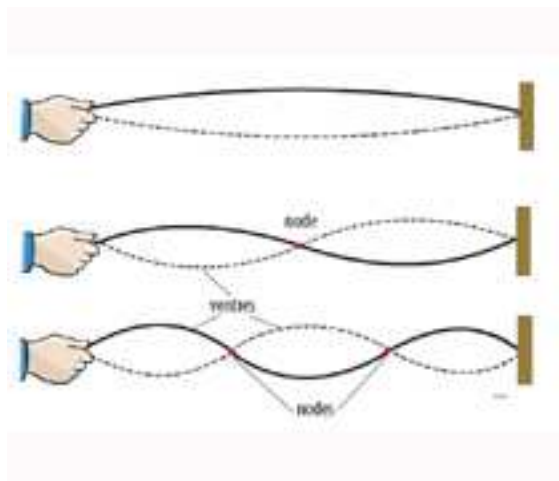
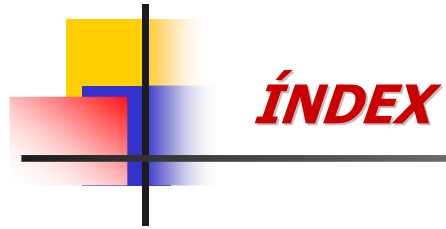


Tema 4. Moviment ondulatori

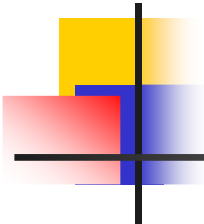




- 4.1. Què és una ona?
- 4.2. Classificació de les ones
- 4.3. Paràmetres d'una ona
- 4.4. Ones harmòniques
- 4.5. Ones sonores
- 4.6. Ones electromagnètiques

http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Ondasbachillerato/ondasCaract/ondas-Caract_indice.htm

<http://web.educastur.princast.es/proyectos/fisquiweb/MovOnd/index.htm>

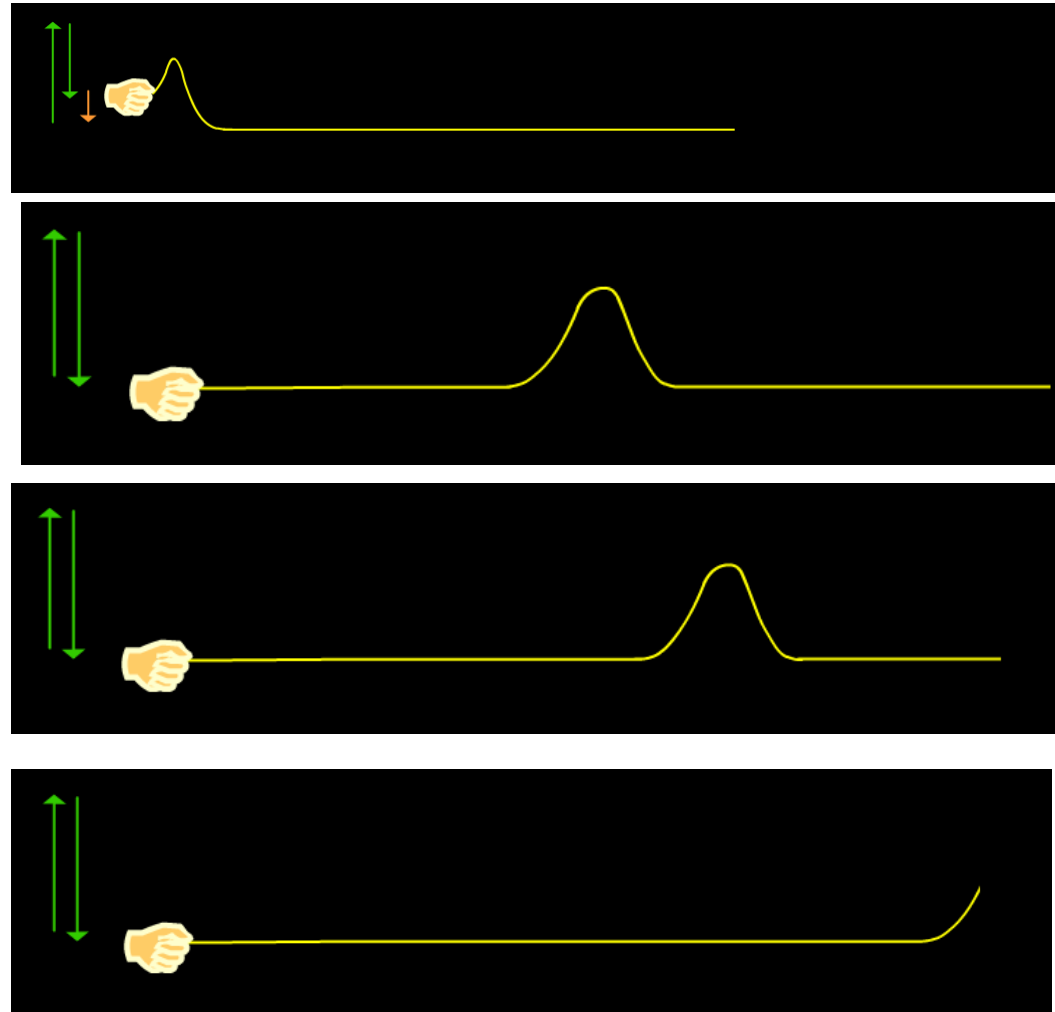


4.1. Què és una ona?

Molts fenòmens de la vida quotidiana són exempte de moviment ondulatori o ones.

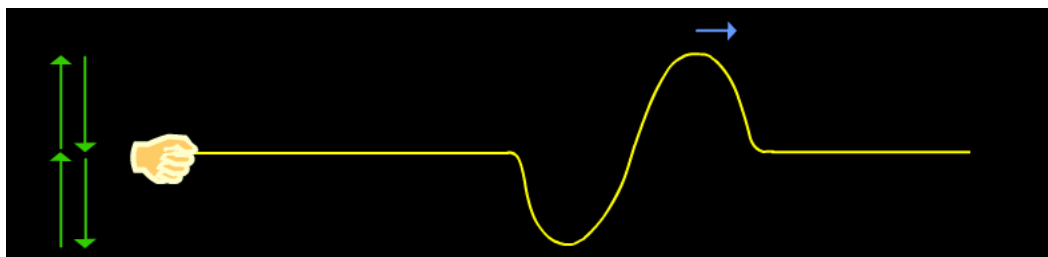
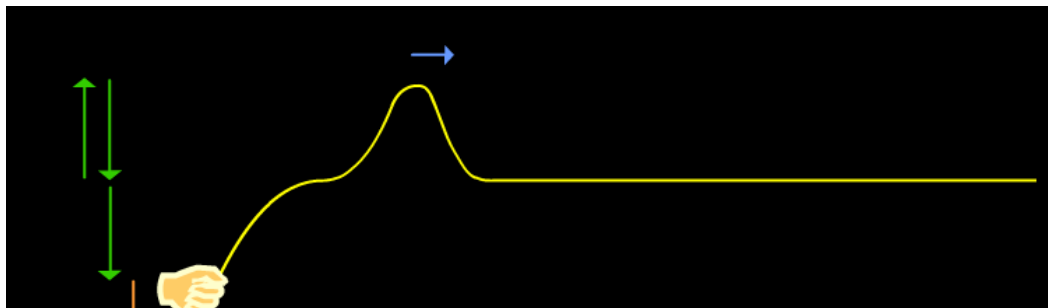
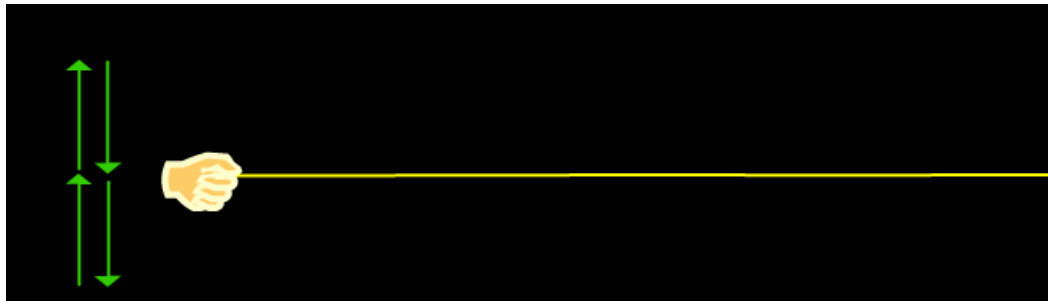
- la forma que adquireix una corda al fer vibrar un dels seus extrems.
- el so produït per la laringe dels éssers humans.
- les ones produïdes quan es llança una pedra a un llac.
- té energia ja que produeix un canvi de temperatura en l'habitació).
- les ones electromagnètiques produïdes per emissores de ràdio, televisió,...
- la llum...

