$$\text{Número de Mach (N)} = \frac{\text{velocidad del cuerpo}}{\text{velocidad del sonido}}$$

$$\boxed{N = \frac{Vc}{Vs}} \qquad (3)$$

Ejemplo 4. Un avión lleva una velocidad de 3 Mach. Calcular la velocidad en m/seg y en Km/hr.

Solución:

Por la ecuación 3, tenemos:

$$Vc = NVs$$
$$= 3 \times 340 \text{ m/seg}$$
$$= 1020 \text{ m/seg}$$
$$= 3672 \text{ Km/hr.}$$

2-7 SONIDOS ULTRASÓNICOS.

En temas anteriores se estableció que la frecuencia es una propiedad de las ondas sonoras, ésta no depende de la localización del oyente o incluso si existe este o no. El tono por otro lado es una caracteristica psicológica sensorial. Si "no se tiene oído" para distinguir los tonos, de todas -- formas existirá la diferencia de frecuencia.

Se estableció que el oído humano puede distinguir desde 20 cps hasta 20000 cps, pero este límite va disminuyendo con la edad. Entre mayor sea la frecuencia del sonido se va perdiendo la capacidad de distinguir diferencias de tono.

A los sonidos que pasan del límite superior de audibilidad son llamados *sonidos ultrasónicos*.

Algunos animales pueden escuchar sonidos ultrasónicos. Por ejemplo: el perro, los ratones y el murciélago. Los murciélagos volando en la obscuridad evitan chocar con los objetos, emitiendo sonidos cortos de alta frecuencia. Al escuchar el eco de estos sonidos en los objetos próximos, los murciélagos pueden saber donde están dichos objetos y modificar su vuelo para eludirlos. Algunos cazadores usan silbatos de alta frecuencia para llamar a sus perros, éstos al escuchar obedecen, mientras las personas que están con el cazador, no escuchan nada.

Las ondas ultrasónicas tienen muchas aplicaciones prácticas. La onda de sonido producido por el equipo de sonar de algunos barcos y submarinos, posee una frecuencia de hasta 26000 cps, cuya longitud de onda llega a ser de pocos centímetros. En la industria se utiliza para limpiar los objetos delicados, como las piezas de reloj o para acelerar la limpieza de objetos muy grandes. En la medicina se emplean ultrasonidos que puedan variar mucho de frecuencia. Cuando se utilizan sonidos ultrasónicos "de débil frecuencia" (por abajo de los 35000 cps) el examen de ultrasonido es biológicamente inofensivo.

Al igual que en la radioscopía clásica, el examen ultrasónico requiere de un emisor y un receptor, así los sonidos emitidos por el emisor son reflejados de forma diferente por los huesos y diferentes músculos y fibras nerviosas o incluso cuerpos extraños alojados en el cuerpo, tales como balas, agujas, etc. Los ecos son recibidos por un micrófono especial y la señal es enviada a una pantalla de televisión. Así se obtiene una imagen ultrasónica, tan clara para los especialistas, como una radiografía.

Además el método ultrasónico es empleado también para tratamientos terapéuticos en algunas enfermedades rebeldes al tratamiento clásico.

En el hogar los ultrasonidos son empleados para abrir las puertas de cocheras desde el propio coche. También en algunas máquinas lava trastes, etc.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

La física y la técnica modernas tienen medios de producir "sonidos silenciosos" cuyas frecuencias son mucho mayores que las que se han mencionado anteriormente. El número de vibraciones de estos "ultrasonidos" puede llegar hasta 10^{14} por segundo. La frecuencia máxima que se ha conseguido obtener es igual, actualmente, a 10^{9} vibraciones por segundo.

