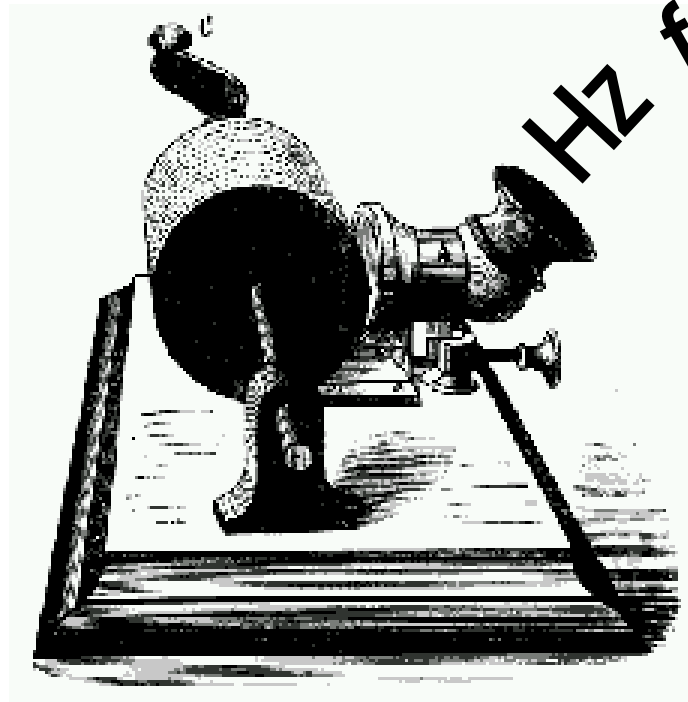
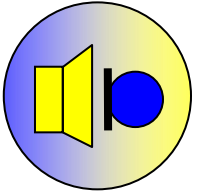


Ljudteknik 5p



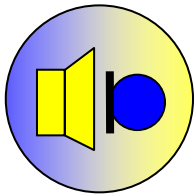
Hz from scratch



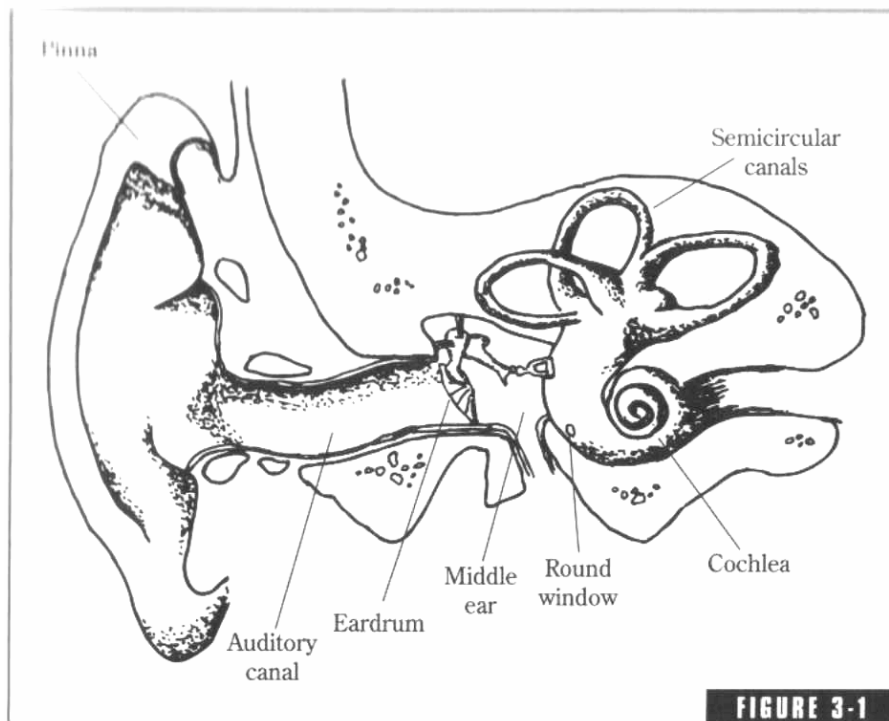
Hörandet

- Innehåll
 - Hörandet
 - Örats känslighet för ljud
 - Örats förmåga att uppfatta riktningar