UNA ONA ÉS UNA PERTORBACIÓ QUE ES PROPAGA A TRAVÉS D'UN MEDI, I FINS I TOT, A TRAVÉS DEL BUIT. EN AQUESTA PROPAGACIÓ TRANSPORTA ENERGIA (i quantitat de moviment) I NO MATÈRIA. En una ona el que avança i progressa no són partícules sinó la pertorbació (o l'energia).



La perturbació produïda s'anomena un pols d'ona (té un principi un final). La perturbació transporta energia i quantitat de moviment a cada partícula de la corda, però el que avança i progressa és la perturbació, la corda al final està en el mateix lloc que al principi.

La foto d'una ona és com es propaga una perturbació.



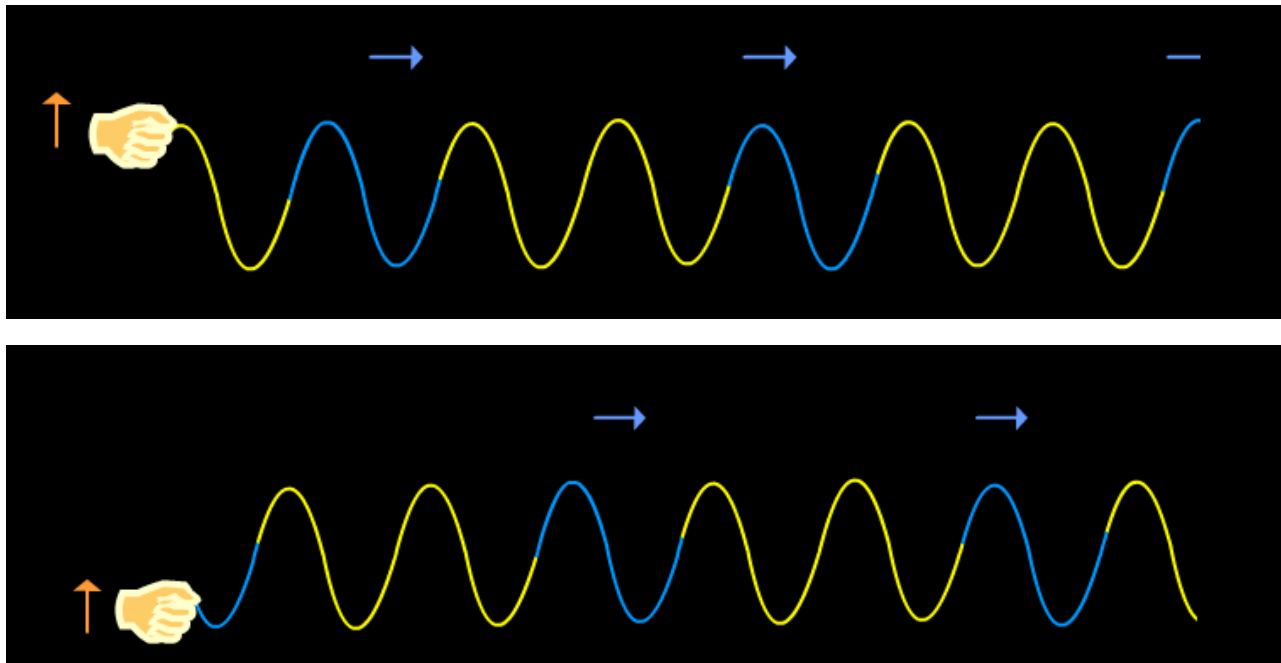
La perturbació produïda s'anomena un pols d'ona (la mà fa un moviment de vaivé complet). La perturbació transporta energia i quantitat de moviment a cada partícula de la corda, però el que avança i progressa és la perturbació, la corda al final està en el mateix lloc que al principi.

La foto d'una ona és com es propaga una perturbació.

Si la corda es mou cap a dalt i cap avall constanment , es produeix un tren d'ones o una contínua que es propaga per la corda.

Per visualitzar clarament aquest moviment s'ha colorejat de blau el tram d'ona que corresponen a un cicle complet.

La foto d'una ona és com es propaga una pertorbació.



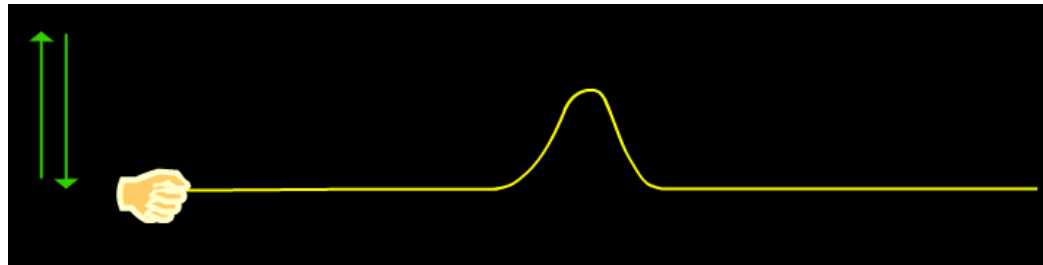
Fixeu-vos que la direcció de la pertorbació (moviment de la mà) i la de la propagació de l'ona són perpendiculars. Això és una ona transversal.

4.2. Classificació de les ones

Les ones es poden classificar seguint diversos criteris:

4.2.1. Classificació de les ones segons les dimensions en què es propaguen.

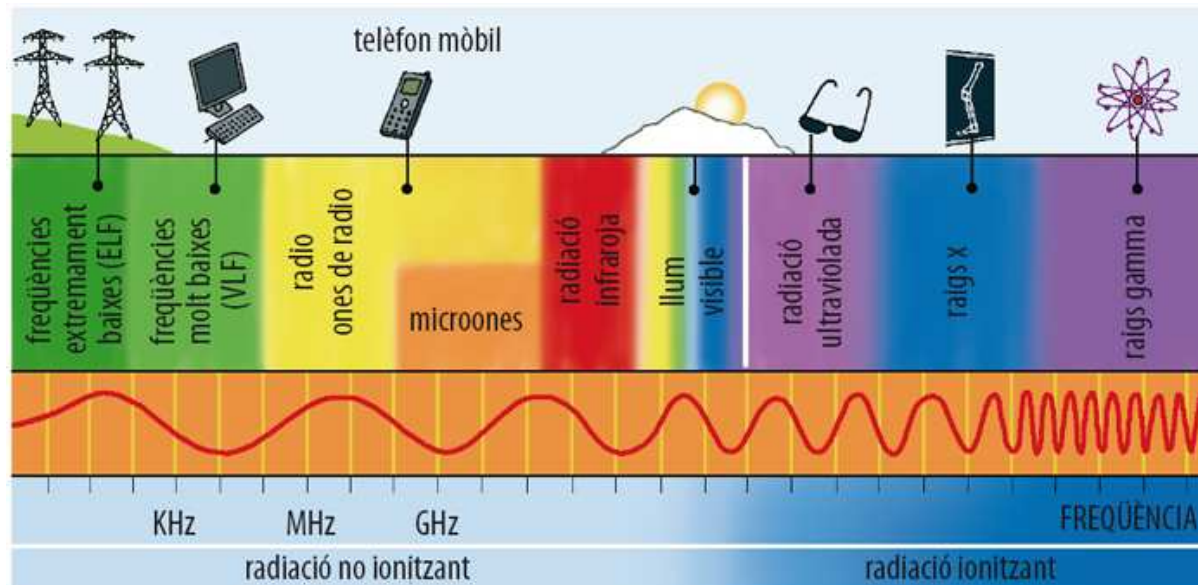
- **Ones unidimensionals:** són les ones que es propaguen en una sola direcció. En són un exemple les ones produïdes en una corda.