Uno de los procedimientos para obtener vibraciones ultrasónicas se basa en la propiedad que tienen las láminas de cristal de cuarzo cortadas de una manera especial, de electrizarse superficialmente cuando se comprimen (piezo electricidad). Por el contrario, si las superficies de una de estas láminas se cargan periódicamente, bajo la acción de las cargas eléctricas la placa se contrae y se dilata sucesivamente, es decir, vibra. Así se producen las vibraciones ultrasónicas. La lámina se carga con un generador de haz electrónico como los que se usan en radiotecnia cuya frecuencia se regula de acuerdo con el llamado período propio de las vibraciones de la lámina. Los cristales de cuarzo son fuentes de ultrasonido que resultan demasiado caras y poco potentes, por lo que se emplean principalmente en los laboratorios. En la técnica se emplean materiales sintéticos artificiales, como la cerámica de titanato de bario.

Aunque los ultrasonidos son silenciosos para nosotros, su acción se revela por medio de otras manifestaciones bastante apreciables. Así, por ejemplo, si una lámina vibrante se sumerge en una vasija de aceite, en la superficie del líquido sometido a las vibraciones ultrasonoras se levanta una prominencia de 10 cm de altura y las gotitas de aceite se proyectan hasta una altura de 40 cm. Si en este baño de aceite se introduce el extremo de un tubo de vidrio de un metro de largo sentiremos que la mano que sostiene el otro extremo se quema. En la piel quedarán huellas de esta quemadura. Si el extremo del tubo que se haya en estado vibratorio se pone en contacto con un trozo de madera, producirá en ella un orificio quemado. Tenemos, pues, que la energía del ultrasonido se transforma en calorífica.

El ultrasonido se está estudiando más minuciosamente. Estas vibraciones ejercen acciones muy enérgicas sobre los organismos vivos, las fibras de las algas se rompen, las

células animales revientan, los glóbulos de la sangre se destruyen, los peces y las ranas sometidos a la acción del ultrasonido durante 1 ó 2 minutos, mueren, La temperatura del cuerpo de los animales de experimentación se eleva, por ejemplo, la de los ratones llega a 45°C. Las vibraciones ultrasonoras se emplean en medicina; los ultrasonidos comparten de esta forma la suerte de los rayos ultravioleta invisible sirviendo de agentes terapéuticos.

El ultrasonido se utiliza muy eficazmente en la metalurgia para describir heterogeneidades, sopladuras, grietas y otros defectos que pueda haber dentro del metal. El procedimiento que se sigue para obtener la "radiografía" ultrasonora del metal consiste en lo siguiente: el metal que se ensaya, se moja en aceite y se somete a la acción de las vibraciones ultrasonoras; las partes no homogéneas del metal difunden el sonido y producen una especie de sombras sonoras , con lo cual, la configuración de los defectos se dibuja tan claramente sobre el fondo de las ondulaciones uniformes que cubren la capa de aceite, que la figura que se obtiene se puede hasta fotografiar.

Con el ultrasonido se pueden examinar por transparencia capas metálicas de más de un metro de espesor, cosa imposible de realizar con los rayos X, con la particularidad de que pueden descubrirse fallas muy pequeñas (de hasta 1 mm).

2-8 SONIDOS MUSICALES CARACTERÍSTICOS.

Cuando un objeto cae o se rompe, produce un sonido instantáneo. Este sonido son las vibraciones producidas por el cuerpo y que son captados por el oído. Estas vibraciones no siguen un patrón común, o sea que son vibraciones desordenadas. A este tipo de sonidos producidos por vibraciones desordenadas se les llama *ruido* . Cuando suena un instrumento, éste produce ondas bien ordenadas y con una frecuencia determinada. El oído percibe como un tono preciso. A este tipo de sonidos se les llama *sonidos musicales*. El oído por lo tanto, no tiene dificultad para distinguir un sonido musical

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

de un ruido. Además el sonido musical produce una sensación agradable al oído y un ruido produce una sensación desagradable.

Una de las características que difieren a los sonidos, es el *timbre*. Así por ejemplo, dos sonidos pueden tener la misma amplitud y la misma frecuencia, pero se escuchan diferentes. Ejemplo más claro, cuando los integrantes de un conjunto musical afinan sus instrumentos musicales al mismo tono. Sin embargo, se oyen diferentes. No se necesita tener un oído muy educado para distinguir los diversos instrumentos así como las voces de nuestros amigos. Todos podemos distinguir sus voces debido a sus diferentes timbres. En realidad, la música sería terriblemente monótona y no tendría sentido recurrir a diferentes instrumentos musicales situados ellos tocasen de manera indistinguible, la misma nota.