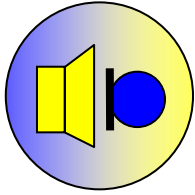
Hörandet



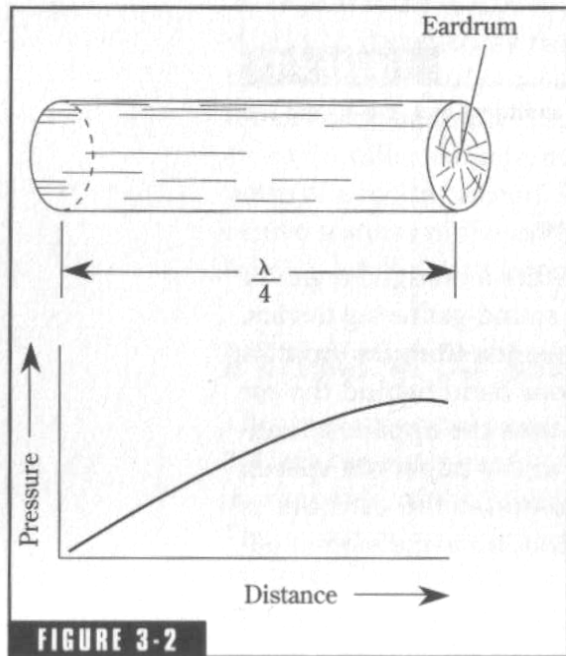
The four principal parts of the human ear: the pinna, the auditory canal, the middle ear, and the inner ear.

- Örats känslighet för ljud
 - Ytteröra
 - Örat
 - Hörselgång
 - Trumhinna
 - Mellanöra
 - Tre hörselben
 - Hammare
 - Stigbygel
 - Städ
 - Inner öra
 - Hörselsnäcka





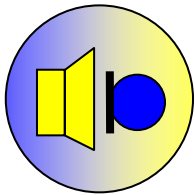
Hörandet



The auditory canal, closed at one end by the eardrum, acts as a quarter-wavelength "organ pipe." Resonance provides acoustic amplification for the important voice frequencies.

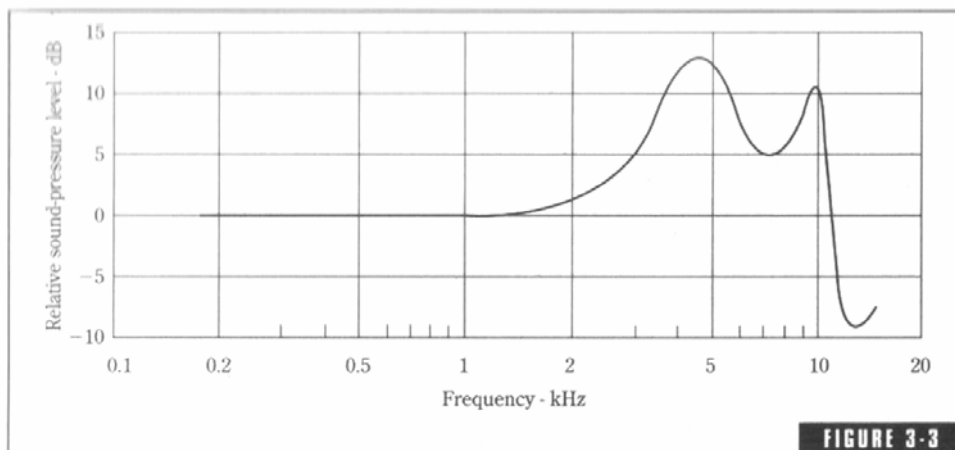
- Örats känslighet för ljud
 - Hörselgång + trumhinna har funktionen som orgelpipa, som är avstämd för att vara känslig för röster.





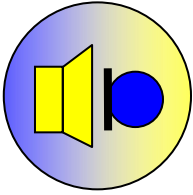
Hörandet

- Örats känslighet för ljud
 - Resulterande ljudtryckskurva beroende på hörselgång och trumhinna



The transfer function (frequency response) of the ear canal. This is a fixed component that is combined with every directionally-encoded sound reaching the eardrum. See also Figs. 3-15 and 3-16. (After Mehrgardt and Mellart.²)