- **Ones bidimensionals:** són les ones que es propaguen en un pla (en dues dimensions). És el cas de les ones produïdes a la superfície d'un líquid.
- **Ones tridimensionals:** són les ones que es propaguen en una l'espai. El so i la llum són exemples. Pensem que el so emès per un altaveu, generalment se sent en tots els punts de l'espai al voltant de l'altaveu.

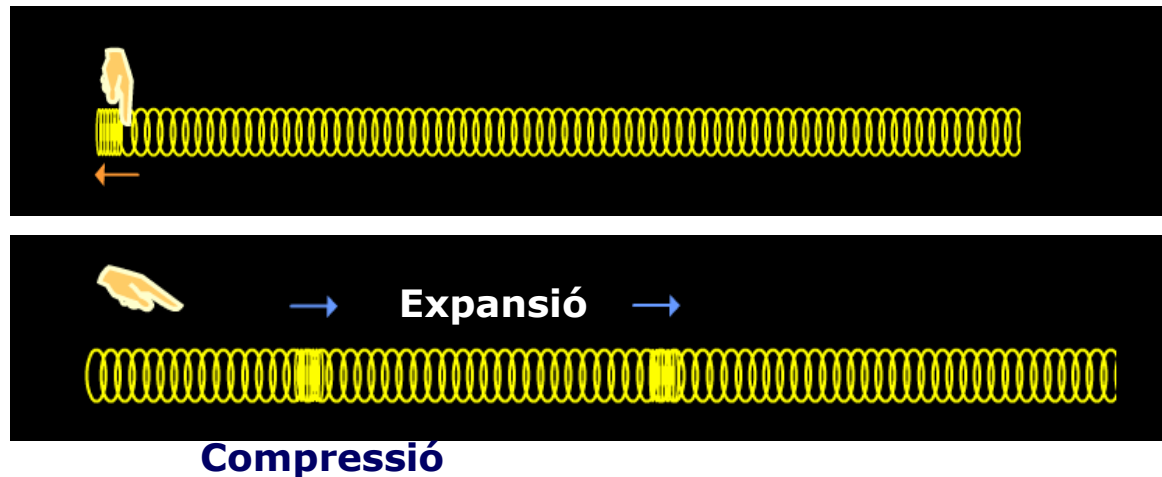
4.2.2. Tipus d'ones segons el medi de propagació

- **Ones mecàniques:** són les ones que necessiten un medi per propagar-se. Exemple el so, les ones produïdes a la superfície d'un líquid, l'ona produïda en una corda.
- **Ones electromagnètiques:** són les ones que no necessiten un medi per transmetre's, i que, per tant, es poden propagar en el buit. Són exemples, les ones electromagnètiques (la llum visible, les ones de ràdio, els infrarojos, els raigs X, les ones de televisió, les ones microones, el raig ultraviolat ...). El conjunt de totes les ones electromagnètiques formen l'espectre electromagnètic.

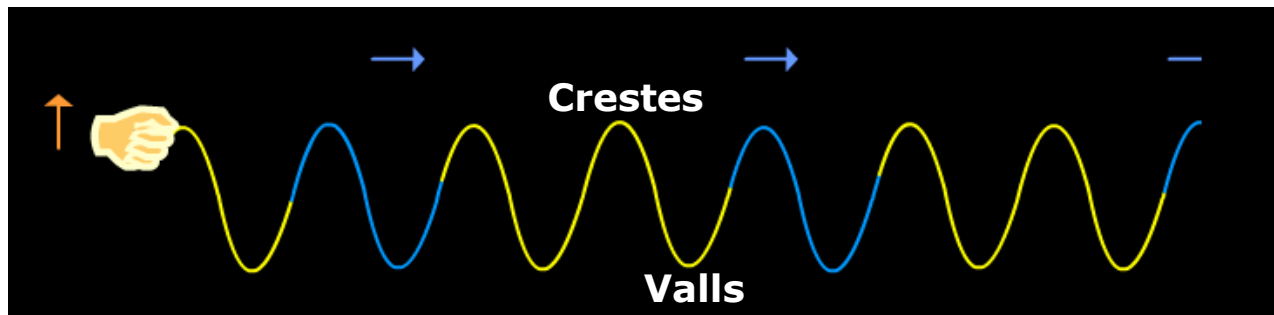


4.2.3. Tipus d'ones considerant la direcció de propagació de l'ona en relació amb la direcció d'oscil·lació de les partícules del medi.

- **Ones longitudinal:** són les ones en les quals la direcció d'oscil·lació de les partícules del medi és la mateixa que la direcció de propagació de l'ona.

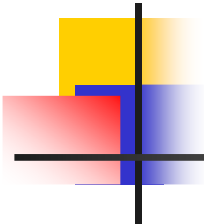


- **Ones transversal:** són les ones en les quals la direcció d'oscil·lació de les partícules del medi és perpendicular a la direcció de la propagació de l'ona.



Crestes• Posicions d'elongació màxima.

Valls• Posicions d'elongació mínima.

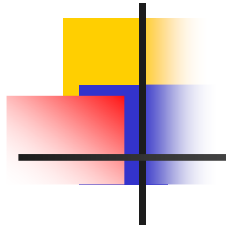


4.3. Paràmetres d'una ona

De totes les ones que existeixen estudiarem només aquelles que produeixen un moviment harmònic simple a les partícules del medi (és a dir oscil·len respecte una posició d'equilibri).

Aquestes ones són les ones harmòniques i estudiarem les seves funcions d'ona.

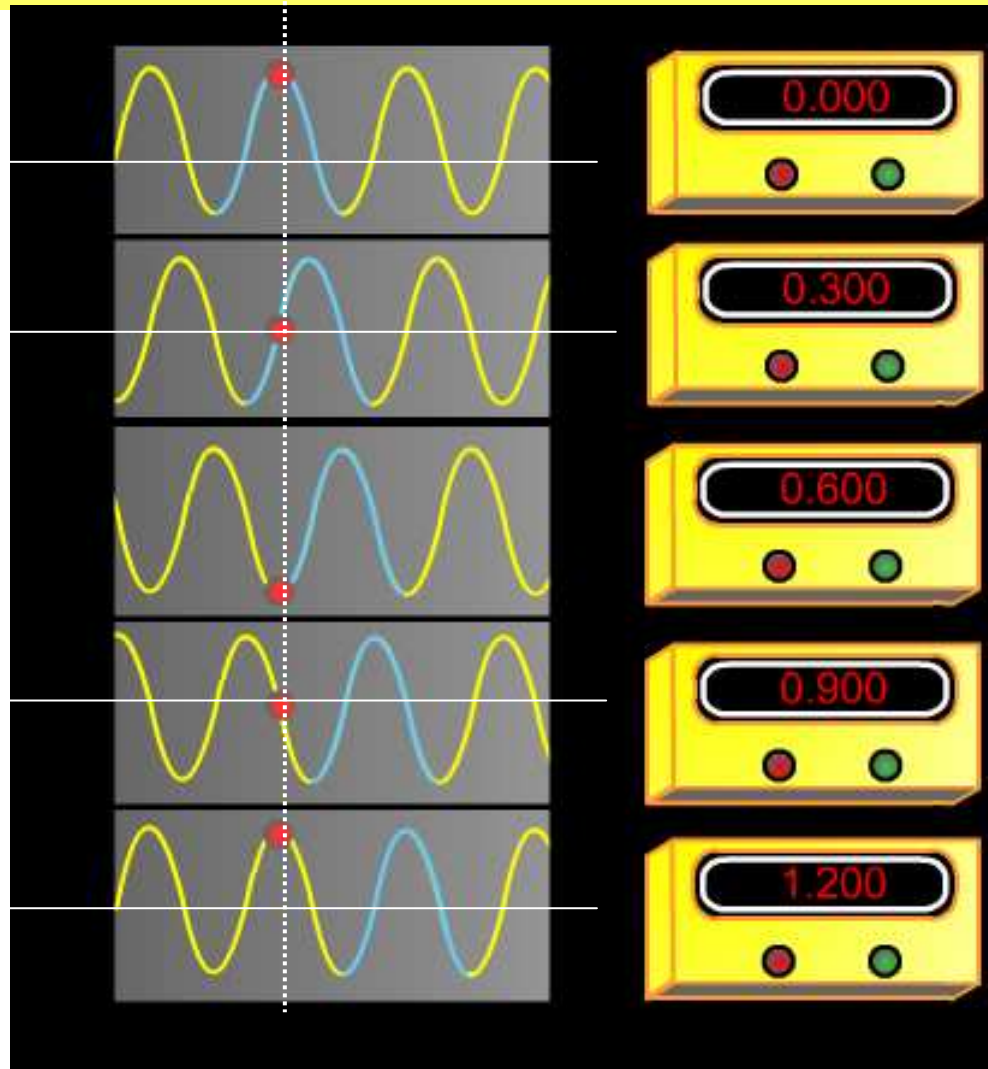
Veure animació. El moviment de propagació de l'ona (d'esquerra a dreta), el moviment oscil·latori del punt del medi (dalt i sota).