El hecho de que todos los instrumentos de un grupo musical den la misma nota, físicamente producen la misma vibración fundamental, pero diferentes armónicos. Se llama *nota fundamental* a la vibración más lenta que es la que el oído percibe como nota del instrumento. Se llaman *armónicos* a las notas cuyas frecuencias son múltiples de la nota fundamental. Por ejemplo, supongamos que la frecuencia del tono fundamental es de 60 cps, entonces la vibración en 2 segmentos es de 120 cps y será un tono más alto llamado *segundo armónico*. La vibración con tres segmentos será de 180 cps y será el *tercer armónico*.

El timbre de un sonido depende del número y amplitud relativa de sus armónicos. Los armónicos desde el número 2 en adelante, se llaman en general *sobretonos*. El segundo armónico será el primer sobretono, el tercer armónico será el segundo sobretono y así sucesivamente hasta el quinto armónico.

Si observamos las cuerdas de una guitarra, nos damos cuenta de que unas son más gruesas que otras y que unas son más pesadas que otras. Al afinar la guitarra son tres los factores que determinan la frecuencia del sonido producido

por una cuerda.— longitud, masa — tensión — y siguen ciertas leyes:

1.- A menor longitud mayor frecuencia. La localización de los trastos de una guitarra indica la relación sencilla pero importante de las longitudes de las cuerdas usadas para diferentes tonos.

2.- Cuanto mayor sea la tensión de la cuerda, mayor será la frecuencia. Por supuesto un guitarrista la afina, aflojando y sestirando las cuerdas.

3.- Cuanto más pesada sea la cuerda, menor será la frecuencia. En una guitarra o en cualquier instrumento de cuerdas, se encontrará que las cuerdas que emiten las más bajas frecuencias son las más pesadas.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

PROBLEMAS PARA ANALIZAR.

1.- En un estadio de fútbol, se escucha el alto parlante que se encuentra a 180 m de un aficionado. Si la temperatura es de 25°C, ¿cuál será el tiempo que tarda en llegar el sonido del alto parlante?

Datos:

d= 180 m
t= 25°C

Además, sabemos que el sonido se transmite en el aire y que (de la tabla 1), la velocidad en el aire a 0°C es de 331 m/seg. Ahora podemos utilizar la ecuación:

$$v = v_o + \psi t$$

donde $\psi = 0.61$ m/seg°C

y sustituyendo

$$v = 331 \text{ m/seg} + 0.61 \text{ m/seg°C}(25°C)$$
$$= 331 \text{ m/seg} + 15.25 \text{ m/seg}$$
$$= 346.25 \text{ m/seg}$$

que es la velocidad del sonido, que al ser constante con respecto al tiempo, se puede utilizar la fórmula de velocidad constante:

$$v = d/t$$

despejando $d = vt$

y sustituyendo

$$t = d/v$$
$$= \frac{180 \text{ m}}{346.25 \text{ m/seg}}$$

obtenemos:

$$t = 0.5198 \text{ seg}$$

O sea, que el sonido tarda 0.5198 seg o aproximadamente 0.52 seg en llegar al aficionado.

2.- Suponiendo que las vías del ferrocarril fueran de una sola pieza, ¿cuál será la distancia que recorrería el sonido en 20 seg? Suponer que las vías son de acero y la temperatura es de 20°C.

