



4. Ondas sonoras

A vibración das cordas dunha guitarra, a dunha campá, un timbre eléctrico, unha copa de cristal ou a das nosas cordas vocais move as capas de aire do contorno. Estas vibracións dos corpos transmítense mediante un movemento ondulatorio.

Se a vibración chega a través do aire ao noso oído, provoca no tímpano vibracións que son transmitidas ao oído interno e, de alí, ao cerebro, producindo unha sensación que chamamos *son*.

➔ **O son é unha vibración ou perturbación mecánica dalgún corpo que se propaga en forma de ondas a través de calquera medio material elástico.**

O ruído

O son orixínase por variacións periódicas, ordenadas, da presión, mentres que o ruído se produce por un só pulso de presión ou por unha sucesión desordenada de cambios de presión.

O ruído está formado por ondas non-periódicas; a súa amplitude e a súa frecuencia varían sen cesar.

Produce ruído unha madeira que renxe e parte, un libro que cae ao chan, unha motocicleta que arrinca...

A onda mediante a que se propaga o son a través dun medio material elástico denomínase **onda sonora**.

Esta caracterízase por ter unha frecuencia dentro do intervalo de percepción do oído humano normal de 20 Hz a 20 000 Hz.

Exemplos de onda sonora son as xeradas polas cordas vocais, polos instrumentos de música...

Así e todo, non todas as ondas son audíbles para o oído humano:

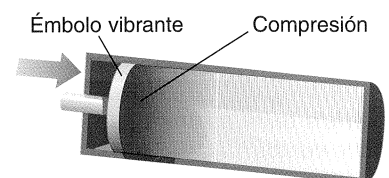
- As **ondas infrasónicas**, con frecuencias que están por debaixo do intervalo audible (frecuencias inferiores a 20 Hz). Son as xeradas, por exemplo, polos tremores de terra.
- As **ondas ultrasónicas**, con frecuencias que están por riba do intervalo audible (frecuencias superiores a 20 000 Hz). Son as xeradas, por exemplo, ao inducir vibracións nun cristal de cuarzo cun campo eléctrico alterno.

4.1. Mecanismo de formación das ondas sonoras

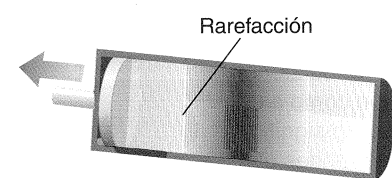
As ondas sonoras son un caso particular de ondas lonxitudinais. Consisten en sucesivas *compresións* e *dilatacións* do medio de propagación, producidas por un foco en movemento vibratorio. Ao paso da onda, o medio experimenta variacións periódicas de *presión*.

A figura amosa o mecanismo de formación e propagación das ondas sonoras unidimensionais, mediante un émbolo vibratorio situado nun extremo dun cilindro estreito de lonxitude indefinida que contén un gas.

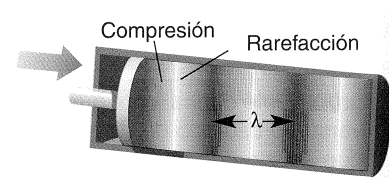
Ao empuxar o émbolo cara á dereita, o gas comprímese na rexión máis próxima a este aumentando a presión e a densidade do gas. Fórmase un *pulso de compresión* que viaxa cara á dereita.



Ao empuxar o émbolo cara á esquerda, o gas próximo a este expándese diminuindo a súa presión e a súa densidade; prodúcese un *pulso de rarefacción* que se propaga polo cilindro.



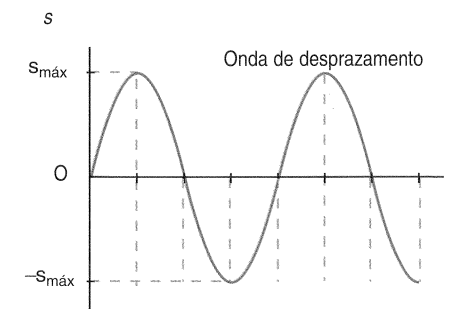
Ao facer oscilar o émbolo rápida e periodicamente, viaxa polo cilindro un tren de *compresións* e *rarefaccións*; a onda lonxitudinal propágase polo tubo, sendo λ a distancia entre dúas compresións ou dúas rarefaccións sucesivas.