Hörandet

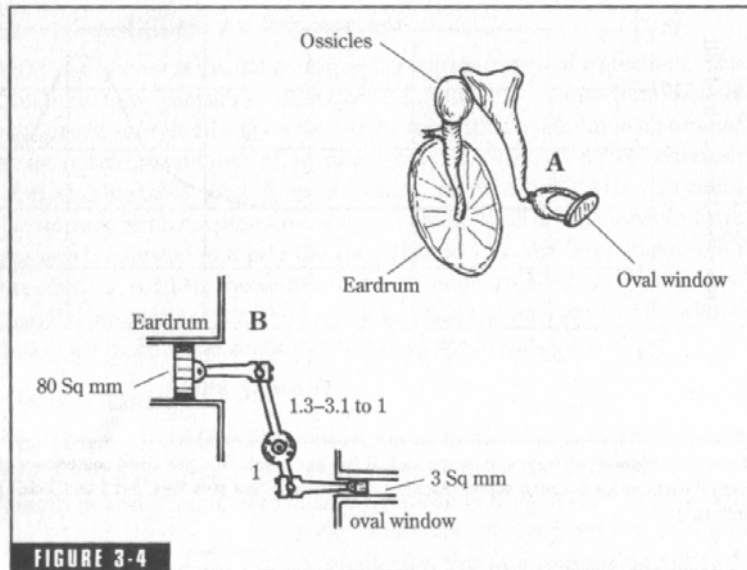
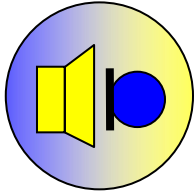


FIGURE 3-4
(A) The ossicles (hammer, anvil, and stirrup) of the middle ear, which transmit mechanical vibrations of the eardrum to the oval window of the cochlea. (B) A mechanical analog of the impedance-matching function of the middle ear. The difference in area between the eardrum and the oval window, coupled with the step-down mechanical linkage, match the motion of the air-actuated eardrum to the fluid-loaded oval window.

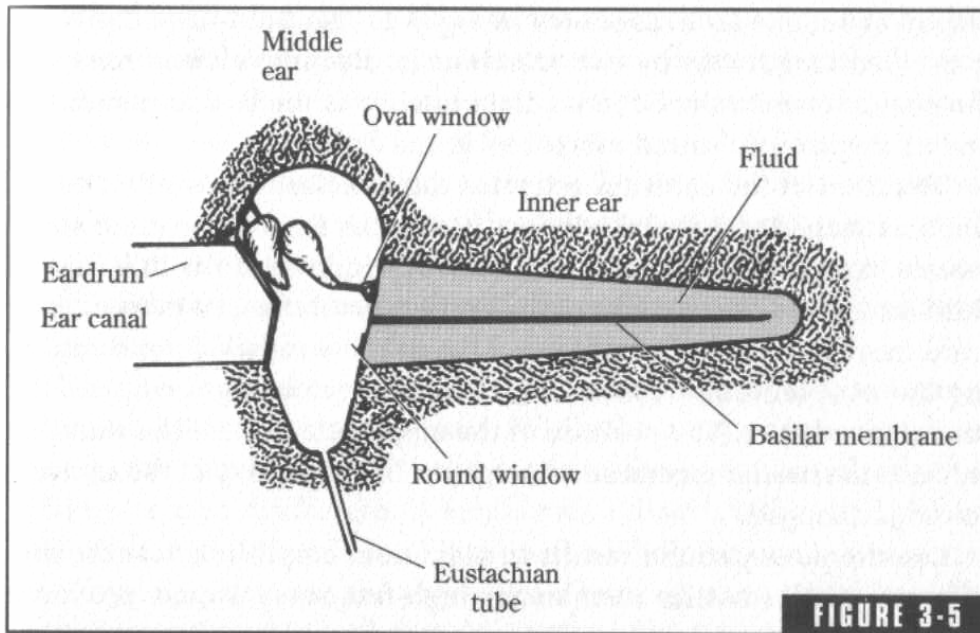
- Örats känslighet för ljud
 - Hörselbenens mekaniska motsvarighet!





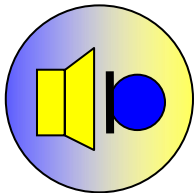
Hörandet

- Örats känslighet för ljud



Highly idealized sketch of the human ear showing the unrolled fluid-filled cochlea. Sound entering the ear canal causes the eardrum to vibrate. This vibration is transmitted to the cochlea through the mechanical linkage of the middle ear. The sound is analyzed through standing waves set up on the basilar membrane.