Així per exemple el so:

- És una ona tridimensional
- És una ona mecànica (necessita d'un medi per propagar-se)
- I és una ona longitudinal.

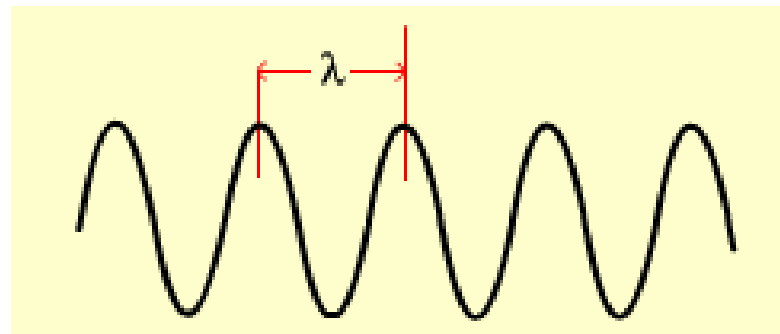
Veure animació. El moviment de propagació de l'ona (d'esquerra a dreta), el moviment oscil·latori del punt del medi (dalt i sota).



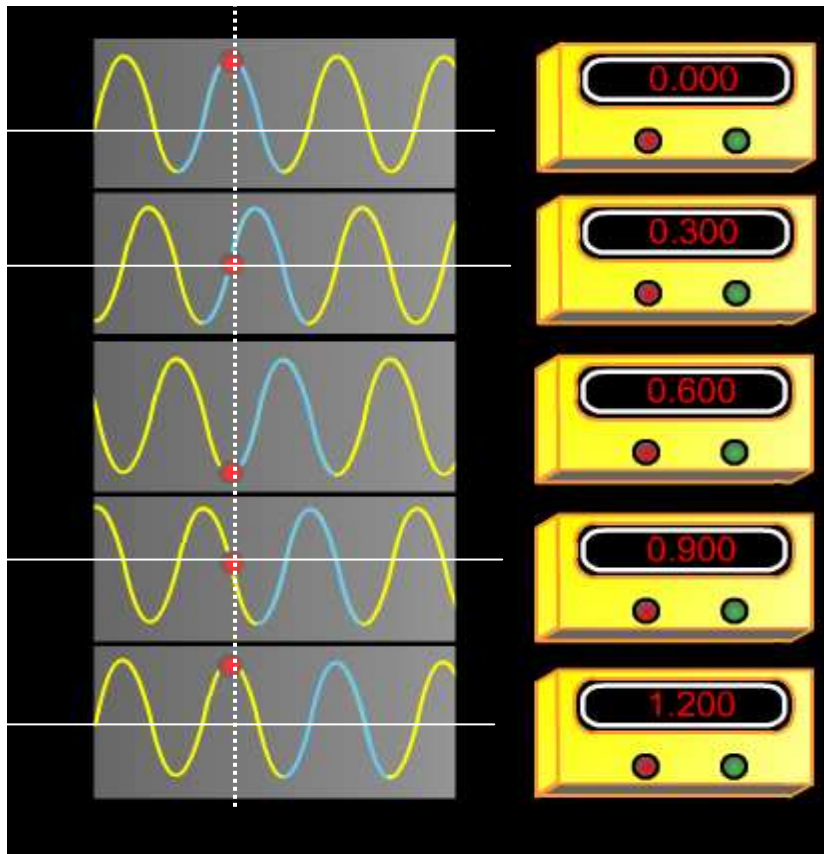
La cresta de l'ona pintada de **blau** es propaga d'esquerra a dreta, el punt **vermell** realitza una oscil·lació completa (MHS)

- ✓ Longitud d'ona
- ✓ Període
- ✓ Freqüència
- ✓ Velocitat
- ✓ Amplitud

4.3.1. Longitud d'ona (λ). Distància mínima entre dos punts consecutius que es troben en mateix estat de vibració. La seva unitat en el SI és el metre, m. És a dir la distància entre dues crestes o dues valls.



4.3.2. Període (T). El temps que triga l'ona a recórrer una distància igual a la longitud d'ona o el temps que triga el punt del medi en donar una oscil·lació completa. Es mesura en segons.

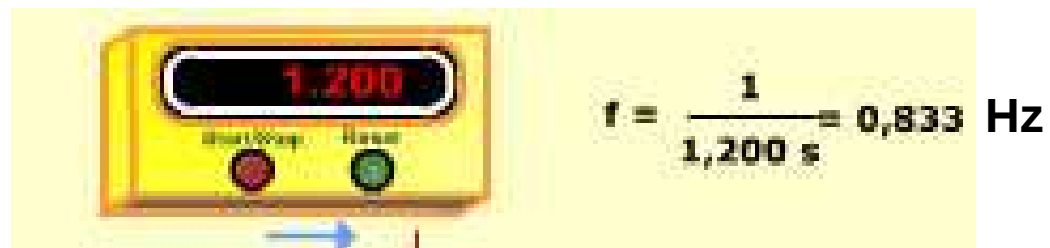


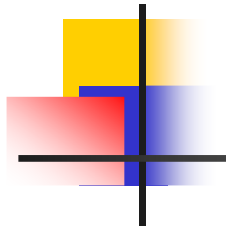
$$T = 1,2 \text{ segons}$$

4.3.3. Freqüència (f). És la inversa del període i es mesura en Hz.

$$f = \frac{1}{T} \text{ Hz (s}^{-1}\text{)}$$

Es defineix com el nombre d'oscil·lacions que un punt del medi fa en un segon. la inversa del període i es mesura en Hz.





4.3.4. Velocitat de propagació. La rapidesa amb la què es propaga l'ona.

Depèn del medi, per exemple la llum al buit és propaga a 300000 km/s però a l'aigua la seva velocitat disminueix. El so es propaga al buit a 340 m/s en canvi en l'aigua la seva velocitat val 1500 m/s.

$$v = \frac{e}{t} \text{ m/s} \quad \longrightarrow \quad v = \frac{\lambda}{T} \quad \longrightarrow \quad v = \lambda \cdot f$$

La velocitat d'ona es pot calcular a partir de les dades de longitud d'ona i període o freqüència fent servir les equacions de dalt.

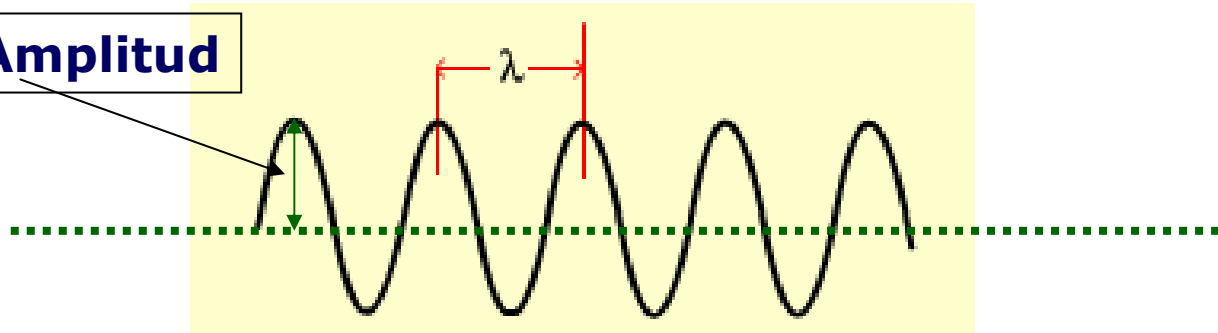
$$\lambda = 589 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

$$T = 1,96 \cdot 10^{-15} \text{ s}$$

$$v = \frac{589 \cdot 10^{-9} \text{ m}}{1,96 \cdot 10^{-15} \text{ s}} = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

4.3.5. Amplitud (A). Valor màxim que adquireix la perturbació o el valor màxim de l'elongació de les partícules del medi en la seva oscil·lació (ve donat per l'alçada d'un creta o d'una vall). La unitat en el SI és el m.

(A) Amplitud

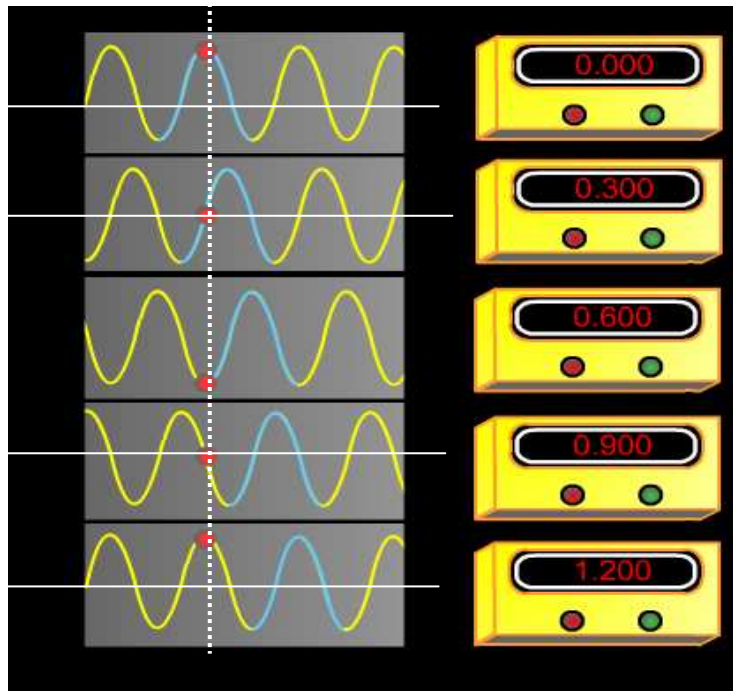


Anem al laboratori virtual a mesurar els paràmetres d'ones

4.4. Ones harmòniques

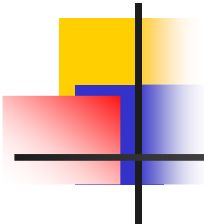
De totes les ones que existeixen estudiarem només aquelles que produeixen un moviment harmònic simple a les partícules del medi (és a dir oscil·len respecte una posició d'equilibri).

Aquestes ones són les ones harmòniques i estudiarem les seves funcions d'ona.



Definim ona harmònica com la pertorbació que infereix un MHS a les partícules del medi.

També suposarem que el medi de propagació és elàstic, medi en el qual no hi ha pèrdues d'energia per fregament.



Igual que en cinemàtica estudiàvem l'equació de moviment $\vec{r}(t) =$ (posició X, posició y), ara estudiarem la funció que descriu una ona harmònica, que anomenen:

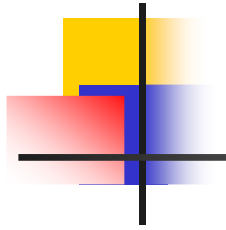
EQUACIÓ D'ONA HARMÒNICA

Per simplificar estudiarem ones harmòniques unidimensionals (la direcció de la propagació és unidimensional), per exemple l'ona es transmet sobre l'eix de les X, és el cas d'una ona generada en una corda.

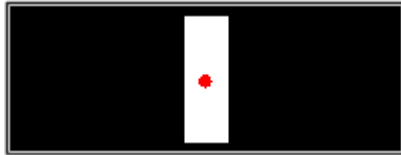


Permet calcular per a un temps t , i un punt x qualsevol de la corda, el seu estat de vibració y (el valor de l'elongació).

- **Propagació:** la “cresta” (el punt més de l’ona) de l’ona es situa sobre tots els punts de la corda successivament.
- **MHS** ($+y_0$, $-y_0$) de cadascun dels punts de la corda.

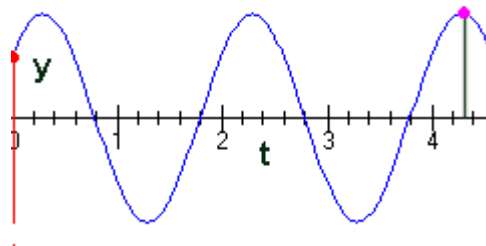


Equació d'ona $y = f(x,t)$



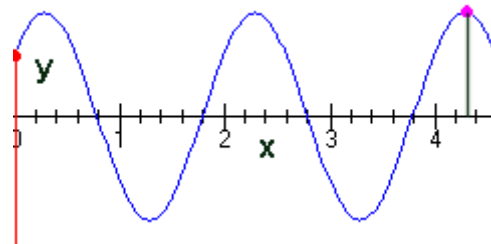
En aquesta animació l'ona es propaga per darrera del marc negre i nosaltres només veiem el que li passa a un punt de la corda situat a una distància X de l'origen en diferents instants de temps.

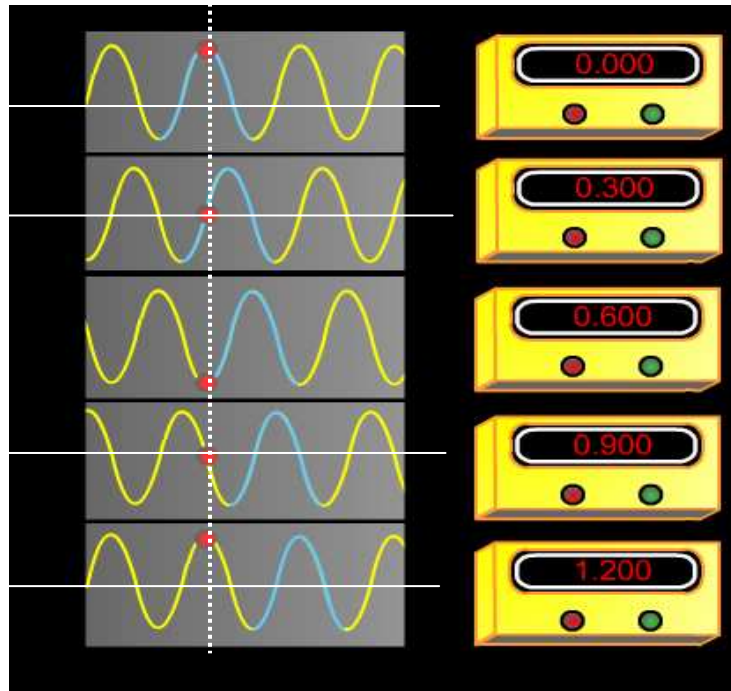
☐ Si només em fixo en un punt $y = f(t)$; seria representar l'elongació en funció del temps (MHS)



Equació d'ona $y = f(x,t)$

□ Ara fixem el temps, $y = f(x)$ i que veurem la foto de l'ona en un temps determinat, l'estat de vibració de tots els punts la corda.





Pregunta 1. Quan un punt de la corda (per exemple el punt vermell) es torna a trobar en el mateix estat de vibració?

Quan l'ona ha recorregut una distància equivalent a la seva longitud d'ona (observeu el tros d'ona blava)

Pregunta 2. Què punts de la corda es troben en el mateix estat de vibració (en fase)?

Aquells punts consecutius que es troben separats una distància equivalent a la longitud d'ona.

