|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nombre del Estudiante:** | **Curso:** | DD  | MM | 2015 |
| **Asignatura:** Ciencias Naturales Física 11° | **PERÍODO: Tercero** | **Docente: William Monroy López** |
| **Tema:** Acústica | **Guía N°**  |
| **Subtema:** Sonido, definición y características, el oído y su funcionamiento,  |

**PARTE UNO**

**El sonido**

      Desde un punto de vista físico, el sonido es una vibración que se propaga en un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso) , generalmente el aire. Otra definición para el sonido podría ser: es la sensación producida en el oído por la vibración de las partículas que se desplazan (en forma de onda sonora) a través de un medio elástico que las propaga.

Para que se produzca un sonido se requiere la existencia de un cuerpo vibrante llamado "foco" (una cuerda tensa, una varilla, una lengüeta...) y del medio elástico transmisor de esas vibraciones, las cuales se propagan a su través constituyendo la onda sonora. En ocasiones, para imaginar cómo se produce una onda de este tipo se utiliza el símil mecánico que aparece representado a continuación.

Si se hace vibrar horizontalmente la primera masa, las restantes se mueven a su vez, oscilando hacia adelante y hacia atrás, una tras otra, pudiendo ver así una onda que se desplaza lo largo de la cadena de masas y muelles.

Este símil es una imagen rudimentaria de cómo se transmiten las ondas sonoras, pero nos permiten comprender que cuando un foco vibra en el aire, "obliga" a que las partículas de ese medio entren a su vez en vibración, siempre con cierto retraso con respecto a las anteriores. Su avance se traduce en una serie de compresiones o regiones donde las partículas del medio se aproximan entre sí en un momento dado y dilataciones o regiones donde las partículas estarán más separadas entre sí. Debido a que estas compresiones y dilataciones avanzan con la onda, podemos afirmar que una onda sonora es una onda de presión.



**SONIDO**

Onda mecánica longitudinal esférica-cada punto perteneciente a la capa oscila en dirección radial, vibración de un medio elástico ya sea solidó, gaseoso o liquido, (se propaga por un medio material, aire, agua, metales, madera…).

FUENTES DE SONIDO:

Cualquier artilugio creado por el hombre o por la naturaleza que sea capaz de causar perturbación en un medio material esto significa que desplace las moléculas del medio en forma longitudinal.

Por ejemplo tenemos las cuerdas vocales en el aparato fonador del ser humano, estas producen una perturbación en su entorno (el aire que provienen de los pulmones), alrededor de estas ( produce ondas de presión) que se amplifican en la cavidad buco-faringea (faringe media-boca) y salen del individuo viajando a la velocidad del sonido que es aproximadamente de 343m/s a 20 ºC.

Una membrana en movimiento es una fuente de sonido artificial, creada por el hombre, comúnmente llamado parlante o auricular, este desplaza el aire a su alrededor creando una perturbación que se transmite por el medio circundante.

**CARACTERISTICAS FISICAS**

Tiene como características físicas: amplitud, frecuencia, periodo, frecuencia angular, velocidad de propagación (por ser una onda).

**FRECUENCIA**: La frecuencia de una onda sonora se define como el numero de pulsaciones (ciclos) que tiene por unidad de tiempo (segundo).La unidad correspondiente a un ciclo por segundo es el hertzio (Hz). Las frecuencias mas bajas se corresponden con lo que habitualmente llamamos sonidos "graves", son sonidos de vibraciones lentas. Las frecuencias mas altas se corresponden con lo que llamamos "agudos" y son vibraciones muy rápidas.

**PERIODO**: inverso de la frecuencia (1/f) se da en unidades de tiempo, (s).

**AMPLITUD**: La amplitud de una onda de sonido es el grado de movimiento de las moléculas de aire en la onda, que corresponde a la intensidad del enrarecimiento y compresión que la acompañan. Cuanto mayor es la amplitud de la onda, más intensamente golpean las moléculas el tímpano y más fuerte es el sonido percibido. La amplitud de una onda de sonido puede expresarse en unidades absolutas midiendo la distancia de desplazamiento de las moléculas del aire, o la diferencia de presiones entre la compresión y el enrarecimiento, o la energía transportada. Por ejemplo, la voz normal presenta una potencia de sonido de aproximadamente una cienmilésima (1/100) de vatio. La intensidad de los sonidos suele expresarse comparándolos con un sonido patrón; en ese caso, la intensidad se expresa en decibelios.

**FENOMENOS FISICOS**: interferencia, difracción, reflexión, refracción, efecto Doppler, resonancia.

**EL OÍDO HUMANO**

El oído humano detecta sonido en un rango de frecuencias de 20Hz a 20KHz (20000Hz = 20000 vibraciones por segundo). Este registra las variaciones de presión en el aire circundante (movimiento longitudinal de las moléculas del aire) causadas por el frente de onda sonora. Recordemos que la presión es la fuerza que se ejerce sobre unidad de superficie (P=FUERZA/AREA), se mide en atmósferas [1at=1bar=760milimetros-Hg], Pascales [Newton/m2], PSI [libra/pulgada2].

****

***Figura 1***

**Anatomía y fisiología del oído**

**Anatomía estructural**

El oído es uno de los sistemas que permiten la relación del ser humano con el medio ambiente. Es tal su importancia en los primeros años de la vida, cuando la plasticidad neural está en pleno desarrollo, que si no existe una suficiente entrada de información no se desarrollará el lenguaje oral, o bien se desarrollará de manera poco funcional para ser utilizado como herramienta de comunicación y conocimiento de la persona.

Además, en el oído se encuentran los receptores del sistema vestibular, principal responsable, aunque no único, del mantenimiento del equilibrio dinámico y de la posición cefálica.

El oído comienza su desarrollo alrededor de la 21.ª semana desde la génesis del embrión. Cuando nacemos tenemos ya un sistema anatómicamente desarrollado como órgano receptor, siendo los dos primeros años de vida fundamentales para el desarrollo de la capacidad de adquisición y procesamiento de la información por parte del sistema nervioso central.

Anatómicamente podemos distinguir tres partes: *oído externo*, *oído medio* y *oído interno*, todos ellos con orígenes embrionarios, cometidos y fisiología diferentes.

* *Oído externo*: Actúa de pantalla y canalización de los estímulos sonoros. Tiene en su interior las glándulas ceruminosas que producen cerumen para la limpieza del mismo.

Lo componen:

- Pabellón auricular: Actúa como pantalla de captación de sonidos. Está formado por 4/5 partes cartilaginosas y una con tejido conectivo (lóbulo), todo ello tapizado por piel.

- Conducto auditivo externo (CAE): Integrado en el hueso temporal. Está formado por 2/3 partes cartilaginosas y la porción interna ósea, llegando hasta la membrana timpánica, que en su capa externa está tapizada por la misma piel que el conducto auditivo externo.

- Membrana timpánica: Auténtica frontera entre el oído externo y el oído medio, con tres capas: una capa epitelial, prolongación de la piel del CAE; una capa fibrosa, que da rigidez a las 4/5 partes inferiores, y una capa interna mucosa, que se continuará con el tapizado mucoso del oído medio que, a su vez, es de las mismas características que el que recubre el tracto respiratorio superior. El tímpano transforma las ondas sonoras en vibración mecánica.

* *Oído medio*: Conduce y amplifica las vibraciones de la membrana timpánica.

Lo componen:

- Cavidades timpanomastoideas: Aireadas, tapizadas de mucosa respiratoria y en contacto con la trompa de Eustaquio que ayudará a mantener el equilibrio de presiones entre el oído externo y el oído medio.

- Cadena de huesecillos: Está compuesta por el martillo, el yunque y el estribo. La unión de estos huesos configura una palanca de segundo grado cuya función es la de incrementar los estímulos o la de dificultarlos si se produce una rigidez fisiológica, como protección del oído interno.

* *Oído interno*: Es el responsable de recoger y transformar la señal mecánica en señal eléctrica mediante la estimulación de las células ciliadas, estímulo que, a través del nervio auditivo y a través del sistema nervioso central (SNC), llega a la corteza cerebral, donde la percepción auditiva se hace consciente.

Está localizado dentro de la denominada cápsula laberíntica, hueso muy duro e inextensible que aloja a las células neurales del oído y del sistema vestibular. Esta cápsula laberíntica constituye el «laberinto óseo»: caracol, vestíbulo y conductos semicirculares; en su interior, una serie de membranas constituyen el laberinto membranoso, organizan la circulación de los líquidos laberínticos (perilinfa y endolinfa) y los orgánulos que alojan las células sensoriales de la audición y el equilibrio:

- En el caracol las membranas basilar y de Reisner, que crean las escalas timpánica (ventana oval) y vestibular (ventana redonda), y en la zona central la membrana tectoria, donde tendremos las células ciliadas.

- En el vestíbulo se encuentran el utrículo y el sáculo, responsables de la percepción estática de la situación de la cabeza.

- Los conductos semicirculares membranosos con las crestas ampulares, donde tendremos la percepción del equilibrio dinámico.

Entre el caracol membranoso y óseo circula la perilinfa, y en la zona central membranosa la endolinfa. Estos líquidos tienen características iónicas diferentes, lo que favorece la creación del estímulo eléctrico auditivo.

El estímulo que reciben las células se transmite a través del Sistema Nervioso Central (SNC) por el nervio auditivo (VIII par craneal) hasta la corteza cerebral a nivel del lóbulo temporal.