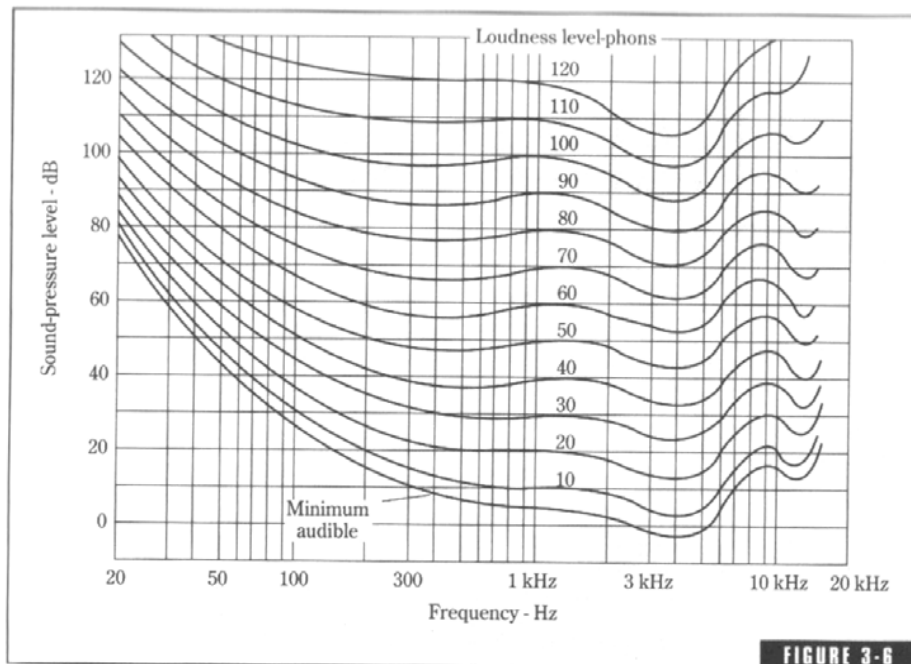




Hörandet

- Örats känslighet för ljud

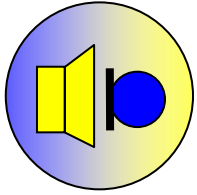
- Loudness-kurva



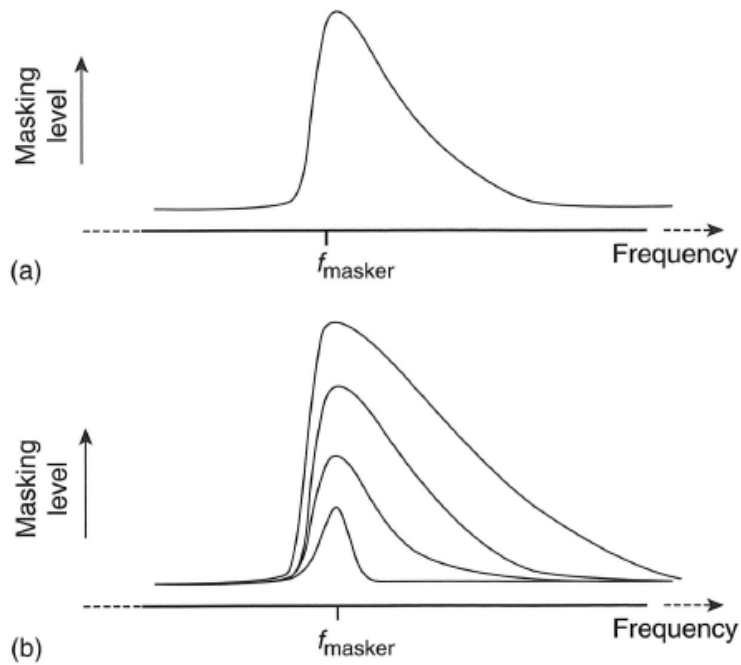
Equal-loudness contours of the human ear. These contours reveal the relative lack of sensitivity of the ear to bass tones, especially at lower sound levels. Inverting these curves give the frequency response of the ear in terms of loudness level. (After Robinson and Dadson.⁸)

- Ett medelvärde av vad individer uppfattar som lika stark ljudnivå över uppfattbart frekvensområde
 - Hörseltröskeln ligger på 0 phon, logskala
 - Bas och diskant måste höjas för att det ska låta lika stark vid låg ljudnivå. Vid högre nivåer är örat mer rakt i frekvensgången
 - Förstärkare har som regel inbyggt med volym kontrollen att bas och diskant skall höjas vid lågt nedvriden volym
 - Vad händer då om högtalaren är extremt lätt eller trögdriven!!