Solución:

De la tabla 1, la velocidad en el acero a 20°C es de 4990 m/seg, y además, tenemos como dato que el tiempo es de 20 seg, por lo que utilizando la fórmula de velocidad constante:

$$v = d/t$$

despejando $d = vt$

sustituyendo $= 4990$ m/seg (20 seg)

obtenemos $= 99{,}800$ m

Transformando la distnacia a kilómetros:

$$d = \frac{99800 \text{ m}}{1000 \text{ m/Km}}$$
$$= 99.8 \text{ Km}$$

De esta manera encontramos que el sonido recorre casi 100 Km.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

3.- En la figura 3 se muestra la forma de las ondas de choque para un avión que se mueve a velocidad mach 1.1. ¿Cuál será su velocidad en m/seg y en Km/hr?

Solución:

Como dato tenemos que N= 1.1 y sabemos que la velocidad del sonido es 340 m/seg (Vs). Con la siguiente fórmula podemos obtener la velocidad del cuerpo , o del avión en este caso (Vc).

$$N = Vc/Vs$$

despejando $Vc = NVs$

sustituyendo $= 1.1(340 \text{ m/seg})$

obtenemos $= 374 \text{ m/seg}$

Transformando $V = 374 \text{ m/seg}$ a Km/hr, tenemos:

$$V = 374 \frac{m}{seg} \times \frac{3600 \text{ seg/hr}}{1000 \text{ m/Km}}$$

$$= 1346.4 \text{ Km/hr}$$

4.- En un intento por romper el récord de velocidad en tierra, un automóvil especial para esas competencias desarrolla una velocidad de 1000 Km/hr. ¿Cuál será su velocidad expresada como número de mach?

Solución:

Tenemos los siguientes datos:

$$Vc = 1000 \text{ Km/hr}$$

y sabemos que la velocidad del sonido es:

$$Vs = 340 \text{ m/seg}$$

Notamos que una velocidad (Vc) está en Km/hr y la otra (Vs) está en m/seg, por lo que tenemos que transformar la velocidad del automóvil a m/seg:

$$Vc = 100 \text{ Km/hr} \times \frac{1000 \text{ m/Km}}{3600 \text{ seg/hr}}$$

$$= 277.7 \text{ m/seg}$$

Sustituyendo en la fórmula:

$$N = Vc/Vs$$

$$= \frac{277.7 \text{ m/seg}}{340 \text{ m/seg}}$$

$$= 0.8167$$

Se nota que N es menor que 1, porque la velocidad del cuerpo es menor que la del sonido.

NOTA:

En el problema No. 2, no utilizamos la fórmula $v = v_o + \psi t$ ($\psi = 0.61$ m/seg°C), porque de la tabla 1, ya teníamos el valor de velocidad a la temperatura de 20°C, que es la misma que nos había dado como dato el problema.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTOEVALUACIÓN DEL CAPÍTULO 2.

1.- Un petardo se encuentra a 662 m de distancia de un observador. Si el petardo explota y el sonido tarda 2 seg en llegar, ¿a qué velocidad se propagó el sonido si la temperatura era de 0°C?
{v= 331 m/seg}

2.- Un cañón dispara un proyectil a un blanco que está situado a 2600 m. Si el proyectil viaja a la velocidad del sonido cuando la temperatura es de 30°C, calcular: a) la velocidad del proyectil, b) el tiempo que tardará en llegar el proyectil al blanco.
{a) v= 349.3 m/seg, b) t= 7.44 seg}

3.- La explosión de un barreno en un día frío se ve, y el sonido tarda 6 seg en llegar al observador. ¿Cuál será a) la velocidad con que se propaga el sonido si la temperatura es de 4°C, b) a qué distancia se encuentra el observador?
{a) v= 333.44 m/seg, d= 2000.64 m}

4.- Un leñador que está en la montaña golpea su hacha y 1.2 seg después se oye el impacto. a) ¿A qué distancia se encuentra el leñador si la temperatura es de 0°C? b) Si la temperatura aumenta hasta 32°C, ¿cuánto tardará el sonido en llegar al observador?
{a) d= 397.2 m, b) t= 1.13 seg}

5.- Un tubo de 5 Km de longitud es golpeado en uno de sus extremos. Si un observador se pone en el otro extremo, ¿cuánto tardará en escuchar el sonido?
{a) t= 0.974 seg, b) t= 1.002 seg}