A gráfica amosa o desprazamento, respecto da posición de equilibrio, de cada pequeno elemento de volume do gas do cilindro ao paso dunha onda.

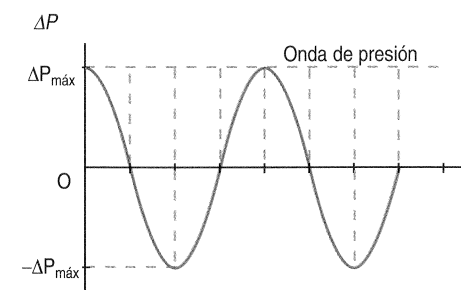
Calquera elemento de volume oscila con movemento harmónico, desprazándose paralelamente á dirección de propagación da onda, o eixe OX. Este desprazamento, s , varía sinusoidalmente ao longo do eixe OX.

➔ Chamámoslle **amplitude de desprazamento**, $s_{máx}$, ao máximo desprazamento dun pequeno elemento de volume do medio respecto da súa posición de equilibrio.



Os desprazamentos das partículas do gas dan lugar a unha variación da presión ao longo do eixe OX. Esta variación prodúcese tamén sinusoidalmente aínda que cun desfaseamento de $\frac{\pi}{2}$ rad respecto da gráfica anterior.

➔ Chamámoslle **amplitude de presión**, $\Delta P_{máx}$, ao cambio máximo da presión a partir do seu valor no equilibrio.



Como se ve ao comparar as dúas gráficas:

- ΔP é máxima cando o desprazamento é cero.
- ΔP é nula cando o desprazamento é máximo.

➔ **A onda sonora pódese considerar como unha onda de desprazamento ou como unha onda de presión.**

FÍXATE

As ondas sonoras, coma calquera onda mecánica, necesitan un medio material elástico para a súa propagación; no baleiro o son non se propaga.

A natureza lonxitudinal das ondas sonoras ponse de manifesto polo feito de que os fluídos, tanto os líquidos coma os gases, son capaces de transmitir; o que é debido a que estes poden experimentar compresións e rarefaccións, é dicir, variacións de presión sucesivas.

Idea unha experiencia para demostrar que o son non se propaga no baleiro.

ACTIVIDADES

- Define o son desde o punto de vista físico e pon exemplos cotiáns de ondas sonoras.
- Por que dicimos que as ondas sonoras son lonxitudinais?
- Cales son os límites de frecuencia das ondas sonoras para que sexan audíbles polo oído humano?
- Xustifica a seguinte afirmación: *Hai sons para os que todos somos xordos*.
- Di que ondas teñen máis frecuencia, as ultrasónicas ou as infrasónicas.
- Recorda a relación entre a frecuencia dun movemento ondulatorio e a súa enerxía. Deseguido, deduce se ten maior enerxía unha onda ultrasónica ou unha onda infrasónica.
- Describe o mecanismo de formación e propagación dunha onda sonora. Fai un debuxo que o ilustre.
- Unha onda sonora pódese considerar como unha onda de desprazamento ou unha onda de presión. Que diferenza de fase existe entre o desprazamento e a presión dunha onda sonora?
- Investiga sobre algunhas das aplicacións médicas dos ultrasóns. Coa información obtida, elabora un informe e expono na clase.

4.2. Velocidade das ondas sonoras

A velocidade das ondas sonoras é independente da fonte sonora, pero depende da natureza do medio de propagación.