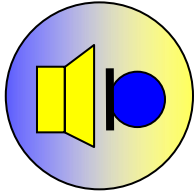


Hörandet

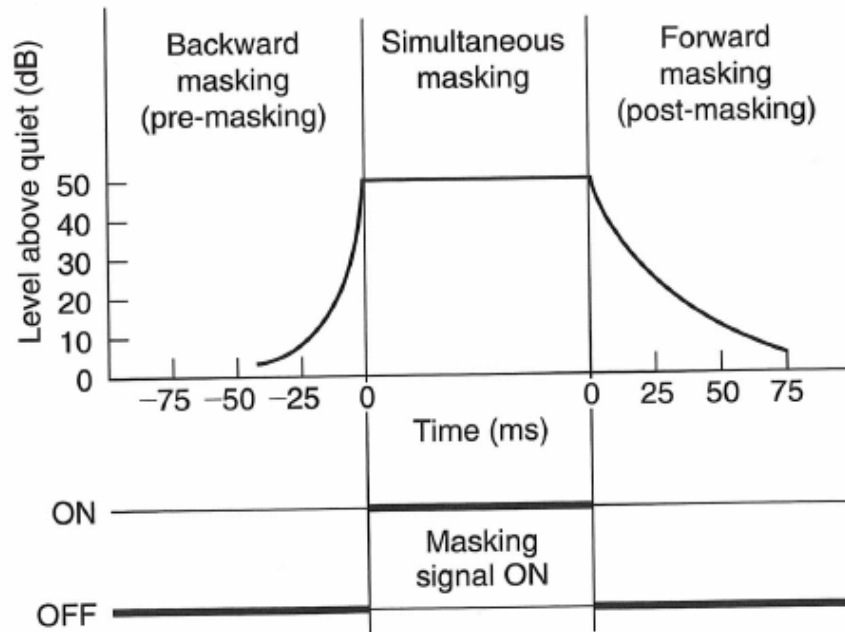


- Örats känslighet för ljud
 - Maskeringseffekten
 - Ljudkällor (lägre frekvenser) med tillräcklig ljudstyrka maskerar även källor med högre frekvens innehåll