**El proceso de la audición**

Inicialmente, es necesario que se produzcan las ondas sonoras que constituyen una energía mecánica. Esta energía será canalizada por el pabellón auricular hacia el conducto auditivo externo (CAE). Las ondas sonoras chocan con la membrana del tímpano, haciéndola vibrar y provocando el movimiento en la cadena de huesecillos*.*

En el oído medio esta energía se transmite con un efecto de amplificación mecánica a través de dos mecanismos:

* Diferencia de superficie entre la membrana timpánica y la oval (12:1 aproximadamente).
* Efecto amplificador de la palanca de 2.º grado que constituye la cadena osicular. De tal manera que un estímulo «x» que llega a la membrana timpánica, puede llegar entre 13 y 17 veces más potente al oído interno.

Para que el sistema amplificador del oído medio funcione correctamente es necesaria su integridad y que exista una presión atmosférica similar a ambos lados de la membrana timpánica, es decir, tanto en el oído medio como en el externo.

En el caso de que un estímulo pudiera dañar al oído interno, existe un mecanismo protector en el oído medio que consigue la disminución de la intensidad del estímulo sonoro mediante la rigidez de la cadena de huesecillos.

Las ondas provocadas por la cadena de huesecillos movilizan los líquidos del oído interno que estimulan las células ciliadas localizadas en el interior de la cóclea (órgano de Corti) produciendo la transformación de energía mecánica en energía eléctrica.

Posteriormente, el estímulo se transmite a través del VIII par craneal hasta la región temporooccipital de la corteza cerebral donde se generará la memoria auditiva.

Esta energía sonora, desde antes del nacimiento, va favoreciendo el desarrollo de la vía auditiva, generando una memoria auditiva que permitirá iniciar el proceso del lenguaje, basado en la repetición de los sonidos recibidos.

Esta plasticidad es mayor cuanto menor es la mielinización de la vía neural, y a partir de los 6 años gran parte de la misma está ya mielinizada, esto explica que el pronóstico de las personas que rehabilitan su audición en las edades más tempranas sea mejor.

El concepto de plasticidad neural podemos entenderlo como la capacidad de aprendizaje, desde los estímulos recibidos (en este caso sonoros), por parte de nuestro cerebro. Este aprendizaje estimula el área de la memoria auditiva en la que nos basaremos para la creación del lenguaje.

Durante toda la vida tenemos capacidad de aprendizaje, pero esta disminuye con el paso del tiempo, siendo máxima en los dos primeros años de la vida, de ahí la importancia del diagnóstico y la estimulación precoz.

El oído humano percibe aquellos sonidos cuyas frecuencias se encuentran entre 20 y 20.000 vibraciones por segundo (frecuencias audibles). La frecuencia se mide en ciclos por segundo y se expresa en hercios (Hz). El rango de frecuencias conversacionales de la voz humana está entre 250 y 3.000 Hz, si bien algunos fonemas se encuentran situados entre los 4.000 y los 8.000 Hz.

**Nivel de intensidad sonoro**

**B(db)**



**Frcuencia de vibración**

**F(Hz)**

***Figura 2***

**Espectro audible**

Los sonidos muy fuertes son causados por grandes variaciones de presión, por ejemplo una variación de 1 pascal se oiría como un sonido muy fuerte, siempre y cuando la mayoría de la energía de dicho sonido estuviera contenida en las frecuencias medias (1kHz - 4 Khz) que es donde el oído humano es más sensitivo.

Como onda, el sonido responde a las siguientes características:

        1. Es una **onda mecánica**

Las ondas mecánicas no pueden desplazarse en el vacío, necesitan hacerlo a través de un medio material (aire, agua, cuerpo sólido).

Además, de que exista un medio material, se requiere que éste sea elástico. Un medio rígido no permite la transmisión del sonido, porque no permite las vibraciones.

La propagación de la perturbación se produce por la compresión y expansión del medio por el que se propagan. La elasticidad del medio permite que cada partícula transmita la perturbación a la partícula adyacente, dando origen a un movimiento en cadena.

        2. Es una **onda longitudinal**

El movimiento de las partículas que transporta la onda se desplaza en la misma dirección de propagación de la onda.

        3. Es una **onda esférica**

Las ondas sonoras son ondas tridimensionales, es decir, se desplazan en tres direcciones y sus frentes de ondas son esferas radiales que salen de la fuente de perturbación en todas las direcciones. El principio de Huygens afirma que cada uno de los puntos de un frente de ondas esféricas puede ser considerado como un nuevo foco emisor de ondas secundarias también esféricas, que como la originaria, avanzarán en el sentido de la perturbación con la misma velocidad y frecuencia que la onda primaria.

## Cualidades del Sonido

Cualquier sonido sencillo, como una nota musical, puede describirse en su totalidad especificando tres características de su percepción: el tono, la intensidad y el timbre. Estas características corresponden exactamente a tres características físicas: la frecuencia, la amplitud y la composición armónica o forma de onda.

Existe una distinción entre un sonido agradable y el ruido. Un sonido agradable está producido por vibraciones regulares y periódicas. En cambio, el ruido es un sonido complejo, una mezcla de diferentes frecuencias o notas sin relación armónica que dan una sensación confusa, sin entonación determinada.

**La altura o tono**
Los sonidos musicales son producidos por algunos procesos físicos como por ejemplo, una cuerda vibrando, el aire en el interior de un instrumento de viento, etc. La característica más fundamental de esos sonidos es su "elevación" o "**altura**", o cantidad de veces que vibra por segundo, es decir, su frecuencia. La frecuencia se mide en **Hertz** (Hz) o número de oscilaciones o ciclos por segundo. Cuanto mayor sea su frecuencia, más aguda o "alta" será la nota musical.   La altura es una propiedad subjetiva de un sonido por la que puede compararse con otro en términos de "alto o "bajo". Los sonidos de mayor o menor frecuencia se denominan respectivamente, agudos o graves; términos relativos, ya que entre los tonos diferentes uno de ellos será siempre más agudo que el otro y a la inversa.

Mientras que la frecuencia de un sonido, es una definición física cuantitativa, que se puede medir con aparatos sin una referencia auditiva, la elevación es nuestra evaluación subjetiva de la frecuencia del sonido. La percepción puede ser diferente en distintas situaciones, así para una frecuencia específica no siempre tendremos la misma elevación.

La frecuencia de las vibraciones de instrumentos de un mismo tipo es proporcional a sus dimensiones lineales.

**La intensidad**
La distancia a la que se puede oír un sonido depende de su intensidad, que es el flujo medio de energía por unidad de área perpendicular a la dirección de propagación. En el caso de ondas esféricas que se propagan desde una fuente puntual, la intensidad es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, suponiendo que no se produzca ninguna pérdida de energía debido a la viscosidad, la conducción térmica u otros efectos de absorción. Por ejemplo, en un medio perfectamente homogéneo, un sonido será nueve veces más intenso a una distancia de 100 metros que a una distancia de 300 metros. En la propagación real del sonido en la atmósfera, los cambios de propiedades físicas del aire como la temperatura, presión o humedad producen la amortiguación y dispersión de las ondas sonoras, por lo que generalmente la ley del inverso del cuadrado no se puede aplicar a las medidas directas de la intensidad del sonido.

**El timbre**
Si el tono permite diferenciar unos sonidos de otros por su frecuencia, y la intensidad los sonidos fuertes de los débiles, el timbre completa las posibilidades de variedades del arte musical desde el punto de vista acústico, porque es la cualidad que permite distinguir los sonidos producidos por los diferentes instrumentos. Más concretamente, el timbre o forma de onda es la característica que nos permitirá distinguir una nota de la misma frecuencia e intensidad producida por instrumentos diferentes. La forma de onda viene determinada por los armónicos, que son una serie de vibraciones subsidiarias que acompañan a una vibración primaria o fundamental del movimiento ondulatorio (especialmente en los instrumentos musicales).

Normalmente, al hacer vibrar un cuerpo, no obtenemos un sonido puro, sino un sonido compuesto de sonidos de diferentes frecuencias. A estos se les llama armónicos. La frecuencia de los armónicos, siempre es un múltiplo de la frecuencia más baja llamada *frecuencia fundamental o primer armónico*. A medida que las frecuencias son más altas, los segmentos en vibración son más cortos y los tonos musicales están más próximos los unos de los otros.

Si se toca el La situado sobre el Do central en un violín, un piano y un diapasón, con la misma intensidad en los tres casos, los sonidos son idénticos en frecuencia y amplitud, pero muy diferentes en timbre. De las tres fuentes, el diapasón es el que produce el tono más sencillo, que en este caso está formado casi exclusivamente por vibraciones con frecuencias de 440 Hz. Debido a las propiedades acústicas del oído y las propiedades de resonancia de su membrana vibrante, es dudoso que un tono puro llegue al mecanismo interno del oído sin sufrir cambios. La componente principal de la nota producida por el piano o el violín también tiene una frecuencia de 440 Hz. Sin embargo, esas notas también contienen componentes con frecuencias que son múltiplos exactos de 440 Hz, los llamados tonos secundarios, como 880, 1.320 o 1.760 Hz. Las intensidades concretas de esas otras componentes, los llamados armónicos, determinan el timbre de la nota.

Los armónicos contribuyen a la percepción auditiva de la calidad de sonido o timbre. A continuación veremos algunos ejemplos de sonidos con formas de onda diferentes.