Velocidade nos sólidos

$$v_s = \sqrt{\frac{E}{d}}$$

E = módulo de Young ou elasticidade de volume

$$\left(\text{Unidade no SI: } \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa} \right)$$

d = densidade do sólido

Velocidade nos líquidos

$$v_l = \sqrt{\frac{Q}{d}}$$

Q = módulo de compresibilidade do líquido

$$\left(\text{Unidade SI: } \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \text{Pa} \right)$$

d = densidade do líquido

Velocidade nos gases

$$v_g = \sqrt{\frac{\gamma P}{d}} ; v_g = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

γ = coeficiente adiabático ($\gamma_{\text{(aire)}} = 1,4$)

P = presión do gas (Unidade SI: Pa)

R = constante universal dos gases ($8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)

T = temperatura absoluta

M = masa molar do gas

d = densidade do gas

XATE

Igual que en todas as ondas mecánicas, cúmprese a relación entre a velocidade destas, a súa lonxitude de onda e a súa frecuencia:

$$v = \lambda f$$

As ondas sonoras propáganse máis rapidamente nos sólidos ca nos líquidos e nestes máis ca nos gases:

— A maior velocidade dáse nos sólidos, xa que o módulo de Young dos sólidos é maior ca o módulo de compresibilidade dos líquidos e dos gases.

— Nos gases, dada a súa pequena densidade, a velocidade deberá ser maior ca nos líquidos. Non obstante, é maior nestes, xa que o módulo de compresibilidade dos gases, γP , é menor.

A velocidade do son no aire a 20°C é aproximadamente de 340 m/s .

EMPLO 6

Calcula o valor da velocidade das ondas sonoras na auga sabendo que a súa densidade é $1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ e o seu módulo de compresibilidade vale $2,16 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$. Cal é a lonxitude de onda das ondas sonoras na auga se a súa frecuencia é 1000 Hz ?

— Datos: $d = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

$$Q = 2,16 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$$

$$f = 1000 \text{ Hz}$$

— Velocidade de propagación do son na auga:

$$v = \sqrt{\frac{Q}{d}} ; v = \sqrt{\frac{2,16 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2}{1,0 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3}} = 1470 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

— Lonxitude de onda:

$$v = \lambda f ; \lambda = \frac{v}{f} ; \lambda = \frac{1470 \text{ m/s}}{1000 \text{ Hz}} = 1,47 \text{ m}$$

CTIVIDADES

- Di que fundamento físico ten o feito de que os indios pousasen o oído na terra para determinar a presenza de soldados no seu territorio.
- Nun extremo dunha viga de ferro de 100 m colóuse un espertador. a) Oírase o tictac ao poñer o oído sobre o outro extremo da viga? b) Oírase a través do aire á mesma distancia?
- Para coñecer a distancia en quilómetros á que caeu un raio adóitase empregar este procedemento: contar os segundos transcorridos desde que se viu o lóstrego ata que se oíu o trono e dividilos por 3. Razoa por que é efectivo este método.

- Calcula a velocidade das ondas sonoras no aire: a) a 0°C e b) a 30°C . ($M_{\text{aire}} = 28,8 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$)
Sol.: a) 332 m/s ; b) 350 m/s
- Nunha tempestade oíuse o trono 10 s despois de verse o lóstrego. A que distancia se produciu o lóstrego?
Sol.: $3,4 \text{ km}$
- Se a lonxitude de onda dun son que se propaga polo ferro a 20°C vale $5,1 \text{ m}$, calcula o período e a frecuencia da onda sonora. ($v_{\text{son}} (20^\circ\text{C}) = 5130 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)
Sol.: $9,9 \cdot 10^{-4} \text{ s}$; $1005,9 \text{ Hz}$

4.3. Calidades do son

Os nosos oídos poden diferenciar un son forte dun débil e un son grave doutro agudo. Ademais, distinguimos se proceden dun instrumento musical ou outro, dunha persoa ou doutra... Todo iso é posible grazas a tres calidades do son relacionadas coas características das ondas: a **intensidade**, o **ton** e o **timbre**.

Intensidade

A intensidade sonora presenta dous aspectos ben diferenciados: a **intensidade física ou obxectiva** e a **intensidade fisiolóxica ou subxectiva**.

A **intensidade física** ou **obxectiva**, é dicir, o volume acústico, é a enerxía que transmite a onda sonora por unidade de tempo a través da unidade de superficie perpendicular á dirección de propagación.