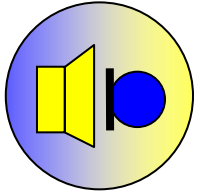


Hörandet

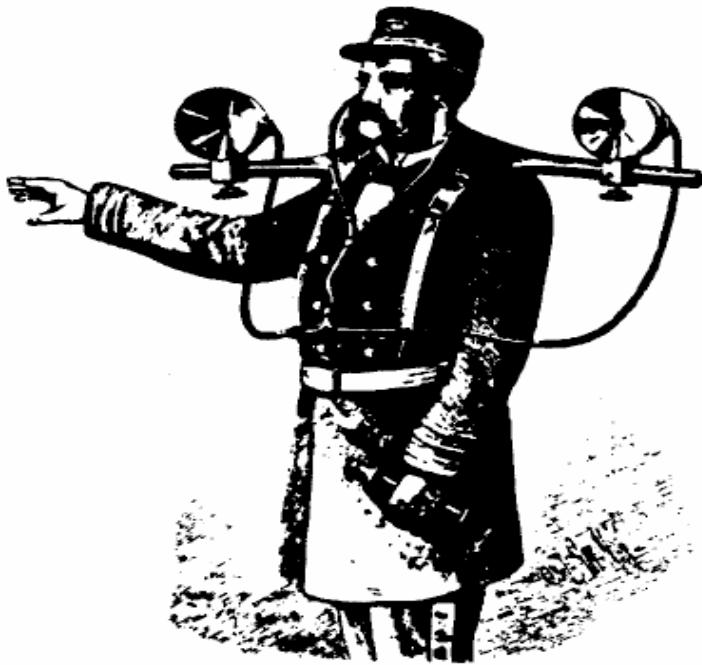


- Örats känslighet för ljud
 - Maskning ur en tidsaspekt



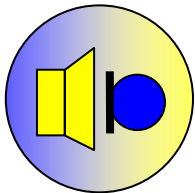


Hörandet

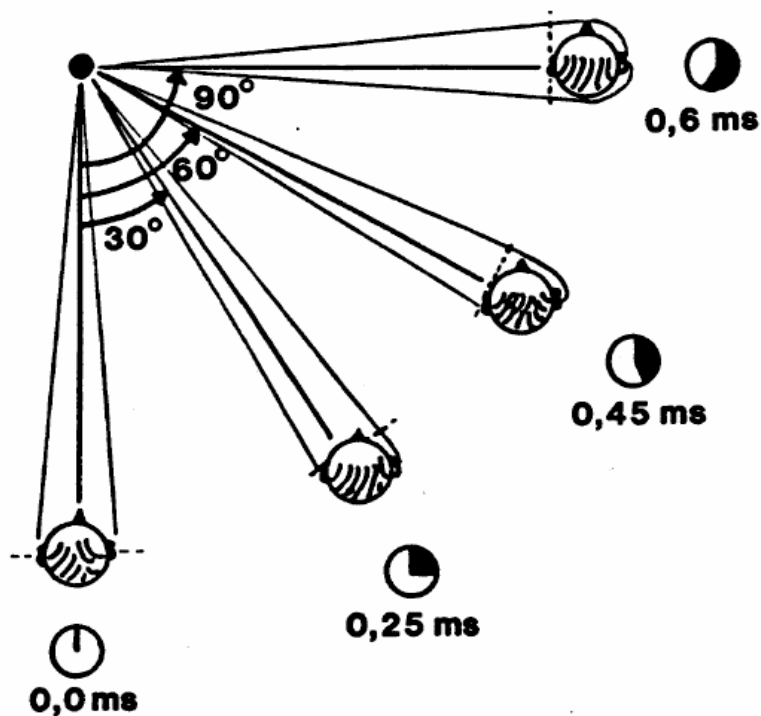


- Örats förmåga att uppfatta ljudriktningar
 - Ljudtest
 - Vad påverkar örats förmåga att uppfatta ljudriktningar



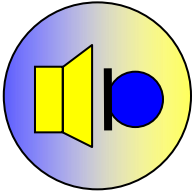


Hörandet

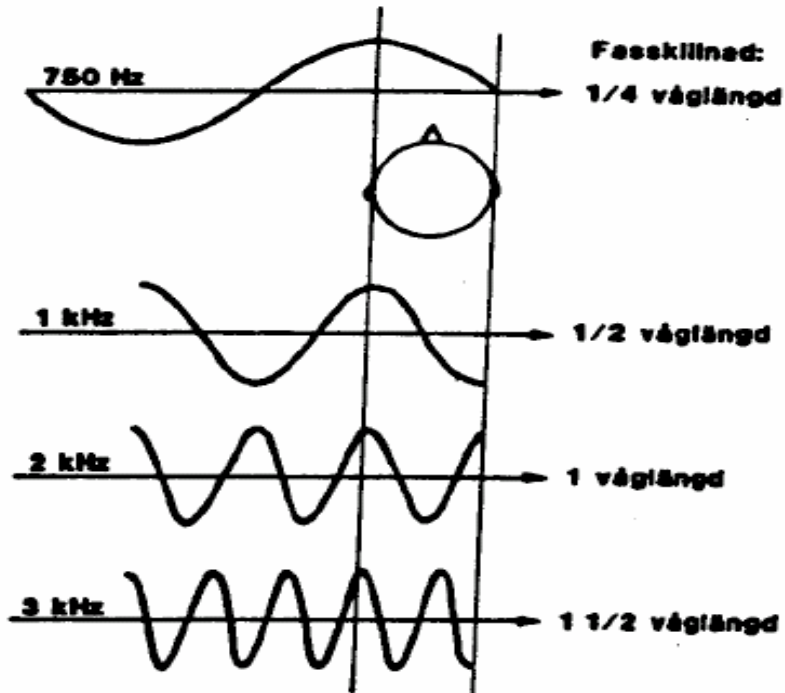


- Örats förmåga att uppfatta ljudriktningar
 - Tidsskillnader
 - Beror lite på huvudets storlek !
 - Örat kan uppfatta så små vinkeländringar som ~2grader vid tal eller klickljud, vilket motsvarar en tidsskillnad på 0.02 ms



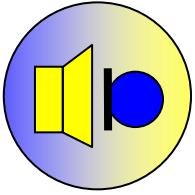


Hörandet



- Örats förmåga att uppfatta ljudriktningar
 - Nivåskillnader
 - Över ~2000 Hz använder sig örat av nivåskillnader för att riktningbestämma en ljudkälla
 - Örat kan inte uppfatta fasskillnader då ljudets våglängd blir kortare än avståndet mellan öronen





Hörandet

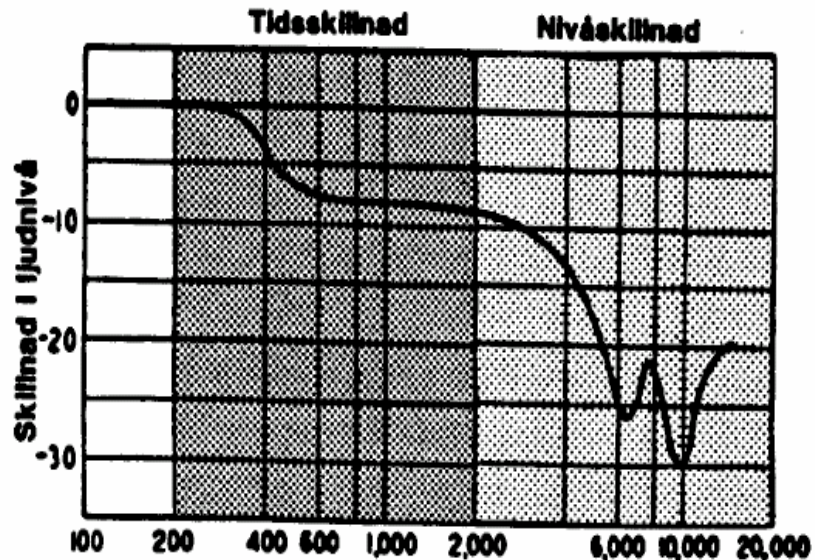
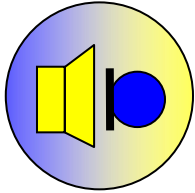


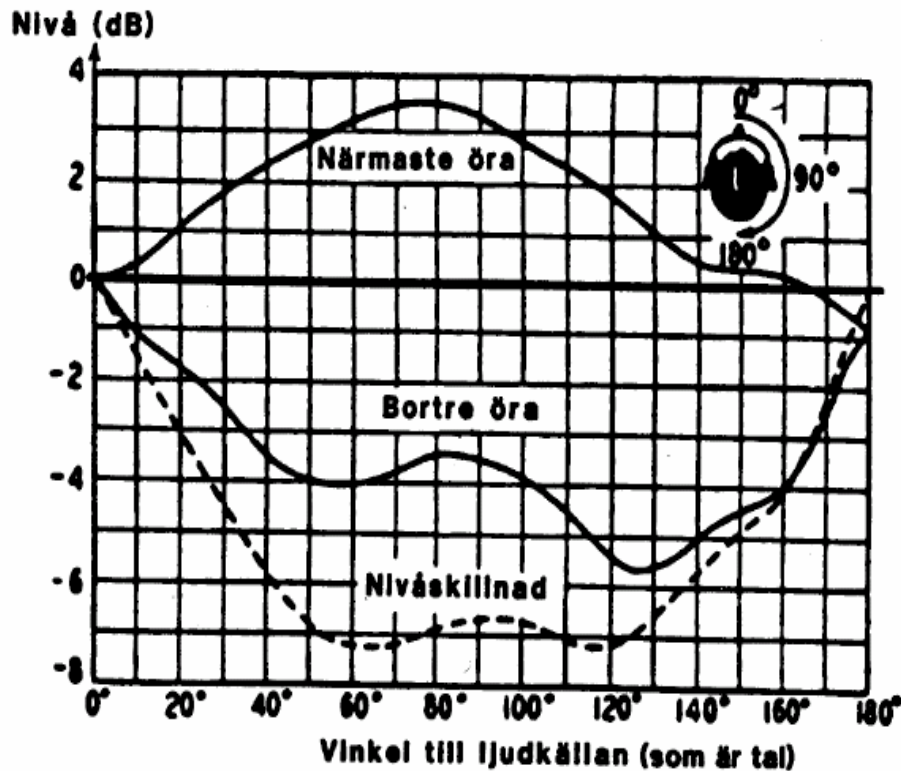
Fig 12. Nivåskillnad mellan öronen vid ljud rakt i sidled.

- Örats förmåga att uppfatta ljudriktningar
 - Över 2000 Hz ökar nivåskillnaden mellan öronen drastiskt för ljud från rakt i sidled



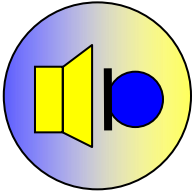


Hörandet



- Örats förmåga att uppfatta ljudriktningar
 - Styrkeförhållandet mellan öronen vid olika vinklar vid tal.

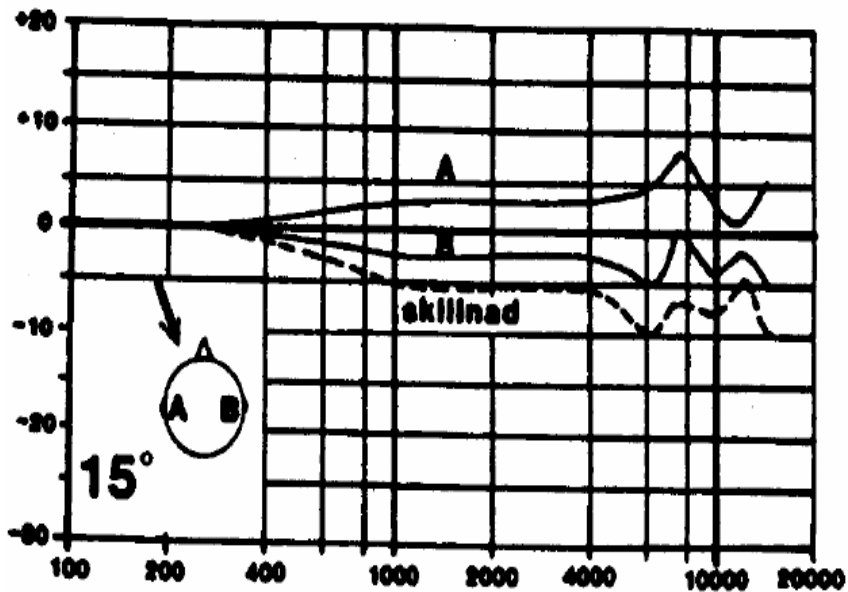


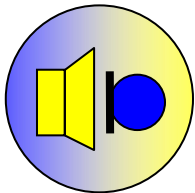


Hörandet

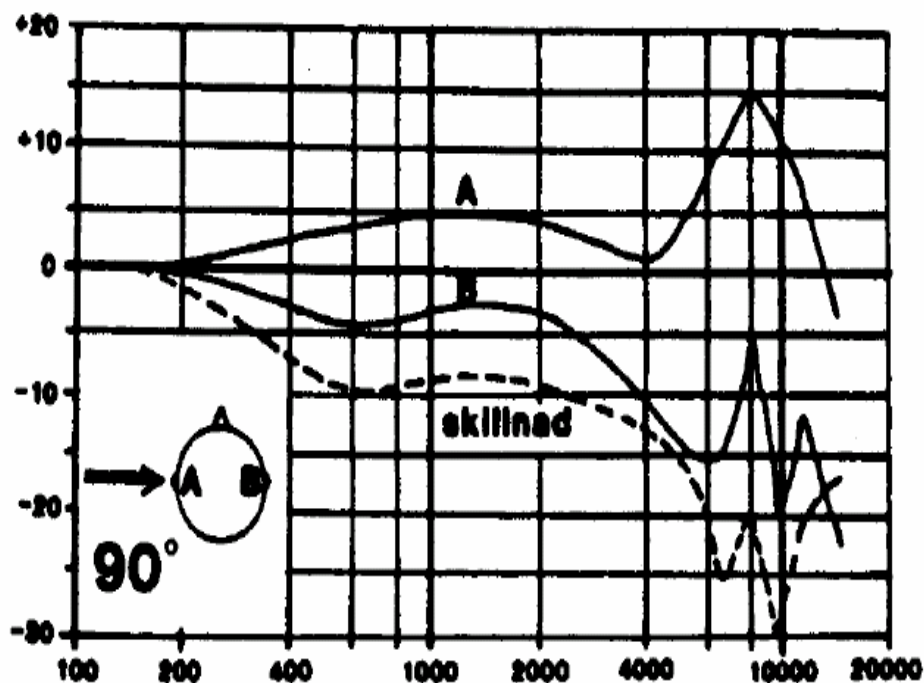
- Örats förmåga att uppfatta ljudriktningar
 - Olika riktningar, olika klangfärg
 - Frekvensgången för öronen är vinkelberoende

Hjärnan utnyttjar detta för att lokalisera riktningen. Hjärnan kompenserar sedan frekvensgången så att den blir rak. Detta är något som vi lärt oss!! Övning ger färdighet





Hörandet



- Örats förmåga att uppfatta ljudriktningar
 - Olika riktningar, olika klangfärg
 - 90 grader, vid 10 kHz är skillnaden 30 dB
 - En Reflektion:
 - Tänk om man använde mikrofoner med samma dåliga frekvensgång som vår hörsel

