

BIOFÍSICA DA AUDIÇÃO

© Direitos reservados. Proibida a venda ou distribuição sem autorização.

www.bionaula.com.br

FÍSICA DO SOM

- Som: propagação de energia mecânica em meio material sob a forma de movimento ondulatório.
- Seres vivos captam e emitem sons.

www.bionaula.com.br

ONDA SONORA

- Comprimento de onda (λ)** → distância percorrida em um ciclo completo. O tempo decorrido em um ciclo é denominado período, t . O comprimento da onda varia conforme o meio de propagação, a fonte emissora, etc.

wavelength = comprimento de onda

www.bionaula.com.br

ONDA SONORA

- Velocidade** → espaço percorrido pela onda num determinado espaço de tempo. Equivale a dividir o comprimento da onda pelo período.

$$v = \frac{\lambda}{t}$$

- A velocidade depende do meio de propagação.

www.bionaula.com.br

ONDA SONORA

- Frequência** → é o número de vezes que o fenômeno se repete em um intervalo de tempo, medido em ciclos por segundo (Hertz, Hz).

$$f = \frac{1}{t}$$

- A frequência, uma vez emitida pela fonte geradora, é invariável, e permanece constante até a extinção do movimento ondulatório.

www.bionaula.com.br

ONDA SONORA

- Relações entre λ , v e f .
- Já vimos que: $v = \frac{\lambda}{t}$
- Como $f = \frac{1}{t}$, e $v = \lambda \cdot f$, temos então $f = \frac{v}{\lambda}$
- Como f é constante, v e λ devem variar no mesmo sentido, para que f permaneça constante. Se v aumenta, λ também aumenta, e vice-versa.

www.bionaula.com.br

ACÚSTICA

- Intensidade** → corresponde ao nível de energia sonora e, no movimento ondulatório é medido pela amplitude.
- Altura** → corresponde à frequência do som emitido. Os sons de maior frequência se dizem mais agudos, ou mais agudos ou sons de menor frequência, mais baixos ou mais graves.
- Timbre** → também se determina qualidade do som, e corresponde ao somatório de frequências harmônicas. As frequências harmônicas são múltiplos inteiros de uma frequência fundamental, que é mais longa. Um som de 300 Hz pode ter harmônicos associados de 200, 300, 400 Hz, etc, correspondendo ao som fundamental 1, 2, 3, 4 etc.

www.bionaula.com.br

PROPAGAÇÃO DO SOM

- Reflexão do som** → encontra um objeto e muda de direção com o mesmo ângulo.
- Interferência** → aumento ou diminuição da intensidade do som.
 - Reforço
 - Abafamento
- Difração** → contorna obstáculos.
- Efeito Doppler** → é a mudança aparente de frequência, quando existe movimento relativo entre o emissor e o receptor.

www.bionaula.com.br

APARELHO AUDITIVO

- Transforma diferenças de pressão do som em pulso elétrico.

ANATOMIA:

- Ouvido externo**
 - Pavilhão auricular
 - Meato acústico
- Ouvido médio**
 - Tímpano
 - Martelo
 - Bigorna
 - Estribo

www.bionaula.com.br

APARELHO AUDITIVO

- Ouvido interno**
 - Cóclea
 - Canais semicirculares
- Cóclea** → órgão que transforma energia mecânica em elétrica.
- Canais semicirculares** não possuem função auditiva; participam do sentido de equilíbrio.
- Cóclea + canais semicirculares → **Labirinto**.
- Nervo ótico sai da cóclea e leva impulsos ao cérebro.

www.bionaula.com.br

Estruturas do Ouvido

www.bionaula.com.br

OUVIDO EXTERNO

- O ouvido externo capta e conduz o som.
- O conduto auditivo externo se comporta como um tubo acústico fechado cuja frequência de ressonância é dada por:

$$f = \frac{v}{4L}$$
- cóclea v é a velocidade do som no ar a 27°C = 340 m/s
- L é o comprimento do meato acústico, de 2 a 3 cm.
- Isso nos fornece que a frequência de ressonância do meato externo está compreendida entre 2000 e 4350 Hz.

www.bionaula.com.br

Ouvido Externo

www.bionaula.com.br

OUVIDO MÉDIO

- Serve para fazer com que a pressão do lado interno da membrana timpânica seja igual à pressão do lado externo.
- Transforma a energia sonora em deslocamento mecânico.
- Provoca um pulso mecânico, a fim de que a energia da onda sonora seja suficiente para promover a vibração das lâminas e membranas do ouvido interno.
- A força aplicada pelo estribo sobre a janela oval é 1,3 vezes maior (30%) do que aquela que o tímpano aplica sobre o martelo.

www.bionaula.com.br

Ouvido Médio

www.bionaula.com.br

OUVIDO MÉDIO

- Casamento de impedância.
- O ouvido médio consegue realizar o casamento de impedâncias entre o ouvido externo e interno, graças à amplificação da força recebida pelo martelo e também por causa da difração entre as áreas da membrana timpânica e da janela oval.

www.bionaula.com.br

OUVIDO MÉDIO

- A pressão negativa no ouvido médio produz uma sensação de desconforto e uma perda da sensibilidade e da acuidade auditiva. Quando ela atinge valores em torno de -60 a -80 mmHg, a pessoa começa a sentir dor.

www.bionaula.com.br

OUVIDO INTERNO

- Também chamado **labirinto**.
- Formado por escarregões no caso temporal, revestido por membrana e preenchido por líquido.
- O ouvido interno transforma o movimento mecânico em hidrodinâmico, e hidrodinâmico em pulso elétrico.
- Limita-se com a janela média pelas **janelas oval e redonda**.
- Parte anterior: **cóclea** ou **caracol** → relacionado com a audição.
- Parte posterior: **vestíbulo** e **canais semicirculares** → relacionados com o equilíbrio.

www.bionaula.com.br

Ouvido Interno

www.bionaula.com.br

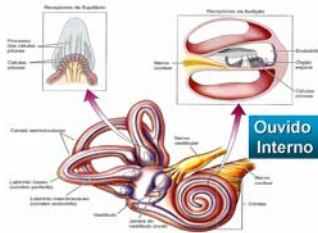
OUVIDO INTERNO

- No interior do labirinto ótico existe um labirinto similar em forma, que é denominado **labirinto membranoso**.
- O labirinto ótico está preenchido por um fluido, a **perilinf**, a qual envolve o labirinto membranoso.
- O labirinto membranoso é preenchido por um fluido espesso chamado de **endolinf**.
- O ouvido interno apresenta três partes: o **vestíbulo**, os **canais semicirculares** e a **cóclea**.

www.bionaula.com.br

OUVIDO INTERNO

www.bionaula.com.br

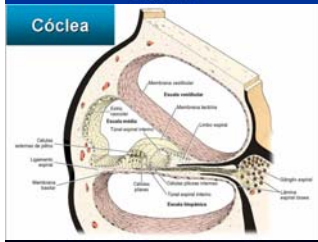


OUIDO INTERNO

- O labirinto ótico é constituído por uma cavidade central de forma irregular: o **vestíbulo**, onde desembocam, de um lado, os **canais semicirculares**, e, de outro, a **cóclea**.
- Observe que o vestíbulo contém duas estruturas distintas, o **sáculo** e o **utrículo**.
- No **utrículo** desembocam os **canais semicirculares**. Cada um desses canais apresenta uma dilatação mansa das suas extremidades, as **ampolas**.
- O **sáculo** apresenta-se também dentro do vestíbulo e está ligado ao utrículo e à cóclea por estreitas canais.

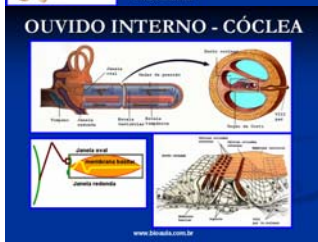
OUIDO INTERNO - CÓCLEA

- Membranas → formada por tubos espiralados.
- Composta por três tubos individuais, colados um ao lado do outro e que formam as **escalas (ranças) timpânica, média (cochlear) e vestibular**; separadas uma da outra por membranas.
- Entre escala vestibular e escala média: membrana muito fina.
 - não oferece obstáculo para a passagem das ondas sonoras.
 - Função: separa os líquidos das escalas média e vestibular, têm origem e composição química diferentes, importantes para o adequado funcionamento das células receptoras de som.



OUIDO INTERNO - CÓCLEA

- Entre escala média e escala timpânica: membrana bastante resistente (mantida por fibras basais) → bloqueia as ondas sonoras.
 - na superfície da membrana basal: **órgão de Corti** – contém células nervosas cilíndricas (células sensoriais).
 - sobre o **órgão de Corti**: membrana tectónica se apóia sobre os cílios das células sensoriais.



OUIDO INTERNO - CÓCLEA

- Os receptores são as células pilosas que contém pilos manuseados (cílios) e que constituem o **órgão de Corti**.
- Quando os cílios, localizados sobre as células receptoras, se curvam, um impulso nervoso é conduzido pelo **ramo coclear do nervo vestibulococlear** (parte de nervo craniano VIII) ao lobo temporal do cérebro, onde a sensibilidade é interpretada.
- Observe que os receptores são estimulados pelo encurvamento dos cílios, assim esses receptores são classificados como **mecanorreceptores**.



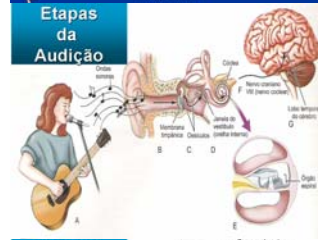
Unindo Tudo: Como Você Ouve

Por exemplo, vibração do conduto de um violão, que se espalha para o ar.

As ondas sonoras penetram no canal auditivo externo e atingem a membrana timpânica, deslocando-a vibrando que por sua vez é transmitida aos ossículos do ouvido: martelo, fúrcula e enxada.

Vibros do tímpano, depois no nível do vestíbulo, deslocam e flexão de pressão de cada parede, sucessivas. Como se abrisse uma janela de vidro espalado de vidro, este vibrando ao longo da corda, o movimento das flutuações de pressão é transmitido para o líquido que preenche o canal.

O líquido é então deslocado pelo movimento do ramo vestibulococlear, por de nervo craniano VIII, ao cérebro. VÍDEO: https://www.youtube.com/watch?v=...



ANOMALIAS DA AUDIÇÃO

- SURDEZ DE CONDUÇÃO**
 - Obstrução do canal auditivo (por exemplo, cerume).
 - Lesões do tímpano ou ossículos.
 - Dificilmente é total.
 - Uso de aparelhos.
- SURDEZ NERVOSA**
 - Lesão da cóclea ou nervo ótico.
 - Podem ser irreversíveis.
 - Podem resultar de infecções.
 - Podem ser devido ao uso de estrepomicina.

QUESTÕES DE REVISÃO

- Quais são os principais componentes envolvidos no sentido da audição e do equilíbrio?
- Quais são os nomes das partes dos ouvidos externo, médio e interno?
- Qual é o propósito principal da janela redonda?
- O que é o órgão de Corti?
- Explique, resumidamente, as etapas da audição.
- Como o ouvido se protege quando a intensidade sonora é muito grande?

QUESTÕES DE REVISÃO

- Qual é o mecanismo de transformação de impulso mecânico em elétrico, na cóclea?
- Para que serve a endolíria?
- Conceituar som.
- Citar exemplo de reflexão, interferência e difração do som.
- Completar a lacuna abaixo com a velocidade do som:
 - Ar atmosférico, a 37°C _____ m/s
 - Água, a 20°C 1.480 m/s
 - Sangue, a 37°C 1.570 m/s