A **intensidade fisiolóxica** ou **subxectiva** é a sensación sonora de maior ou menor intensidade que percibe o oído humano.

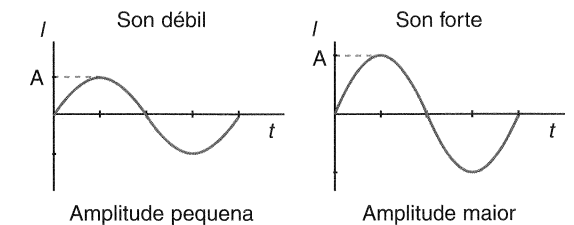
O intervalo de intensidades sonoras que pode percibir o oído vai desde o **limiar de audición** ou **intensidade mínima audible** de $1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$ ata o **limiar de dor** de 1 W/m^2 , que ocasiona sensación dolorosa na maioría das persoas.

Para medir o **nivel de intensidade sonora** percibido polo oído establécese unha escala logarítmica. Este nivel de intensidade sonora mídese en decibels, dB:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

β = nivel de intensidade sonora (dB)
 I = intensidade do son ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)
 I_0 = intensidade de referencia, limiar de audición, $1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Un valor de 0 dB equivale ao limiar de audición. E 120 dB equivalen ao limiar de dor. Os sons de menos de 10 dB son dificilmente audíbles, mentres que os superiores a 100 dB producen molestias; a partir de 140 dB experimentamos dores agudas.



■ Relación entre a intensidade sonora e a amplitude.

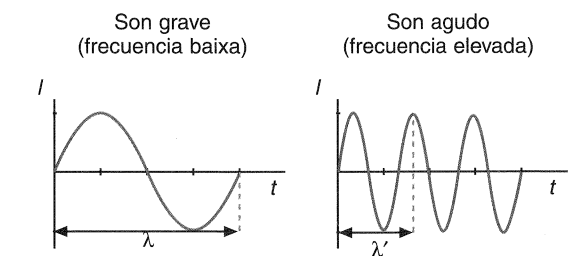
Ton

Permite distinguir os sons *graves* dos sons *agudos*. Depende da frecuencia do son e, polo tanto, das compresións e enrarecementos que o oído percibe por segundo.

Os **sons graves** ou **tons baixos** corresponden ás ondas de baixa frecuencia (poucas vibracións por segundo).

Os **sons agudos** ou **tons altos** corresponden ás ondas de maior frecuencia (gran número de vibracións por segundo).

Grazas a esta calidade do son podemos distinguir as diferentes notas que emite un mesmo instrumento musical.



■ Ton dun son.

Timbre

Esta calidade permítenos distinguir dous sons de igual intensidade e ton emitidos por dous focos sonoros distintos.

O timbre depende da forma da onda sonora e permítenos distinguir se un son procede dun violín ou dunha guitarra, recoñecer as persoas pola súa voz aínda que non as vexamos.

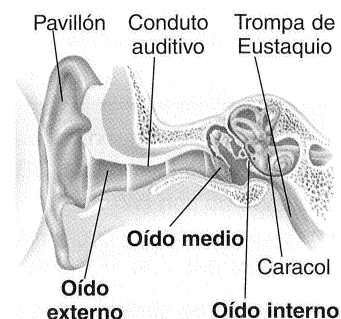
Normalmente, os sons non son puros, é dicir, as ondas sonoras correspondentes non son perfectamente sinu-

soidais, senón que son o resultado de varios movementos periódicos superpostos á onda fundamental e denomínanse **harmónicos** ou **sobretóns**. Así, cada son procedente dun instrumento musical, dunha persoa ou dun foco sonoro calquera é unha **onda composta** e ten unhas características específicas que o distinguen dos demais.

O timbre dun son depende do número, da intensidade e da frecuencia dos distintos harmónicos que acompañan o son fundamental.

Recepción do son

O noso oído está capacitado para percibir as ondas sonoras.



Oído externo. Nel, as ondas sonoras son recollidas polo *pavillón do oído*, pasan polo *conduto auditivo* e chegan ao *tímpano*. As variacións de presión producen nesta membrana unhas oscilacións forzadas.

Oído medio. Nel, as vibracións do tímpano son percibidas por unha cadea de catro pequenos ósos que actúa ampliando as excitacións que chegan ao tímpano. Estas transmítense á ventá oval, de superficie moito menor ca o tímpano, onde as variacións de presión das ondas se multiplican aproximadamente por 50.

O oído medio mantense á mesma presión ca o exterior, xa que está comunicado coa gorxa pola chamada *trompa de Eustaquio*.

Oído interno. Contén un líquido acuoso incompresible que transmite as vibracións que chegan á ventá oval. Estas son recollidas por unha membrana flexible, chamada *membrana basilar*, situada ao longo do *caracol* e que o divide en dúas seccións. Sobre ela distribúense as fibras de Corti, que son filamentos terminais do *nervio auditivo*, dos que hai uns 30 000 en cada oído.

Os cambios químicos producidos nas células destas fibras dan lugar a diferenzas de potencial produtoras de correntes que, a través dos nervios transmisores, chegan ao cerebro, onde se converten en sensacións sonoras.

EXEMPLO 7

Certa fonte puntual emite ondas sonoras de 80 W de potencia. a) Calcula a intensidade das ondas a 3,5 m da fonte. b) A que distancia da fonte se reduce o son a un nivel de 40 dB?

— Datos: $P = 80 \text{ W}$; $S = 4 \pi R^2$; $R = 3,5 \text{ m}$; $\beta = 40 \text{ dB}$; $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$

a) Para determinar a intensidade das ondas esféricas emitidas pola fonte puntual, debemos ter en conta que a enerxía se reparte por toda a superficie:

$$I = \frac{P}{4 \pi R^2}; I = \frac{80 \text{ W}}{4 \pi (3,5 \text{ m})^2} = 0,52 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

b) Para calcular a intensidade no nivel de 40 dB empregamos a seguinte expresión, sen ter en conta a absorción do aire que provoca o amortecemento das ondas:

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0}; \frac{\beta}{10} = \log \frac{I}{I_0}; \frac{40}{10} = \log \frac{I}{I_0}; 4 = \log \frac{I}{I_0}$$

$$10^4 = \frac{I}{I_0}; I = 10^4 I_0; I = 10^4 \cdot 1,0 \cdot 10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 1,0 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

A partir da expresión $I = \frac{P}{4 \pi R^2}$, podemos obter o valor de R :

$$R = \sqrt{\frac{P}{4 \pi I}}; R = \sqrt{\frac{80 \text{ W}}{4 \pi 1,0 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2}} = 2,52 \cdot 10^4 \text{ m}$$

ACTIVIDADES

40. Describe as calidades do son e pon exemplos delas.
41. Calcula o nivel de intensidade sonora que corresponde aos limiares de audición ($I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$) e de dor ($I = 1,0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$).
Sol.: 0 dB e 120 dB
42. Razona se o oído humano é capaz de percibir ondas sonoras de nivel de intensidade 100 dB con lonxitudes de onda no aire de 30 m, 12 m e 0,003 m.
43. Un violín dá a nota en *la* cunha frecuencia de 440 Hz e un piano dá a nota en *do* cunha frecuencia de 264 Hz. Calcula a lonxitude de onda de ambos os sons (velocidade da onda sonora = 340 m/s).
Sol.: 0,77 m; 1,29 m
44. Os ladridos dun can teñen unha potencia de 1 mW. Se se supón que esta potencia se distribúe uniformemente por toda a área dunha semiesfera: a) Cal é o nivel de intensidade sonora a unha distancia de 4 m? b) Cal sería este nivel se ladrasen á vez tres cans coa potencia de 1 mW? Neste caso, por que factor se multiplicou a intensidade do son? Por que factor se multiplicou o nivel de intensidade sonora?
Sol.: a) 70 dB; b) 74,7 dB; por 3 e por 1,067
45. O nivel medio de intensidade sonora dun aparello de radio é de 45 dB. Se dous aparellos de radio iguais están funcionando ao mesmo tempo, cal é o nivel medio de intensidade sonora?
Sol.: 48 dB

4.4. Contaminación acústica

Hoxe en día é moi común falar de **contaminación**, termo que aplicamos á acumulación de distintas substancias nocivas para a saúde ou para o ambiente.

A sociedade cada vez está máis sensibilizada coa tarefa de evitala. Así e todo, aínda non se actúa enerxicamente contra a denominada **contaminación acústica**, é dicir, a produción de sons e ruídos excesivos.

Coa idade diminúe o límite superior de frecuencia audible; así, unha persoa de mediana idade é xorda para os sons de ton máis alto e frecuencias superiores a 16 000 Hz. Ao redor dos 70 anos xa non se escoitan os sons de máis de 8 000 Hz, co que se ve moi dificultada a capacidade de entender as conversacións.

Este proceso de envellecemento, con perda parcial ou total da audición, especialmente na zona de altas frecuencias, prodúcese anticipadamente se nos expoñemos de forma continuada ou frecuente a un nivel de sonoridade superior a 100 dB.

Normativa respecto ao ruído

A Organización Mundial da Saúde (OMS) considera España como o segundo país máis ruidoso do mundo, xa que o 70 % da súa poboación sofre niveis de ruído superiores a 65 decibels (dB).

O Parlamento Europeo aprobou en xuño de 2002 a Directiva sobre avaliación e xestión do Ruído Ambiental, que obriga os Estados membros a elaborar mapas de ruído para as poboacións de máis de 250 000 hab. (xuño de 2007) e de ata 100 000 hab. (2012).

En España, o Ministerio de Medio Ambiente e as Comunidades Autónomas traballan para mellorar as normas estatais (a Lei do Ruído de 2003, baseada na Directiva Europea) e autonómicas.

Ruídos máis frecuentes	dB	Efectos do ruído
Reactor en pista Avión despegando	130 120	Limiar da dor. Unha exposición breve a niveis de 140 ou 150 dB pode chegar a romper os tímpanos. A partir de 100 dB, o oído pódese lesionar gravemente.
Discoteca Pequeno taller mecánico	100 90	Ruído perigoso. Perda parcial da audición tras unha breve exposición. A conversación resulta imposible. Unha persoa exposta habitualmente durante o seu traballo a niveis de ruído de 90 dB pode experimentar unha perda permanente de audición do 25 %.
Comedor escolar Fotocopiadora	80 80	Ruído molesto. Diminución da audición. Máis do 80 % dos españois soporta sons superiores aos 80 dB, o que supón riscos psicolóxicos e fisiolóxicos: problemas auditivos, cardiovasculares, respiratorios e dixestivos.
Rúa animada Oficina ruidosa	70 60	Ruído molesto. Nas grandes cidades os pacientes con problemas de audición adoitan ter entre 30 e 45 anos; en cambio, ata hai pouco, estes problemas aparecían a partir dos 60 anos. As palabras enténdense mal e vese limitado o uso do teléfono.
Conversación tranquila	50	Ruído lixeiro
Dormitorio tranquilo	30	Ruído moi lixeiro

ACTIVIDADES

46. É necesario adquirir unha conciencia colectiva para diminuír os ruídos, limitar o volume acústico da música, respectar a saúde e o descanso...
 - a) Formade grupos de traballo e investigade sobre que medidas se toman na vosa localidade para evitar a contaminación acústica.
 - b) Coa información obtida no apartado anterior organizade un coloquio que teña por título: *É suficiente a normativa vixente para preservar a saúde e o medio da contaminación acústica?*

Ultrasons

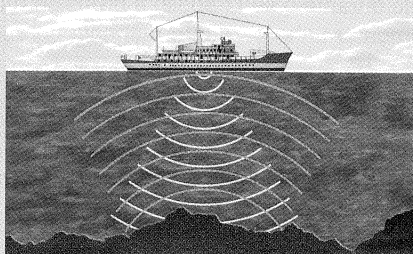
Chamámolles ultrasóns a aquelas ondas sonoras cunha frecuencia que está por encima do intervalo audible polo ser humano (frecuencias superiores a 20 000 Hz).

A xeración de ultrasóns con fins médicos e industriais realízase mediante o fenómeno da **piezoelectricidade**. Ao facer incidir unha corrente alterna sobre unha lámina de cuarzo prodúcese nela vibracións mecánicas e as oscilacións das partículas da lámina dan lugar ás ondas ultrasónicas.

Sonar

Este instrumento está baseado na emisión, reflexión e detección de ultrasóns. Se estas ondas atopan algún obstáculo na súa propagación, reflíctense e volven ao lugar de emisión. Pódese deducir a distancia ao obxecto a partir do tempo transcorrido entre a emisión e a recepción das ondas.

A primeira aplicación do sonar é a que impulsou a investigación dos ultrasóns foi a medición da profundidade do mar. O sonar tamén se utiliza en submarinos para a detección de corpos somerxibles, como minas, e na pesca para localizar bancos de peixes.



Aplicacións terapéuticas

Terapia ultrasónica

Utilízase con éxito nunha ampla gama de patoloxías traumatolóxicas, reumatolóxicas e dermatolóxicas.

Nas zonas tratadas con ultrasóns prodúcese unha reactivación da circulación sanguínea, estímase o metabolismo celular, libéranse substancias vasodilatadoras ou disgreganse moléculas complexas.

Soldadura ósea

Algunhas fracturas óseas teñen unha consolidación tardía ou difícil. Os estudos realizados amosan que nos pacientes tratados con ultrasóns o tempo medio de consolidación redúcese en varios días.

Ecografía

Esta técnica permite o exame do estado do feto durante o seu desenvolvemento no útero materno.

Unha sonda articulada desprázase sobre o abdome da nai e envía en distintas direccións ultrasóns de ata 5 MHz de frecuencia. A reflexión dos ultrasóns na superficie dos tecidos corporais é practicamente total. Os ecos son rexistrados electronicamente e traducidos en trazos luminosos, ata chegar a reproducir a imaxe do feto sobre unha pantalla.



Aplicacións industriais

Limpeza ultrasónica

Consiste en somerxer a peza nun baño de auga e sometela a ultrasóns. Entón ten lugar un fenómeno coñecido como cavitación: na auga prodúcese implosións que rompen a estrutura molecular das partículas de sucidade.

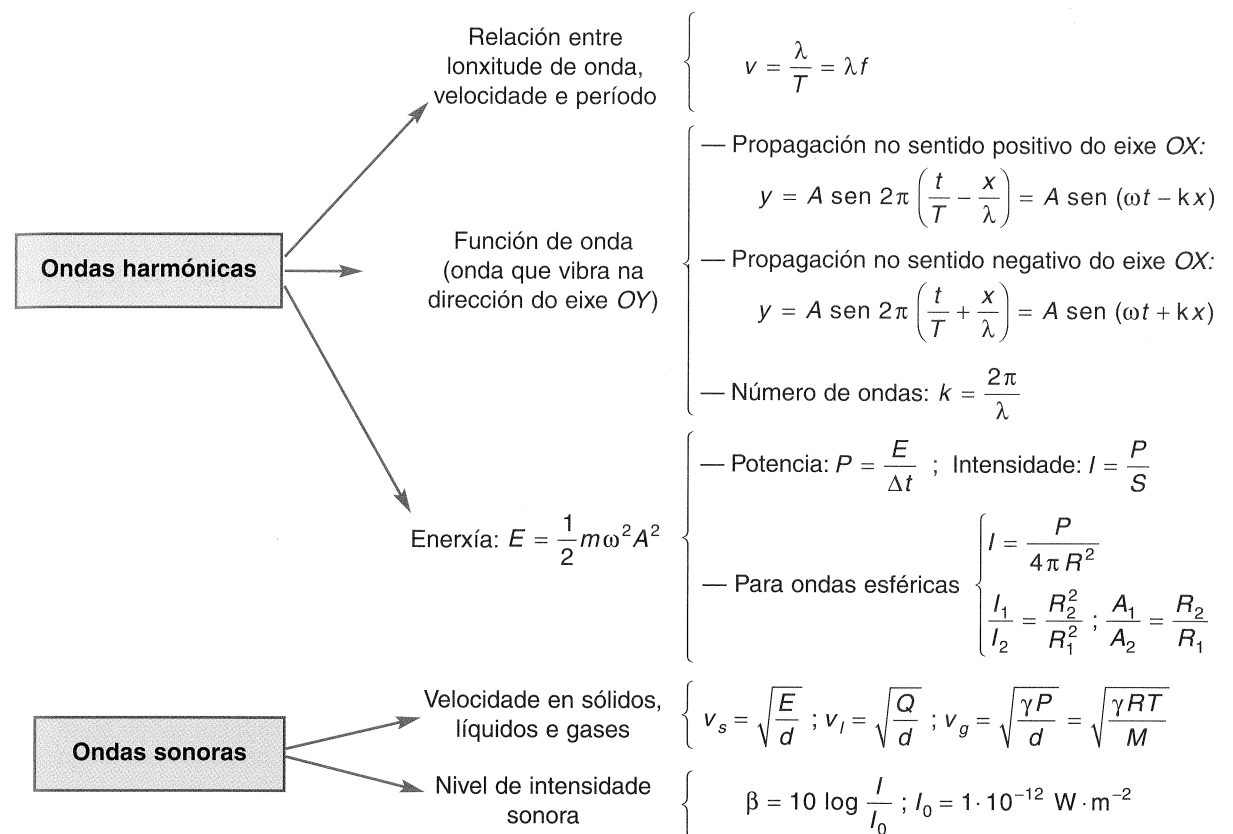
Soldadura de termoplásticos

Ao aplicarlle ultrasóns a un material plástico xérase calor por fricción en zonas locais, co que podemos unir molecularmente distintas partes nun curto espazo de tempo.

Reflexiona

- Foi o físico francés Paul Langevin (1872-1946) quen xerou por primeira vez ultrasóns utilizando o fenómeno da piezoelectricidade. Busca información sobre a súa contribución científica e elabora un resumo.
- Investiga o rango de frecuencias e intensidades dos ultrasóns empregados para as distintas finalidades que se expoñen nesta páxina e anótaos nunha táboa.

RESUMO DE FÓRMULAS



IDEAS CLAVE

- O **movemento ondulatorio** é a transmisión de enerxía, sen transporte neto de materia, mediante a propagación dunha perturbación que se denomina **onda**.
- As **ondas mecánicas** consisten na propagación dunha **perturbación** de tipo **mecánico** a través dun **medio material elástico**.
- Unha **onda** é **transversal** se a súa **dirección** de **propagación** é **perpendicular** á da **oscilación**.
- Unha **onda** é **lonxitudinal** se a súa **dirección** de **propagación** é **paralela** á da **oscilación**.
- Chamámolles **ondas harmónicas** ás que teñen a súa orixe nas perturbacións periódicas producidas nun medio elástico por un movemento harmónico simple.
- A **función de onda**, **y**, representa o valor da elongación para cada punto do medio en función do tempo.
- Para un tempo fixo, a **elongación y** é unha **función sinusoidal** da posición **x**, que ten de **período** a **lonxitude de onda** **λ**.
- Para unha **posición fixa**, a **elongación y** é unha **función sinusoidal** do tempo **t**, con **período T**.
- A **enerxía transmitida** por unha **onda harmónica** é proporcional ao **cadrado da amplitude** da onda e ao **cadrado da frecuencia**.
- Chamámolles **intensidade, I**, dunha **onda** á enerxía que atravesa por unidade de tempo unha superficie unidade perpendicular á dirección de propagación da onda.
- A onda, ao afastarse do foco emisor, diminúe a súa enerxía debido á **atenuación**, ao aumentar a superficie da fronte de onda, e mais á **absorción** no medio.
- O **son** é a **vibración** dalgún corpo que se transmite e propaga por calquera **medio material elástico**. A onda sonora pódese considerar como unha **onda de desprazamento** ou como unha **onda de presión**.
- As calidades do son, que dependen das características da onda sonora, son: **intensidade**, **ton** e **timbre**.