6.- El sonar de un submarino detecta un barco hundido a 28 seg. ¿A qué distancia está el barco?
{d= 40,180 m = 40.18 Km}

7.- Un alambre de acero es golpeado. Si el alambre tiene una longitud de 1400 m, ¿cuánto tiempo tardará en escucharse en el otro lado el sonido producido por el golpe?
{t= 0.28 seg}

8.- En un estadio de fútbol se truenan unos petardos al ganar el equipo local. Si los petardos explotan a 20 m de distancia de un locutor que transmite por radio el juego, ¿quién escuchará primero los petardos: un radioescucha que se encuentra a 30 Km de distancia o una persona que se encuentre a 500 m del estadio? (Tomar en cuenta que las ondas de radio viajan a 300,000 Km/seg).
{El radioescucha (t = 0.0601 seg, t = 1.51 seg}

9.- En un lago se encuentran dos lanchas distantes una de otra. Si el sonido de una tarda en llegar 1.6 seg, a la otra y la temperatura es de 10°C, a) ¿cuál es la distancia que hay entre las dos lanchas? b) Si el sonido se propaga por el agua, ¿cuánto tiempo tardaría en llegar de una lancha a otra?
{a) d= 539.6 m, b) t= 0.3758 seg}

10.- Un barco pasa a 940 m de un buzo que se encuentra sumergido bajo el agua. a) ¿Cuánto tiempo tardará en llegarle el sonido? b) Si el buzo sale a la superficie y escucha los motores del barco en el aire, ¿cuánto tiempo tardará nuevamente en llegarle los sonidos si la temperatura es de 22°C?
{a) t= 0.655 seg, b) t= 2.73 seg}

11.- Un cohete despega de su base con una velocidad de 1250 m/seg. ¿Cuál será su velocidad mach? (Suponer como velocidad del sonido = 340 m/seg).
{N= 3.67}

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

12.- Un auto de carreras toma una recta con una velocidad de 320 Km/hr. ¿Cuál será su velocidad mach? (V sonido = 340 m/seg).
{N= 0.26}

13.- Un avión de reacción se desplaza con una velocidad de 1230 Km/hr. ¿Cuál será la velocidad mach del avión?
{N= 1.005}

14.- Si el automóvil Mustang Mach-1 corriera a esa velocidad, ¿cuánto valdría su velocidad a) en m/seg, b) en Km/hr?
{a) v= 340 m/seg, b) v= 1224 Km/hr}

15.- Un cuerpo se encuentra desplazándose en la atmósfera a una velocidad de 60 mach. ¿Qué velocidad posee ese cuerpo?
{v= 20,400 m/seg = 73,440 Km/hr}

2o. SEMESTRE. ÁREA I. UNIDAD VI.

ESTUDIO DE LA LUZ.

La visibilidad depende de la acción de los cuerpos sobre la luz. Sabemos que los cuerpos pueden absorber, refractar o reflejar la luz. Si un cuerpo no absorbe, ni refleja, ni refracta la luz, no puede ser visto; así que si introducimos un trozo de vidrio en agua o mejor aún, en un líquido más denso que el agua, veremos que desaparece casi por completo porque la luz que incide sobre él a través del agua se refracta y refleja muy débilmente.

OBJETIVOS.

1.- Definir cada uno de los términos, conceptos, principios y leyes incluidos en este capítulo.

2.- Calcular, a partir de datos apropiados, la iluminación y la intensidad luminosa de una fuente.

3.- Calcular e interpretar el índice de refracción.

4.- Explicar por qué se refracta la luz que nos llega del sol.

5.- Escribir entre qué intervalo de longitudes de onda, tanto en milimicras y angstroms se encuentra el campo de la luz visible.

6.- Enlistar y diferenciar los tipos de espectros.

7.- Explicar la diferencia que existe entre los colores complementarios y los colores secundarios.

8.- Establecer el orden de mayor o menor longitud las siguientes radiaciones: infrarrojos, ondas de radio, ultravioleta, luz visible y rayos X.

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA