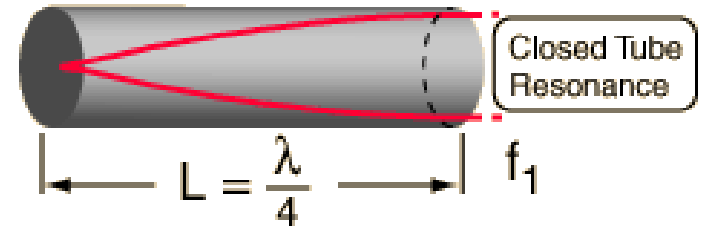
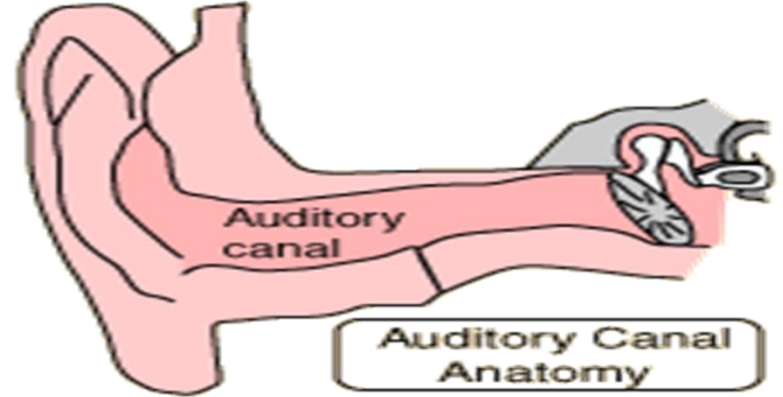


# Dış kulakta Rezonans

İnsan dış kulak kanalı, 0,5cm çaplı, 2.7 cm uzunluklu, bir ucu kapalı silindirik bir boruya benzetilebilir.

İşitme eşiğinin 1-4 kHz arasında minimumdan (duyarlılığımızın ise maksimumdan ) geçmesi bu rezonans olayı ile açıklanır.

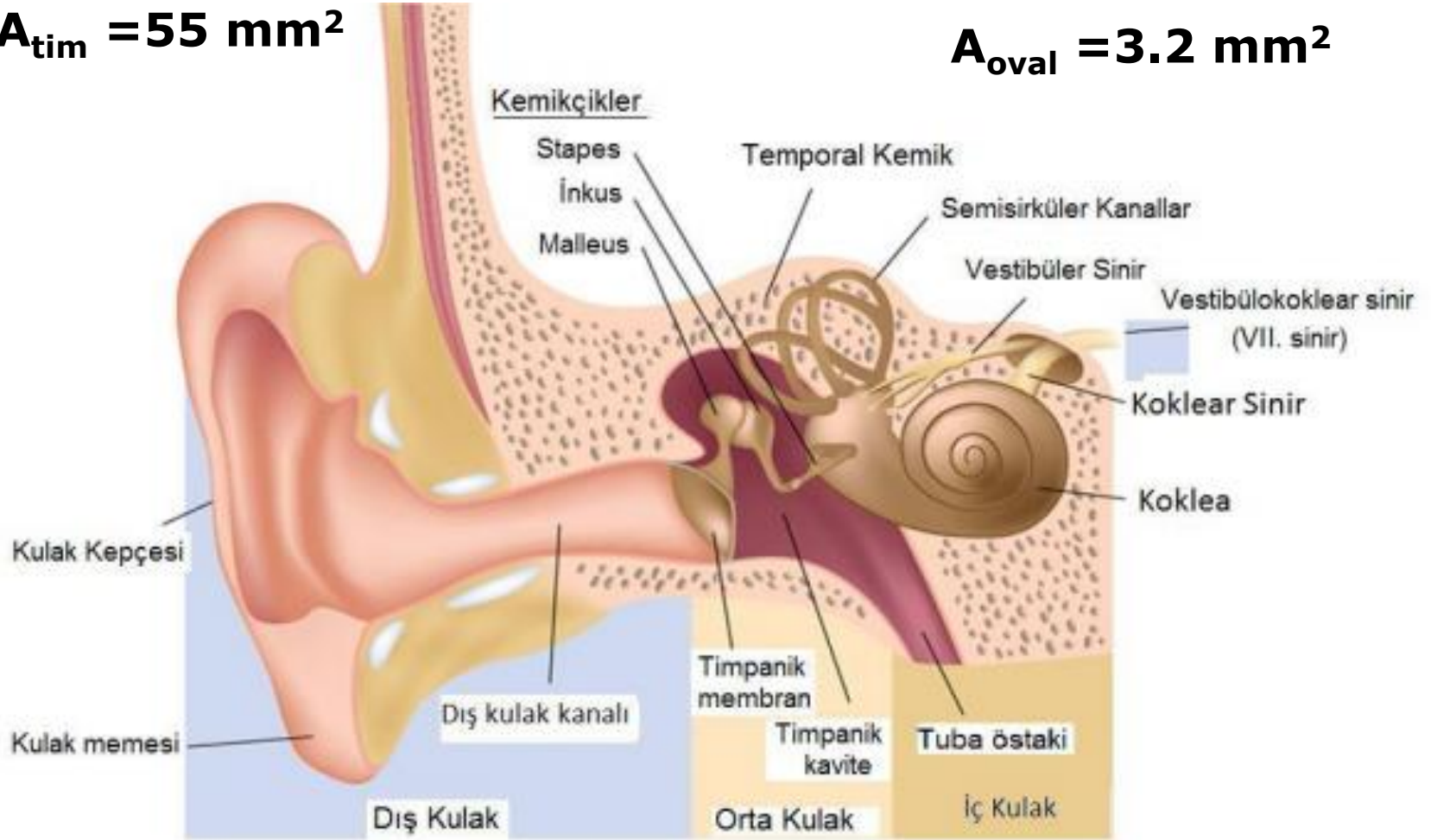
**Kulağın bazı frekanslara neden daha duyarlı olduğunu açıklar.**

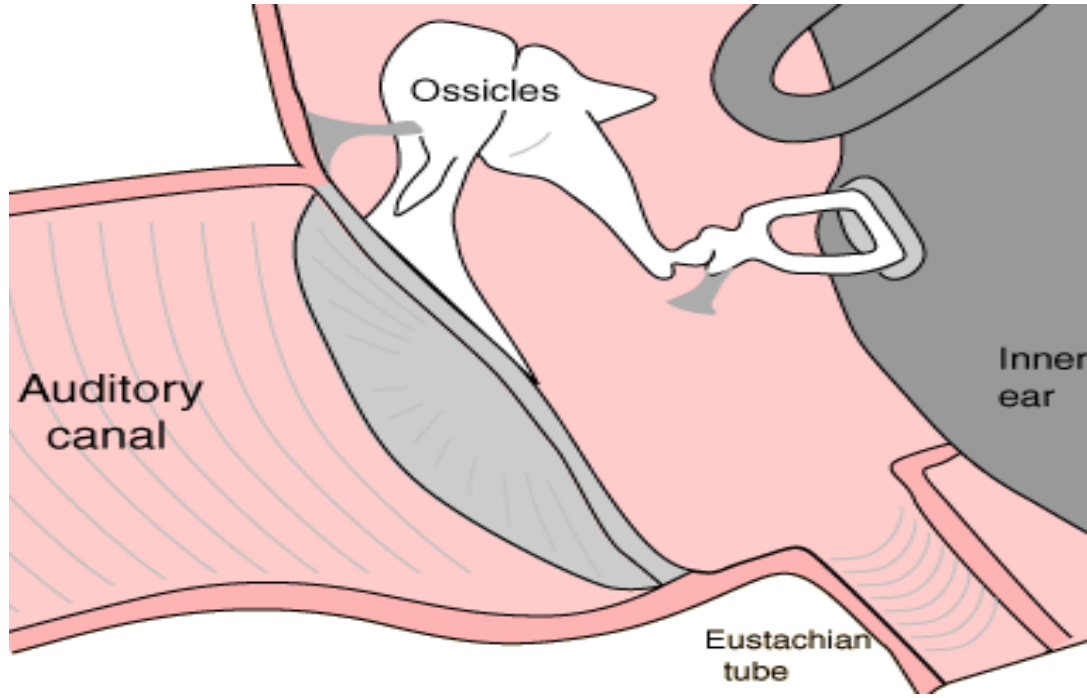


# Orta kulağın yapısı

$$A_{\text{tim}} = 55 \text{ mm}^2$$

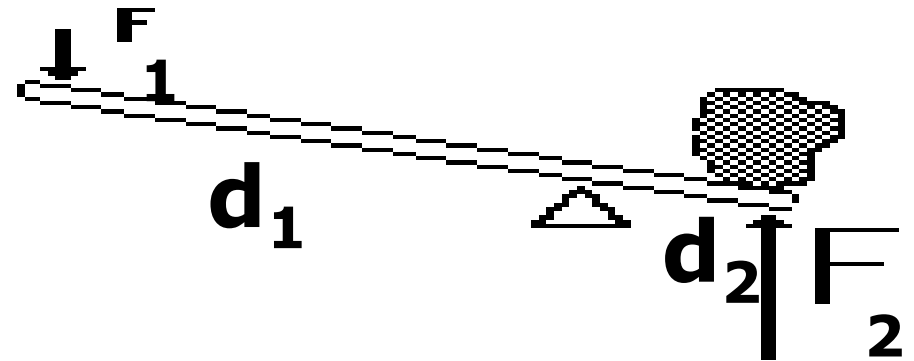
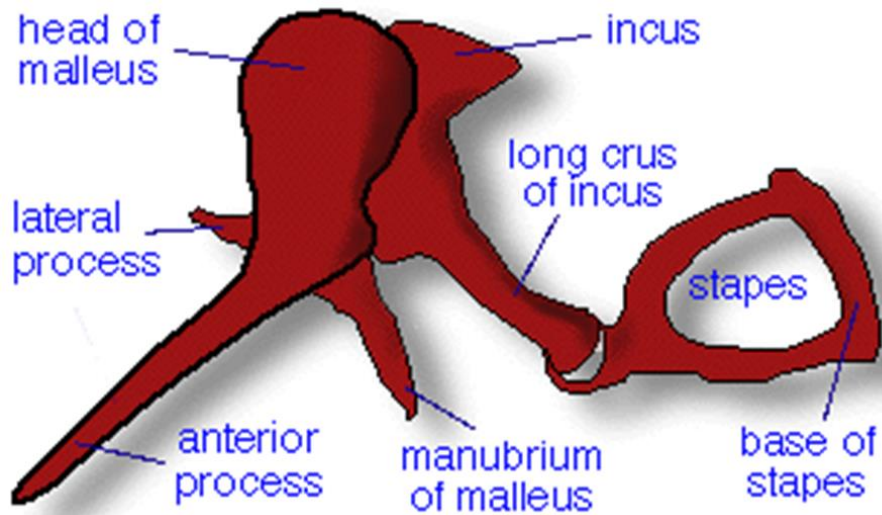
$$A_{\text{oval}} = 3.2 \text{ mm}^2$$





- Orta kulağın temel işlevi, hava ortamı ile iç kulak arasındaki uyumu sağlamaktır.
- Orta kulakta, sese karşılık basınç dalgaları bir miktar amplifiye edilir.
- Ligament ve kaslar sayesinde, orta kulak kemikleri sıkıca temporal kemiğe tutunur.
- Orta kulak kemikleri timpanik membran ve oval pencere arasında bir köprü görevi görür.

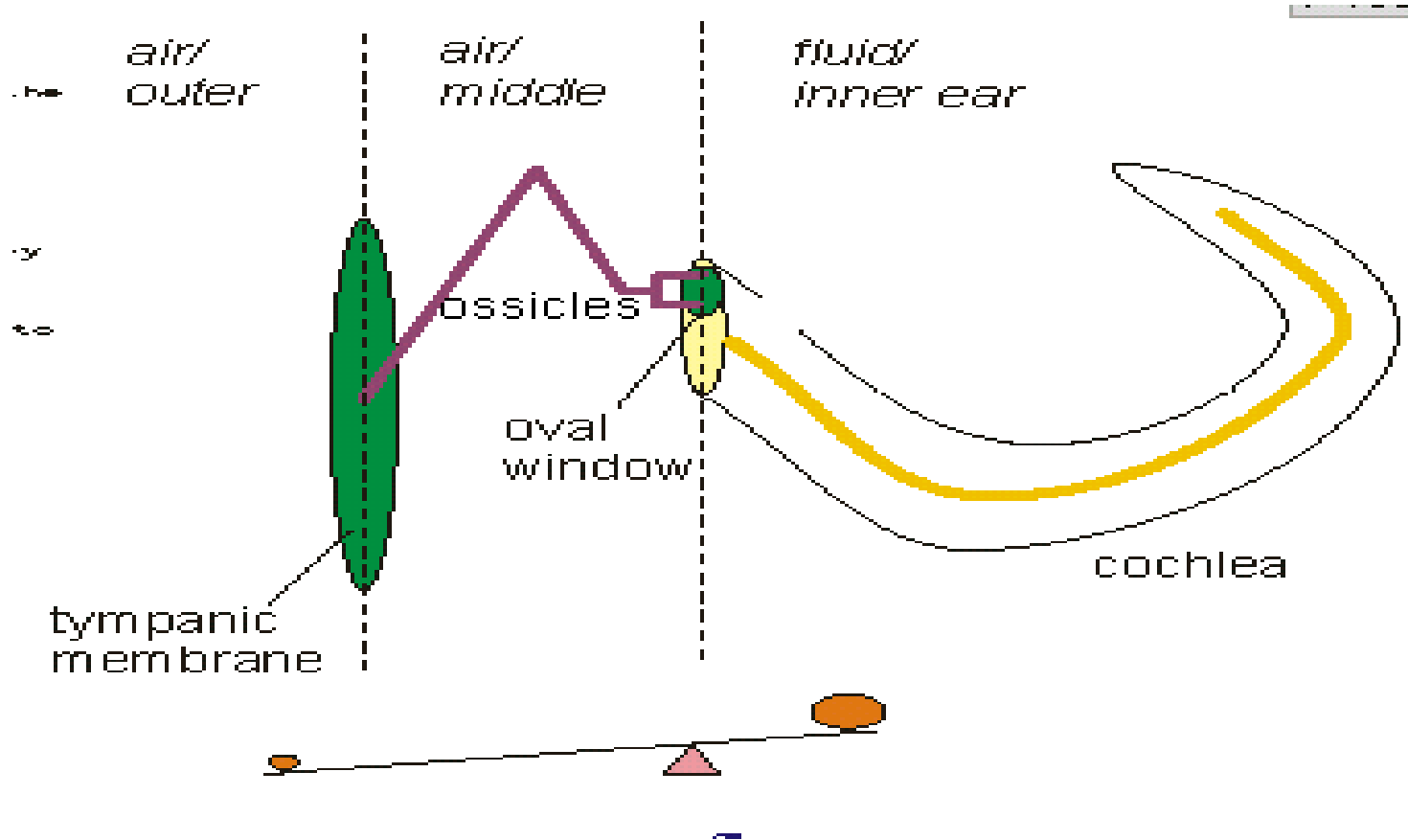
# ORTA KULAKTA AMPLIFIKASYON



$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

# ORTA KULAKTA AMPLIFIKASYON

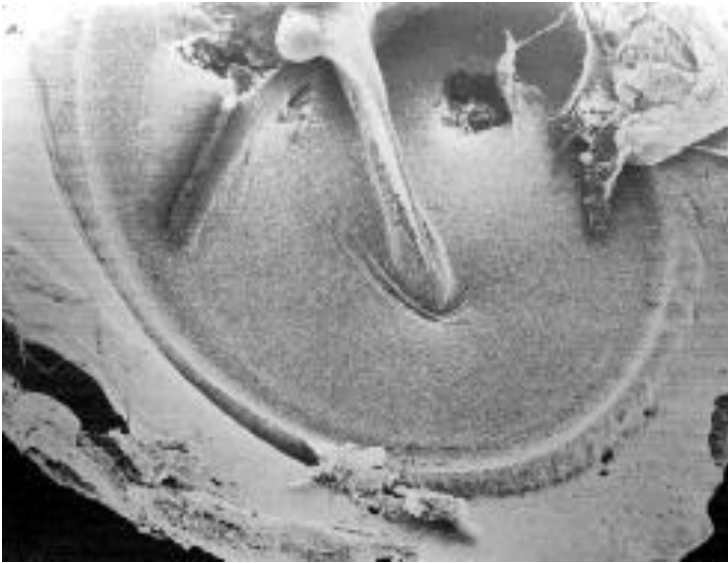
- Katılar genel olarak kuvveti, akışkanlar ise basıncı olduğu gibi iletirler.



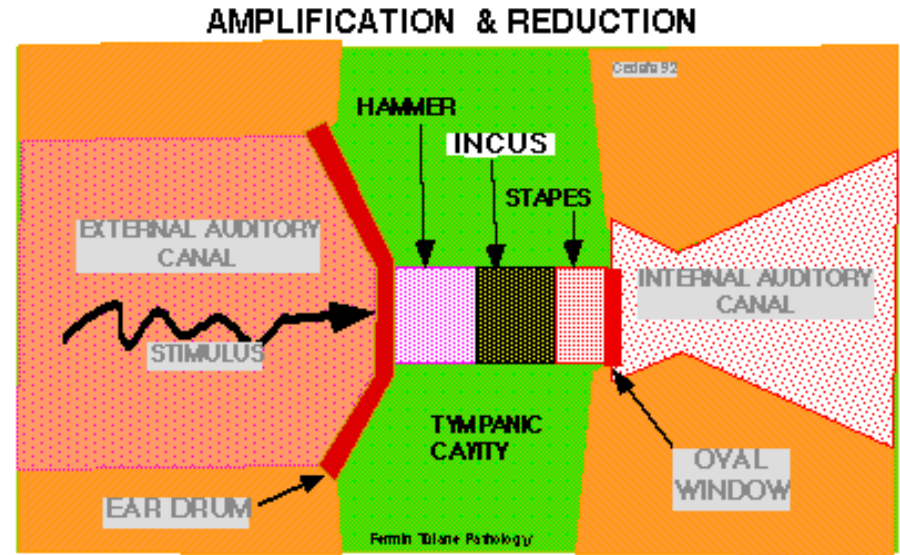


# ORTA KULAKTA AMPLIFİKASYON

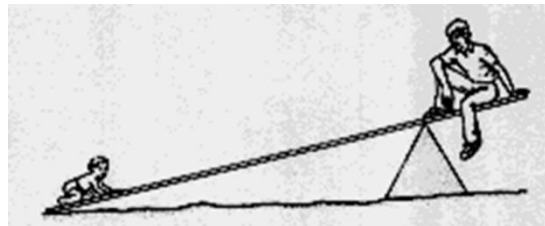
- ORTA KULAKTA AMPLIFİKASYON
- Yapılan hesaplamalara göre, orta kulak kemikçiklerinin kaldıraçsal kazancı **1.3** dolaylarındadır



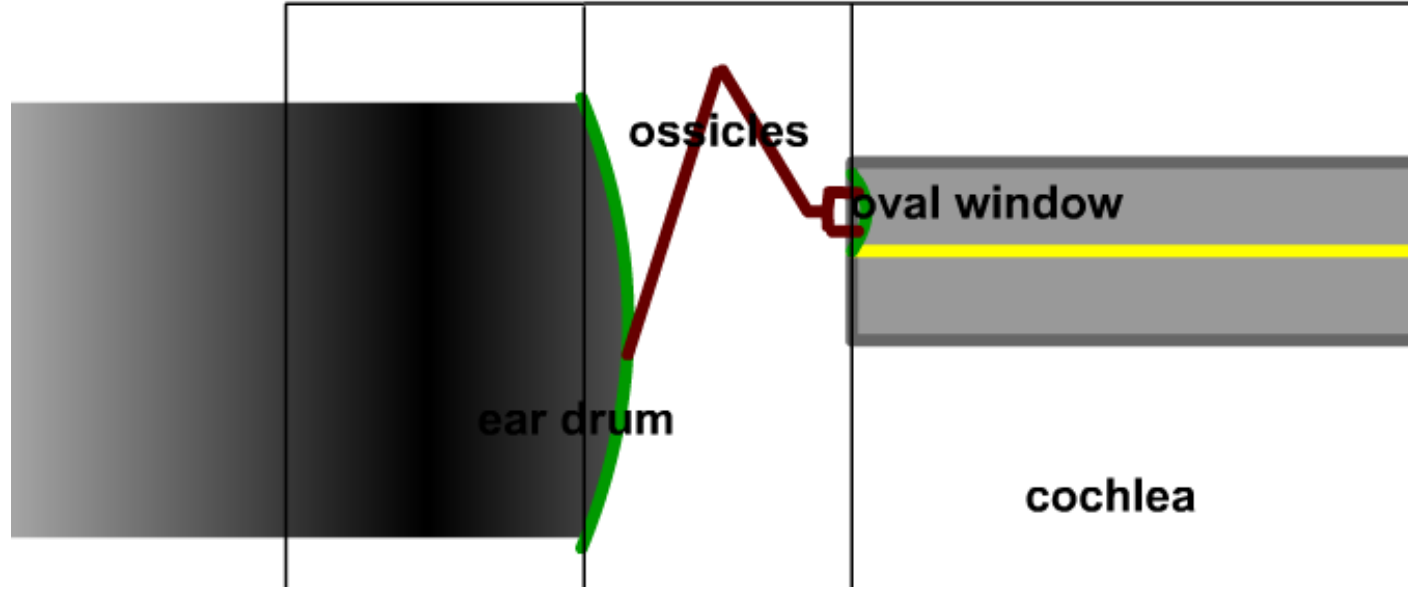
Timpan zarın yüzeyi  $64 \text{ mm}^2$  , malleusa temas eden kısmı  $55 \text{ mm}^2$



Timpan zar oval pencereden 15-30 kez daha büyüktür. Çünkü oval pencerenin yüzeyi  $3.2 \text{ mm}^2$  Kazanç: **17 kat**



# ORTA KULAKTA AMPLIFIKASYON

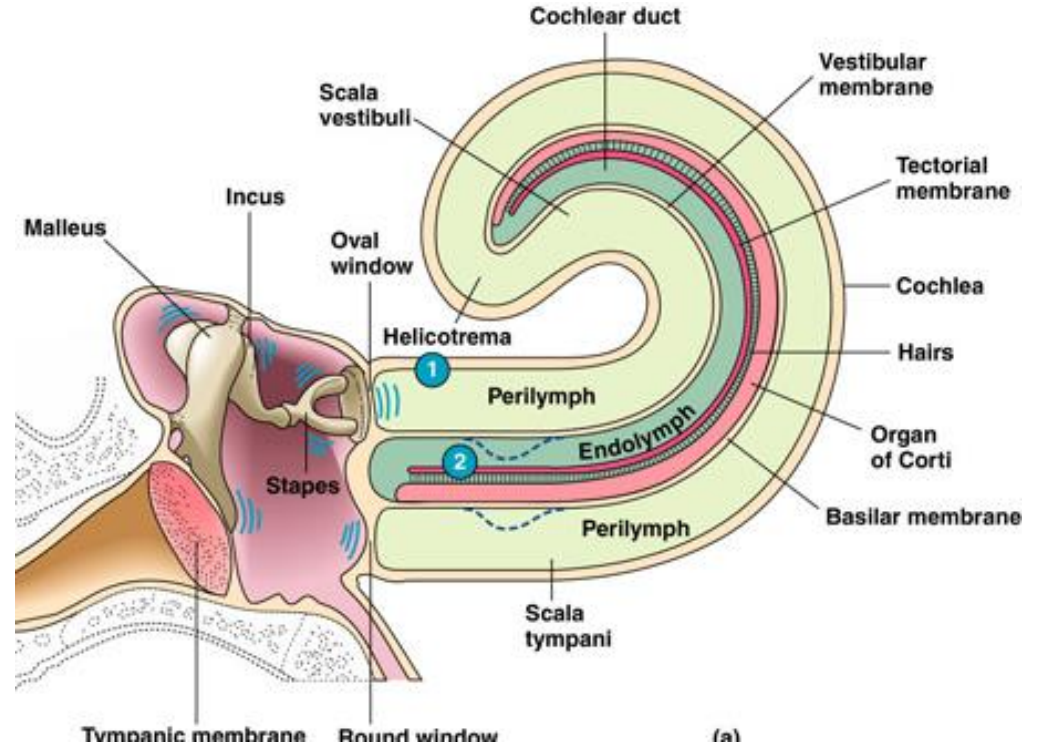


Timpan zarın yüzeyi  $64 \text{ mm}^2$  ,  
malleusa temas eden kısmı  $55 \text{ mm}^2$

Timpan zar oval pencereden 15-30  
kez daha büyüktür. Çünkü oval  
pencerenin yüzeyi  $3.2 \text{ mm}^2$   
Kazanç: **17 kat**

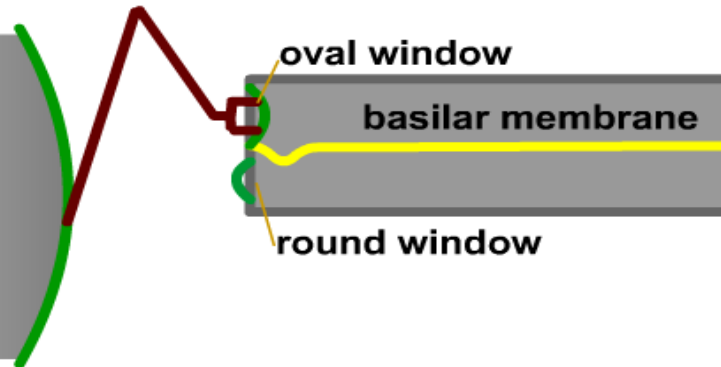
# İç kulak

- İÇ KULAK
- İç kulak mekanik enerjinin elektriksel enerjiye dönüştüğü yerdir.
- Çevrimin asıl gerçekleştiği yer kokleadır.

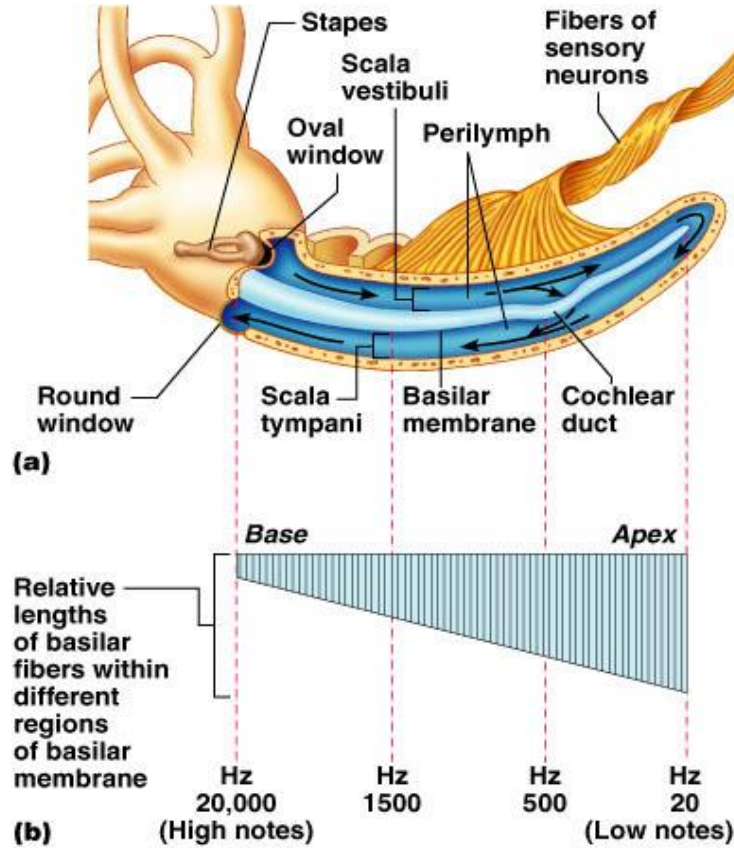


When the oval window is pressed in, some portion of the pliable basilar membrane also bulges.

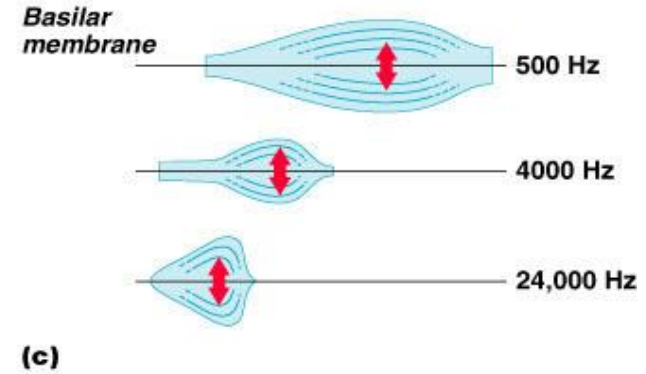
This in turn produces a bulge in the round window into the middle ear.



# İç kulak



Yüksek frekans: **Başlangıç**  
Düşük frekans: **Apex**

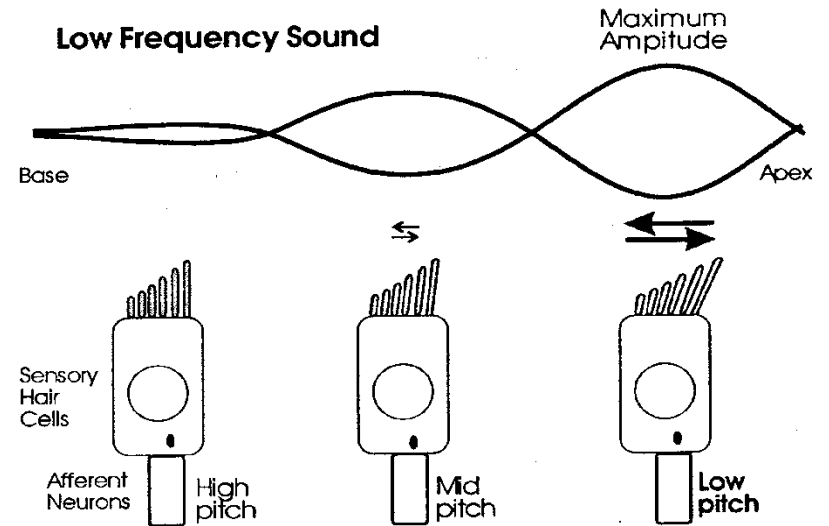
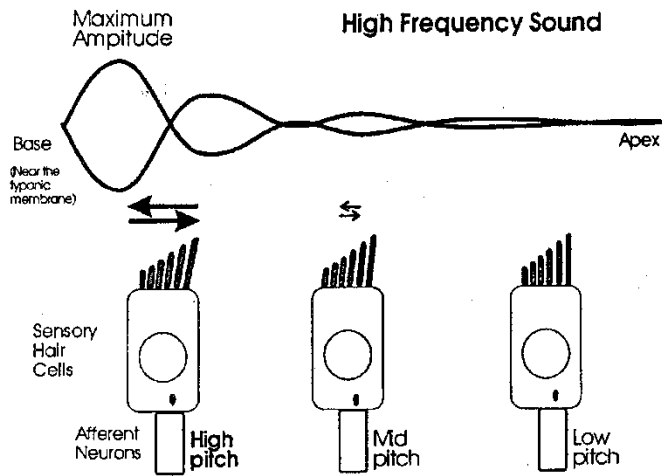
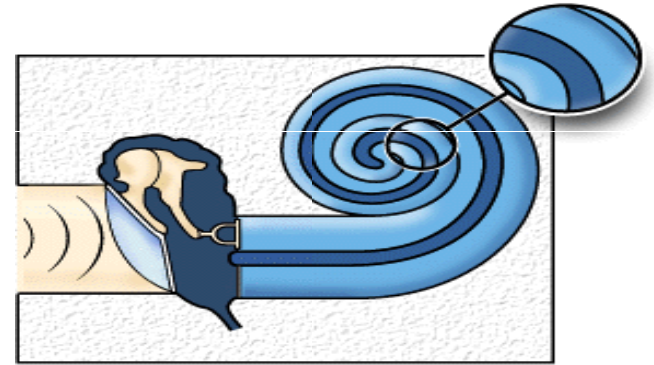
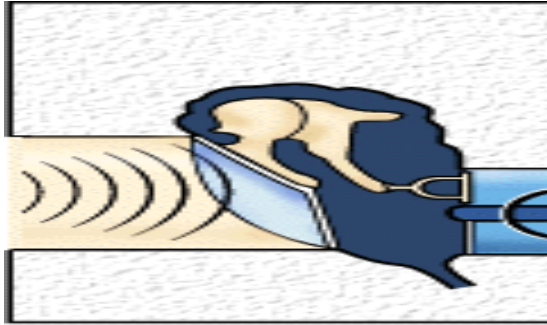


- İÇ KULAK
- Basiler zar, kokleanın tabanına doğru **sert ve kısa** liflerden oluşmuşken, apekse doğru gidildikçe lifleri derece derece **uzayarak çapları küçülmektedir.**

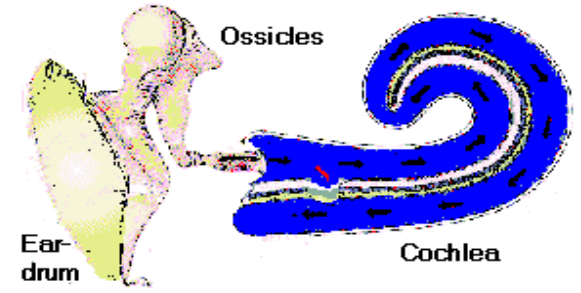
# İşitme teorileri

- Helmholtz'un rezonatör teorisi: Baziller zarın farklı kalınlık, uzunluk ve sertliğe sahip lifleri farklı frekanslardaki sesler karşısında rezonansa girer.
- Bekesy'nin bulguları: Tek bir frekanstaki ses baziller zarın geniş bir kesimini titreştirir, bu nedenle ses frekanslarının ayırımı tek başına baziller zar titreşimleri ile açıklanamaz.
- Diğer teori: Elektriksel çevirim önemlidir.

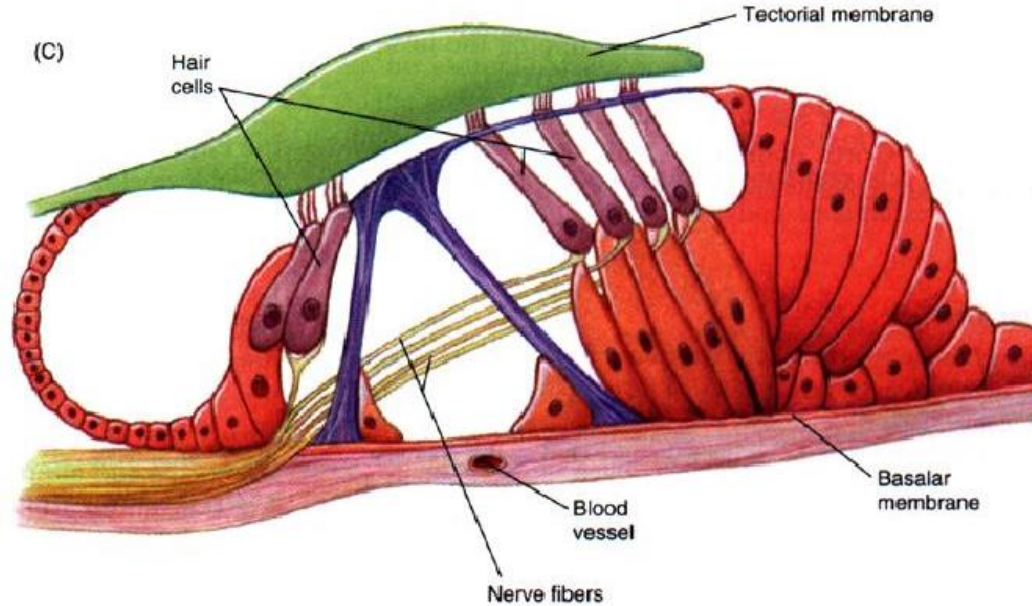
# İç kulak-Çevirim



## İç kulakta çevirim ve iç kulak potansiyelleri

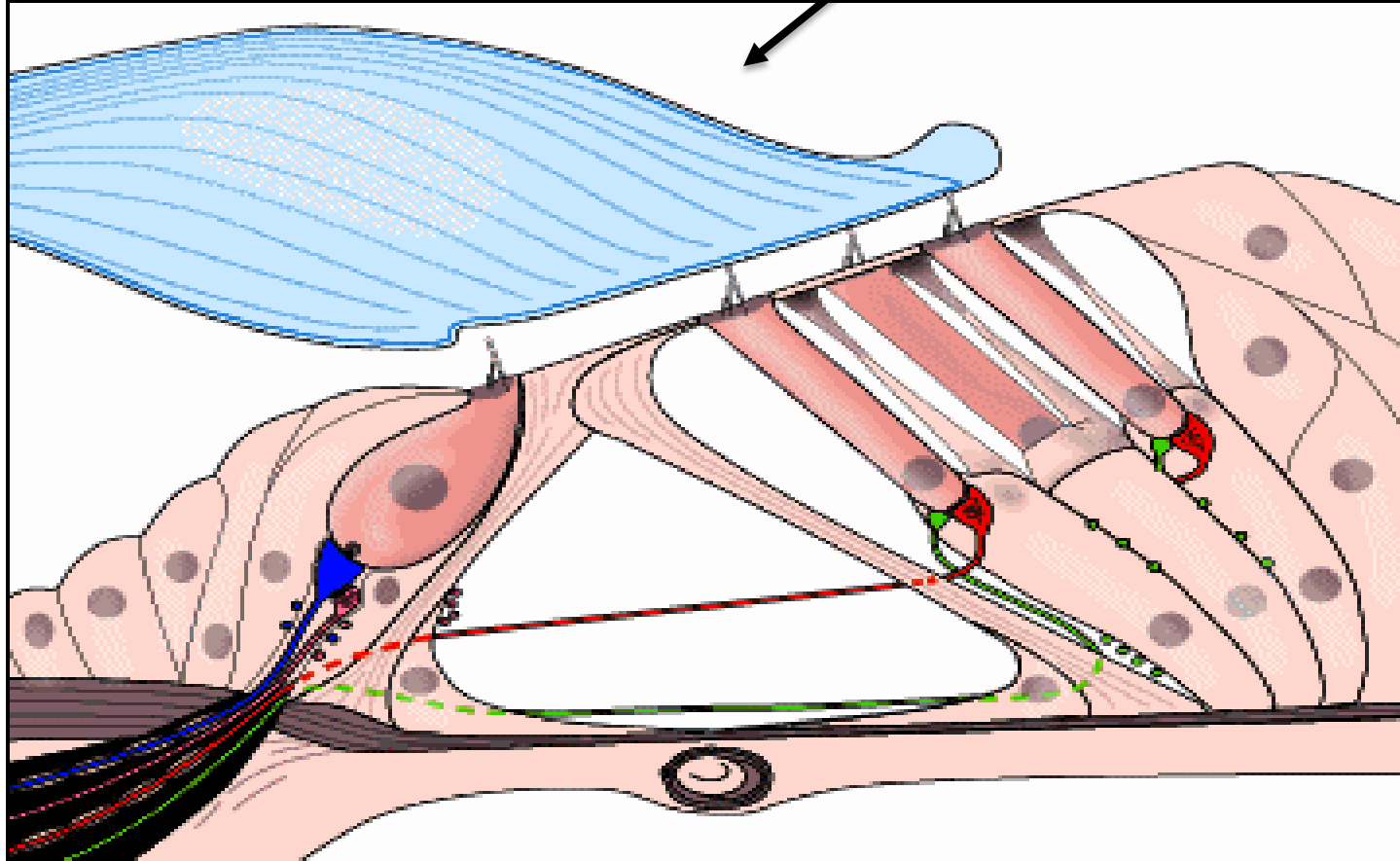


Baziller membranın hareketlerine bağlı olarak baziller membranın üzerine yerleşmiş korti organında yer alan tüy hücreleri harekete geçmektedir



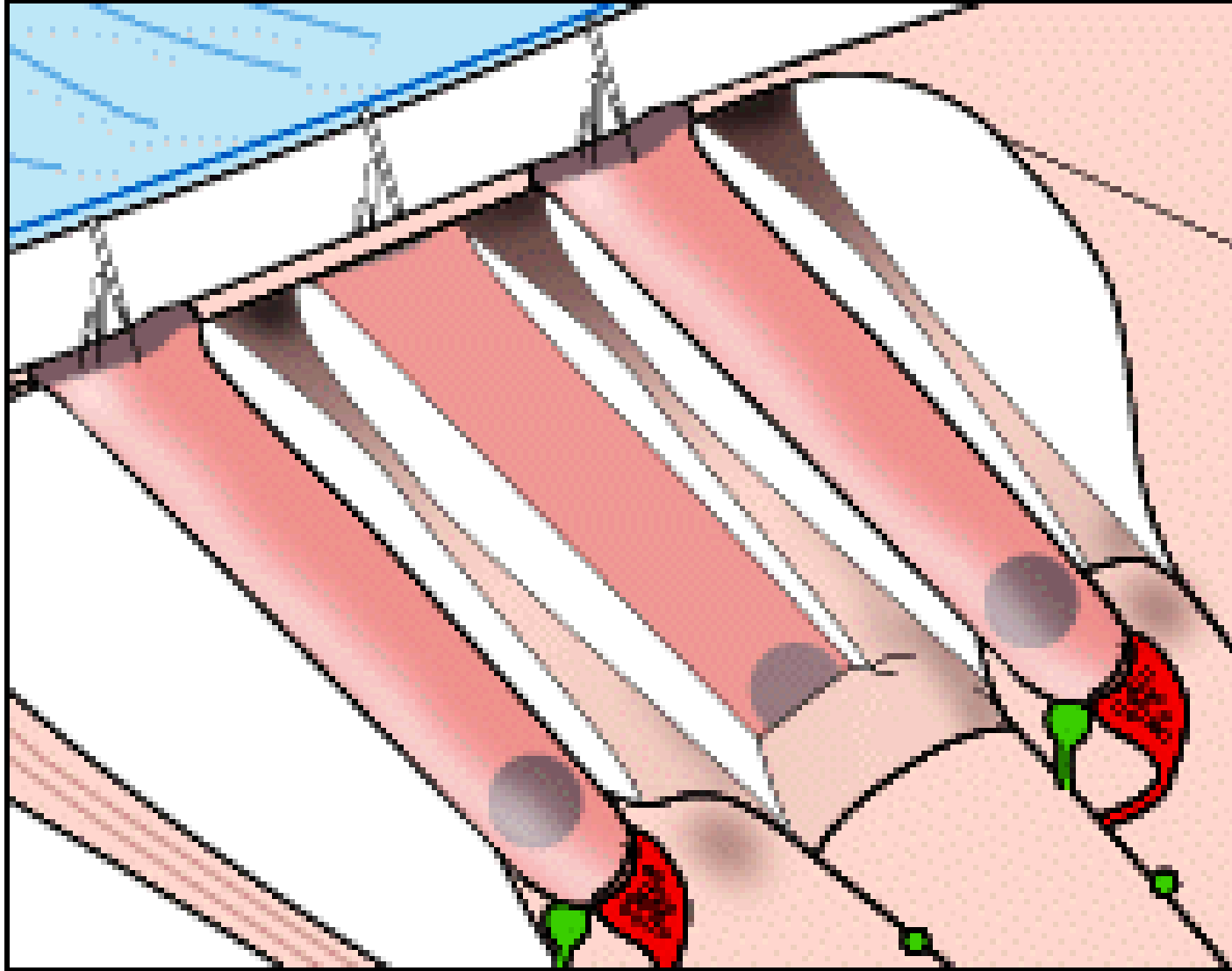
İç kulakta çevirim ve iç kulak potansiyelleri

Tektorial zar

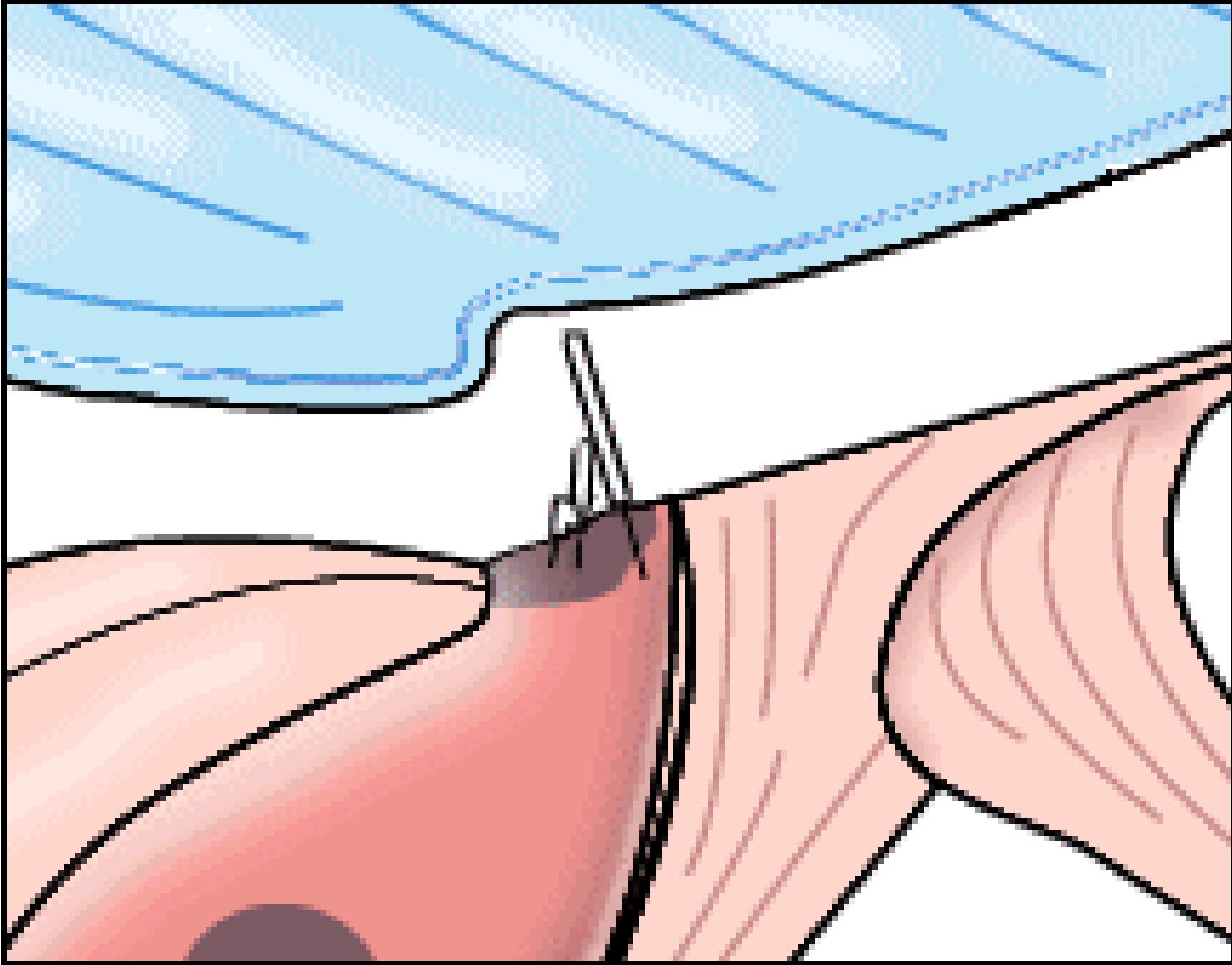




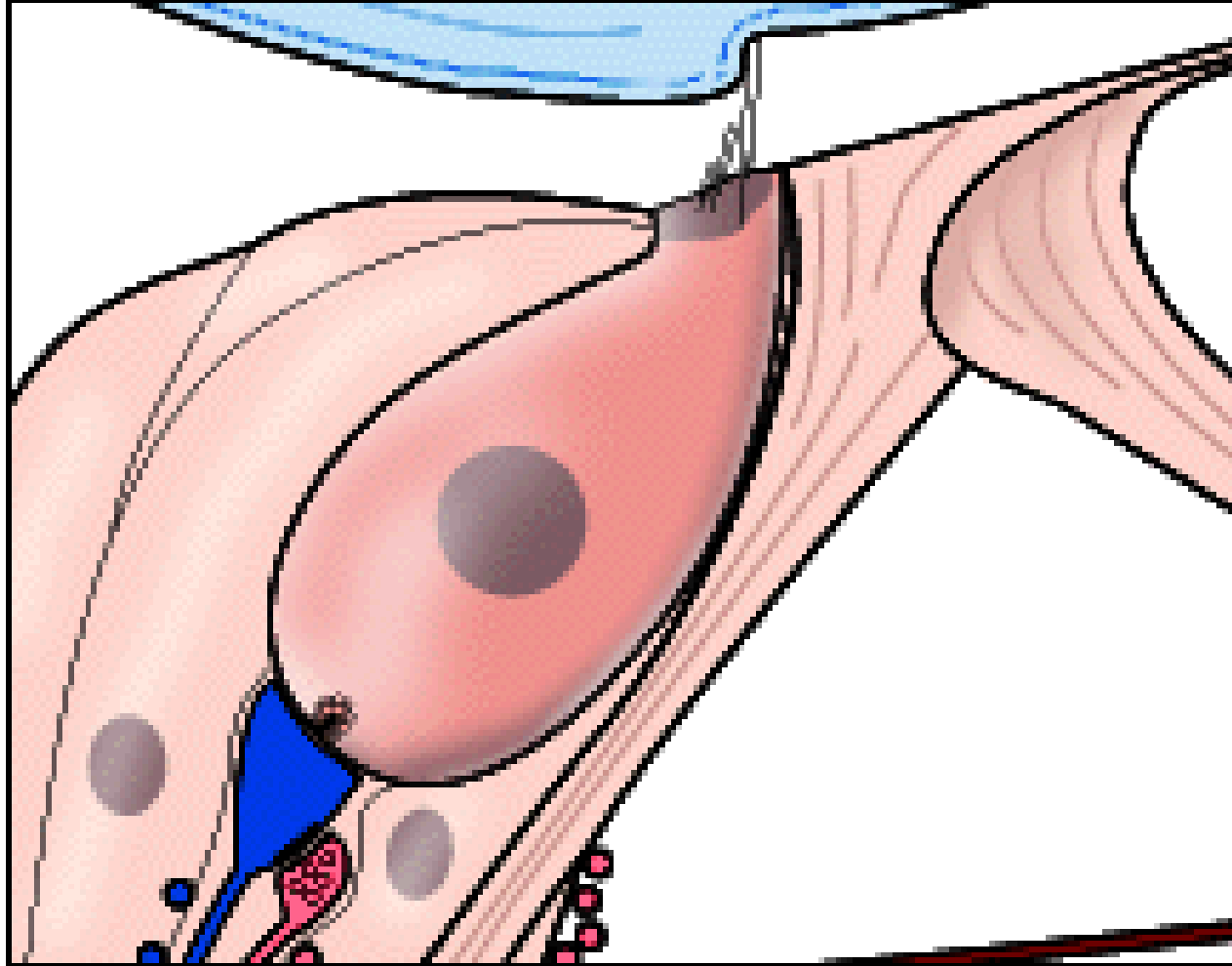
İç kulakta çevirim ve iç kulak potansiyelleri



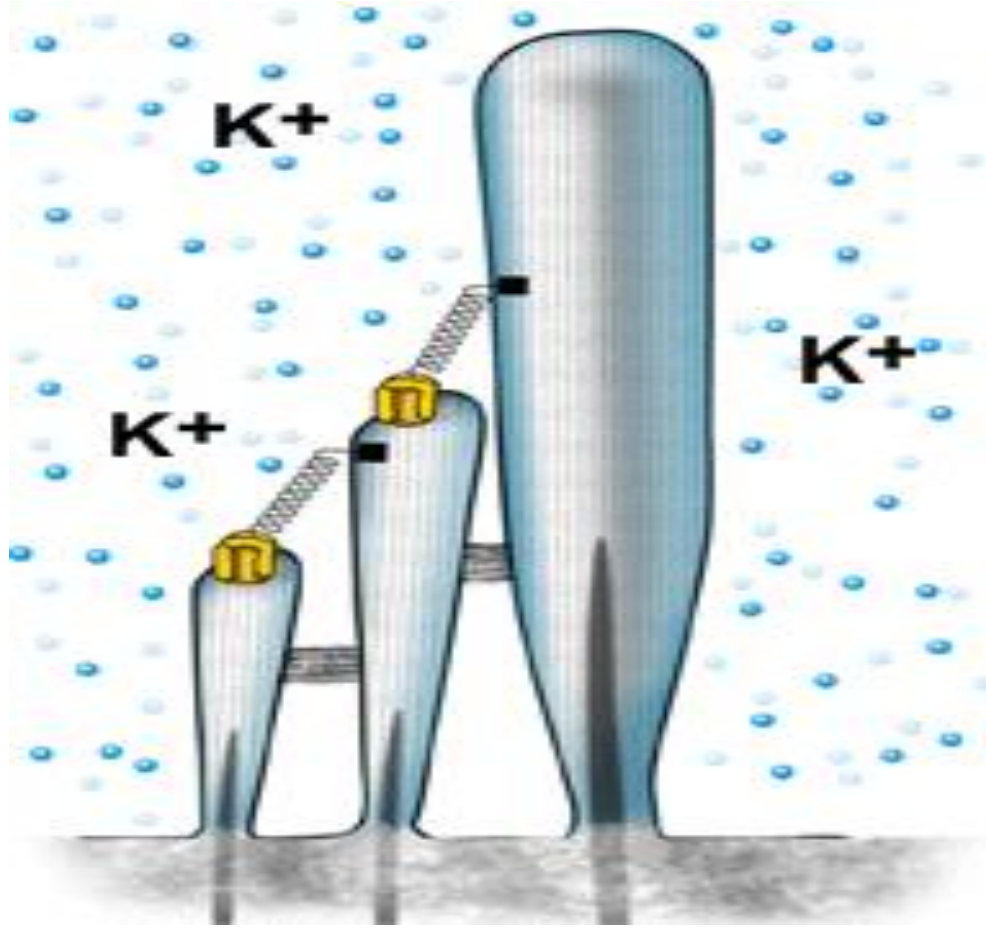
İç kulakta çevirim ve iç kulak potansiyelleri



İç kulakta çevirim ve iç kulak potansiyelleri



İç kulakta çevirim ve iç kulak potansiyelleri



İç kulakta çevirim ve iç kulak potansiyelleri

1) Hücre içine K girişi

2) Voltaja bağımlı Ca kanalları açılır

$Ca^{2+}$

$Na^{+}$

$K^{+}$

$Ca^{2+}$

$K^{+}$

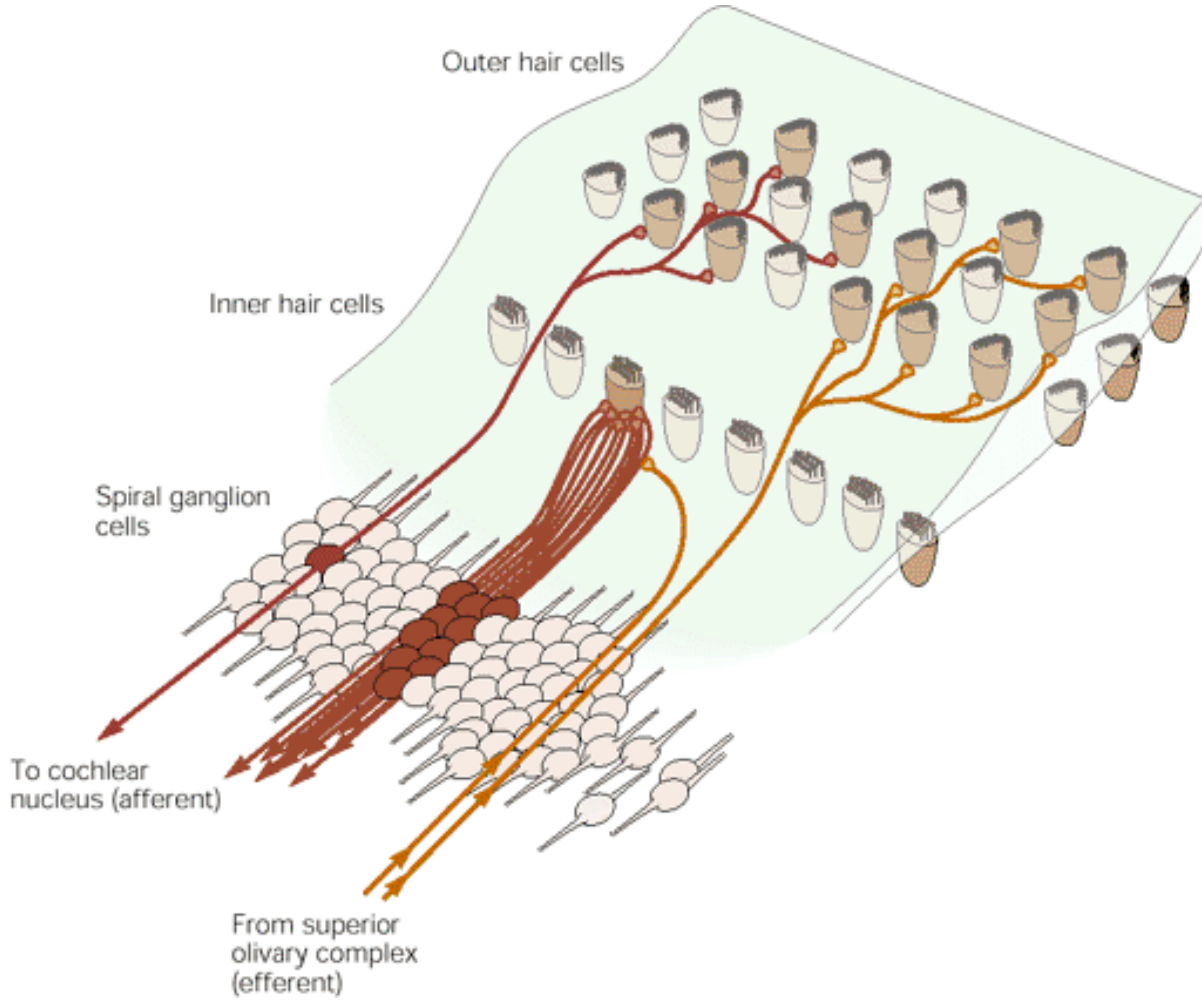
3) Ca bağımlı K kanallarının açılması

Glutamate

4) Voltaja bağımlı K kanalları açılır

5) Ca girişi azalır, mitokondriler tarafından alım ve aktif Ca pompa etkinliği ile hücre içi Ca düzeyi düşer.

## İç kulakta çevirim ve iç kulak potansiyelleri



Ses bilgisi reseptör tüy hücrelerinden spiral ganglion hücrelerine aktarılır

Oradan bilgi kohlear nükleusa iletilir ve işlenir