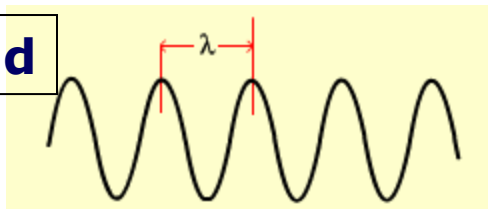
Doncs ara ja estem preparats per conèixer quina és l'equació d'una ona harmònica:

Equació d'ona $y = f(x,t)$

Equació d'ona

$$y(x,t) = A \sin (\omega t - k x)$$

(A) Amplitud



(ω) freqüència angular

(t) temps

(x) Punt de la corda

(k) Nombre d'ona



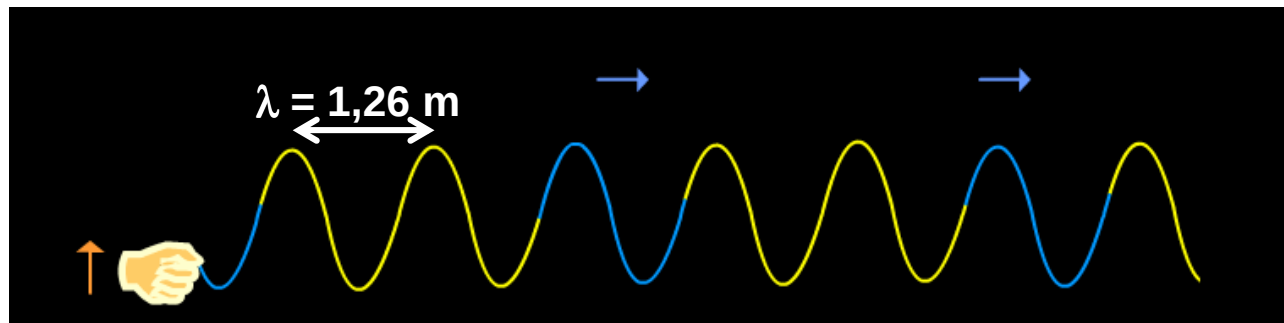
(k) Nombre d'ona (m⁻¹)

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Es defineix com el nombre de vegades que es repeteix l'ona en una longitud 2π metres.

Suposem:

2π metres = 6,28 m

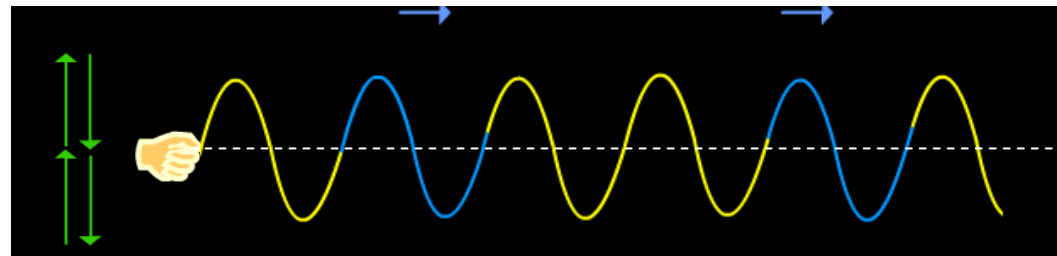


$$k = \frac{2\pi}{1,26} = 5 \text{ m}^{-1}$$

En aquesta distància l'ona es repeteix 5 vegades, doncs $K = 5 \text{ m}^{-1}$

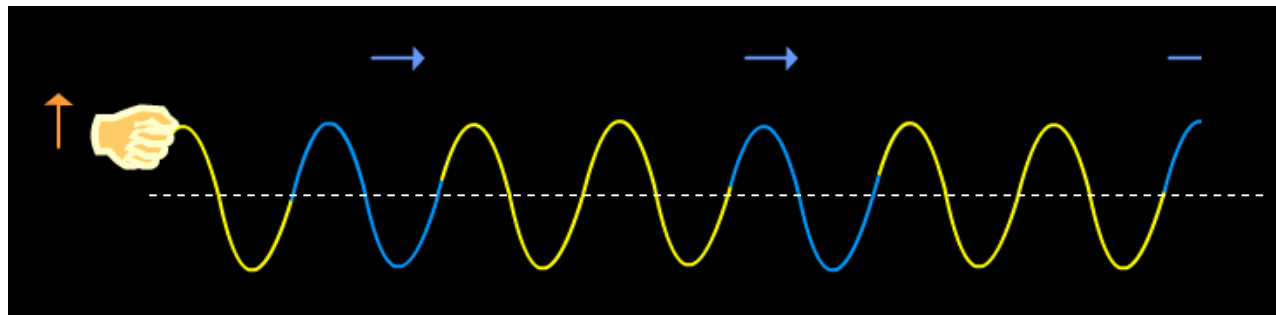
Equació d'ona $y(x,t) = A \sin (\omega t - k x)$

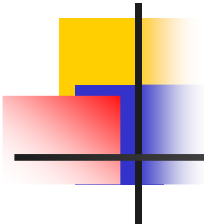
Aquesta equació considera $t_0 = 0$ s i el focus (punt on s'origina l'ona) té una elongació nul·la ($y = 0$).



Si a $t_0 = 0$ s el focus es troba a una certa y_0 (té elongació):

$$y(x,t) = A \sin (\omega t - k x + \varphi_0)$$





L'equació d'ona revela una doble periodicitat:

Equació d'ona $y(x,t) = A \sin (\omega t - k x)$

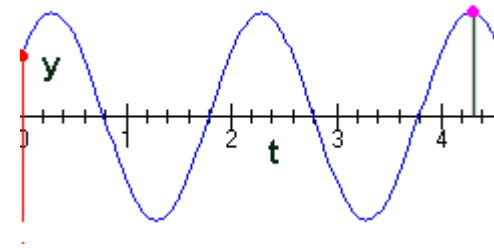
Equació d'ona $y(x,t) = A \sin \left(\frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right)$

$$y(x,t) = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

$$y(x,t) = A \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

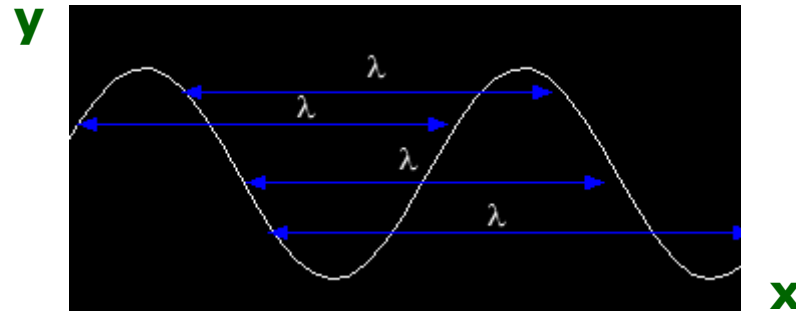
□ Periodicitat en el temps, mostrada per la magnitud T . Si fixem un punt qualsevol de l'ona, la seva elongació respecte a la posició d'equilibri es repeteix periòdicament amb el temps.

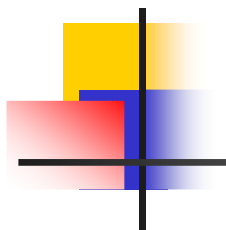
Per a una posició x fixa,
l'elongació y és una funció
sinusoïdal del temps.



□ Periodicitat en l'espai, x , mostrada per la magnitud λ . Si fixem l'ona en un temps t , la posició de cada punt es repeteix a una distància λ .

Per a un temps fix,
l'elongació y és una funció
sinusoïdal de la posició x .



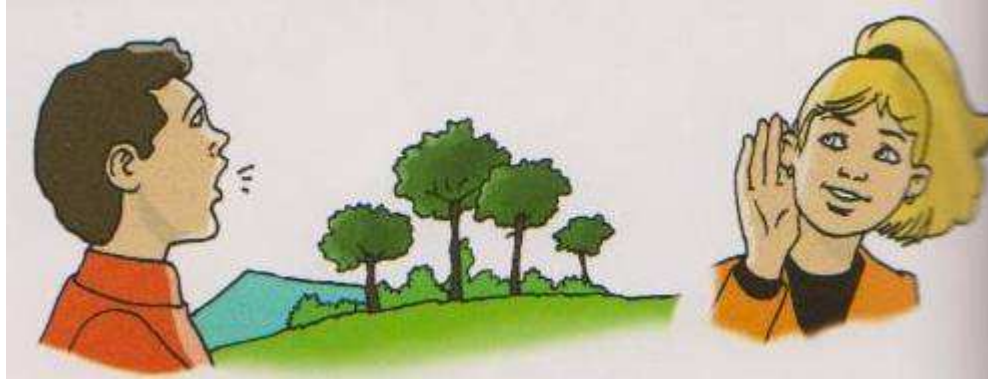


 **Altres pàgines interessants:**



<http://www.ngsir.netfirms.com/englishhtm/TwaveA.htm>

4.5. Ones sonores



El so és una ona tridimensional (es propaga en l'espai), mecànica (necessita un medi per propagar-se) i longitudinal (les partícules del medi vibren en la mateixa direcció que es propaga l'ona).

Com es produeix una ona sonora? Necessitem:

- un emissor (la vibració d'un objecte)
- un medi (pel qual la pertorbació es propagui, es transporti l'energia sonora)
- Un receptor (la pertorbació o vibració arriba a les nostres orelles i es converteix en un so).

L'ona mitjançant la qual es propaga el so a través d'un medi material elàstic (no hi ha pèrdues d'energia per fricció) s'anomena ona sonora.

Val a dir que la nostra oïda només és sensible als ons que tenen una freqüència compresa entre 20 Hz i 20 000 Hz, aproximadament.

- *Les ones infrasòniques*: les freqüències de les quals són per sota de 20 Hz. Exemple les ones generades pels terratrèmols
- *Les ones ultrasòniques*: les freqüències de les quals són per sobre de 20000 Hz.

Com ja sabeu la velocitat de propagació del so depèn del medi.

<i>Medi</i>	<i>Velocitat (m/s)</i>
aire	340
aigua	1500
gel	3840
hacer	4800

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



$$v = \lambda \cdot f$$

Així veiem que el so és un tipus d'ona longitudinal que es pot transmetre a través dels sòlids, dels líquids i dels gasos.

Així quan el so es propaga en un gas (ex. L'aire, mescla de gasos), ho fa amb un moviment ondulatori que consisteix en una successió de contraccions i dilatacions del gas, i fa que la seva densitat fluctuï.

$$PV = nRT$$

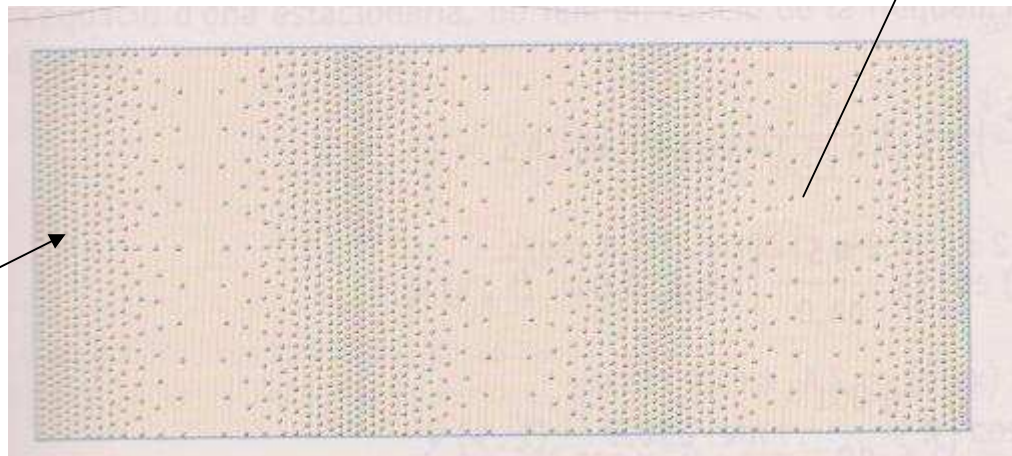
$$PM = dRT$$

Massa molar

Densitat

Dilatació

Compressió



Què estudiarem de les ones sonores?

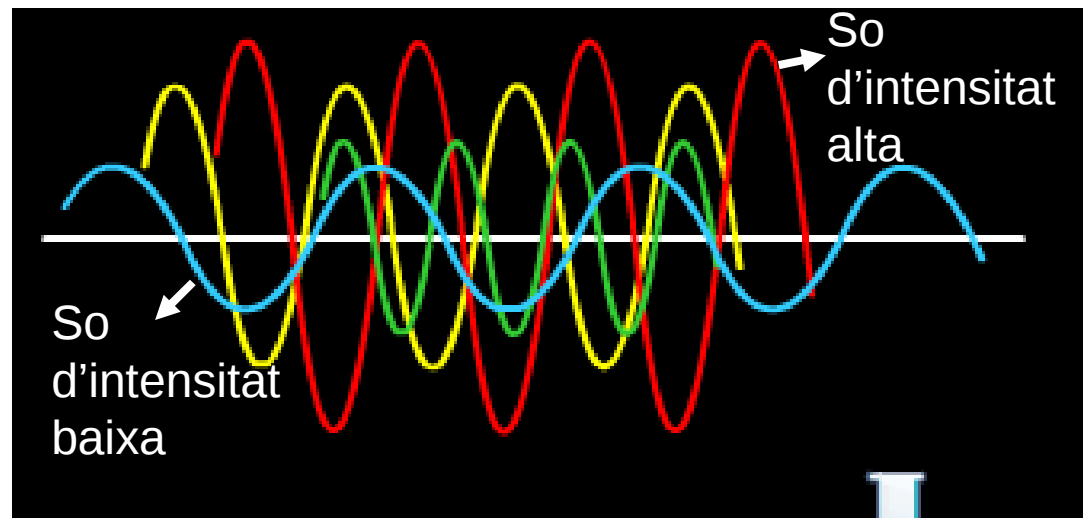
- 4.5.1. Caracterització del so: intensitat, to i timbre.***
- 4.5.2. Diferència entre so i soroll. Mesura del soroll. Contaminació acústica.***
- 4.5.3. Sons purs i compostos***
- 4.5.4. Aplicació dels ultrasons.***

4.5.1. Caracterització del so: intensitat, to i timbre.

INTENSITAT DEL SO

La intensitat del so és la propietat que permet distingir entre sons forts i sons febles.
La intensitat del so està lligada amb l'amplitud de les ones sonores.

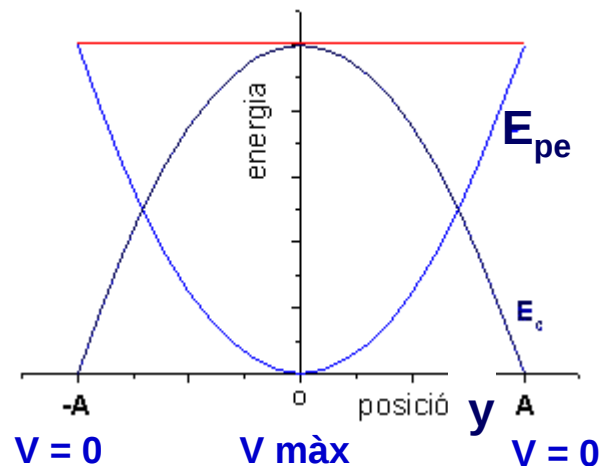
Ones d'amplitud baixa → Sons d'intensitat baixa.
Ones d'amplitud alta → Sons d'intensitat alta.



La intensitat del so està relacionada amb l'energia de l'ona sonora. Quan parlem fort fem una despesa d'energia molt més gran que quan parlem amb una intensitat baixa.

Energia del moviment ondulatori harmònic (les partícules del medi vibren amb un MHS)

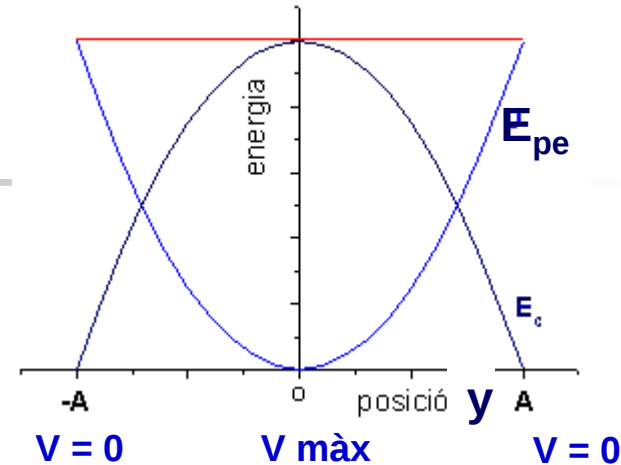
Recordeu que un moviment harmònic simple:



En el punt d'elongació màxima (amplitud), l' E_{pe} és màxima i l' E_c és nul·la; en el punt d'elongació zero, l' E_{pe} és nul·la i s'ha transformat íntegrament en energia cinètica, que, per tant, serà màxima en aquest punt.



En el punt d'elongació d'equilibri $y = 0$



$$E_{m, \text{ total}} = E = E_c, \text{ màx} = \frac{1}{2} m v_{\text{màx}}^2$$

$$E = \frac{1}{2} m (A \omega)^2 = \frac{1}{2} m (A 2\pi f)^2 = 2 \pi^2 m A^2 f^2$$

$$E = 2 \pi^2 m A^2 f^2$$

Equació d'ona $y(x,t) = A \sin (\omega t - k x)$
 $V = dy/dt = A \omega \underbrace{\cos (\omega t - k x)}_{\pm 1}$

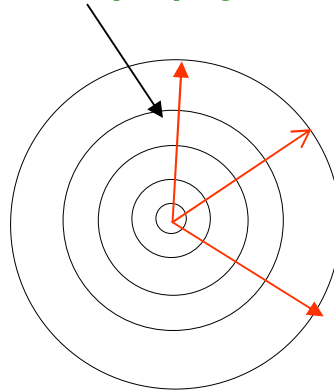
$A \uparrow \rightarrow E \uparrow \rightarrow$ So d'intensitat alta

$A \downarrow \rightarrow E \downarrow \rightarrow$ So d'intensitat baixa

Quan considerem ones tridimensionals, com és el cas del so, es pot demostrar que aquestes pateixen una atenuació, és a dir, la seva amplitud (intensitat) va disminuint a mesura que considerem punts més allunyats del focus emissor.

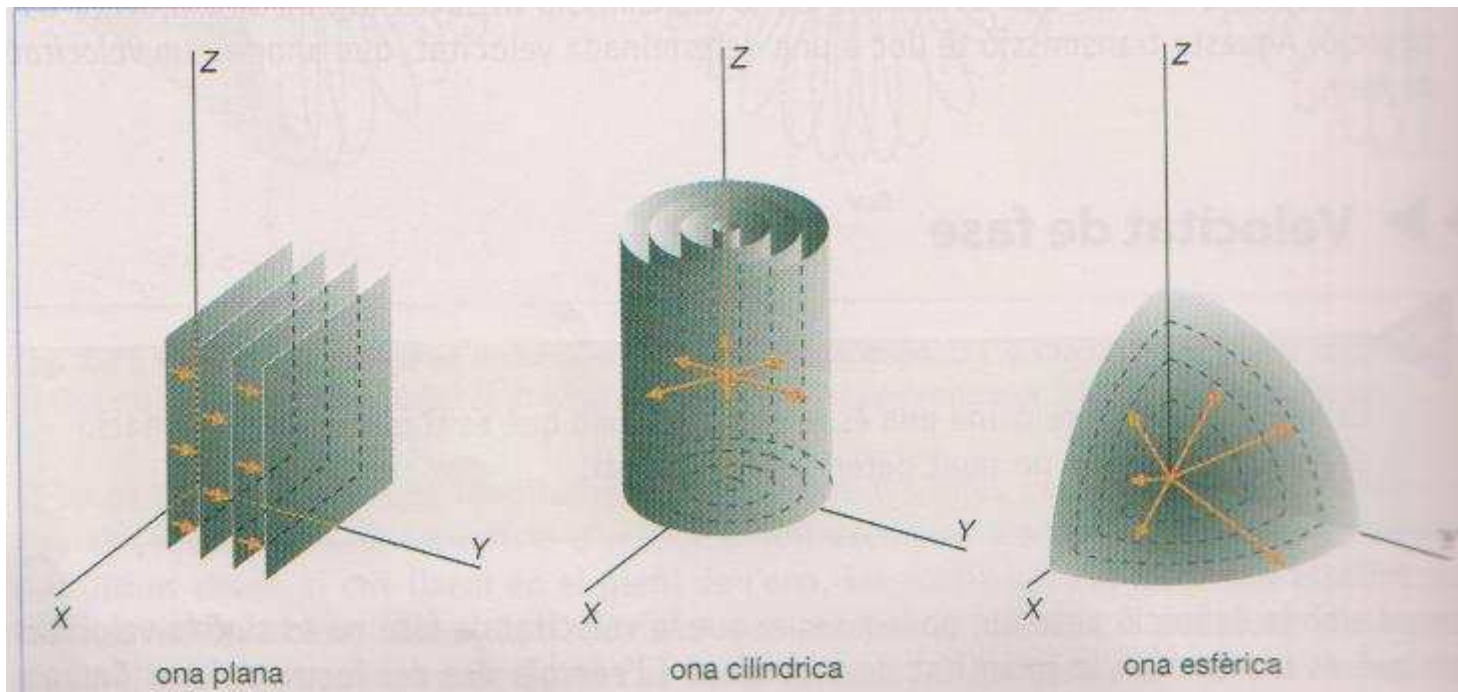
Front o superfícies d'ona. El conjunt dels punts del medi als quals arriba la pertorbació en un instant determinat de temps.

Raig d'ona. Recta que indica la direcció en la que es propaga l'ona



Exemple. Quan llancem una pedra sobre la superfície de l'aigua, es formen una ona bidimensional que es propaga en una sèrie de circumferències concèntriques. Cada circumferència seria un front o superfície d'ona.

En una ona tridimensional que es propaga en l'espai en front d'ona és una ona esfèrica amb centre en el focus emissor.



Quan considerem ones tridimensionals, com és el cas del so, es pot demostrar que aquestes pateixen una atenuació, és a dir, la seva amplitud (intensitat) va disminuint a mesura que considerem punts més allunyats del focus emissor.

A PARTIR D'AQUÍ PODEM DEFINIR INTENSITAT DEL SO (I) =

com la quantitat d'energia que es transmet, durant un interval de temps determinat a través d'una unitat de superfície perpendicular a la direcció de propagació de l'ona.

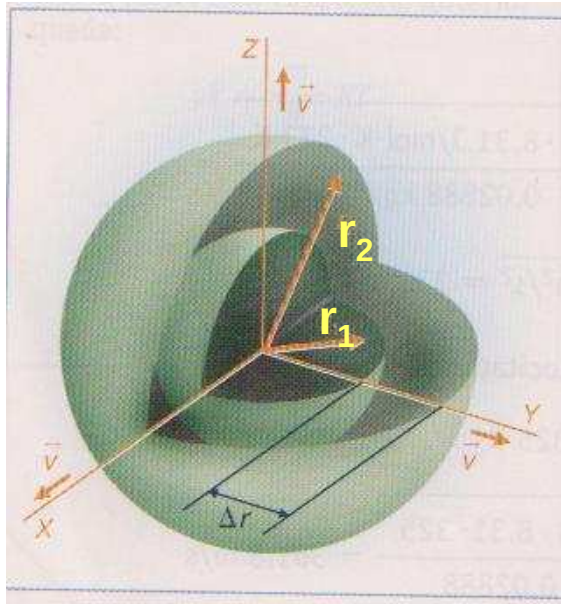
$$I = \frac{E}{S \Delta t} = \frac{2 \pi^2 m A^2 f^2}{4 \pi r^2 \Delta t}$$

Unitats: $J \, m^{-2} \, s^{-1}$ o $W \, m^{-2}$

$$\frac{J}{m^2 \, s}$$

$$\frac{W}{m^2}$$

És a dir, si considerem dues superfícies esfèriques de radi r_1 i r_2



$$I_1 = \frac{2 \pi^2 m A^2 f^2}{4 \pi r_1^2 \Delta t} \quad I_2 = \frac{2 \pi^2 m A^2 f^2}{4 \pi r_2^2 \Delta t}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\frac{2 \pi^2 m A^2 f^2}{4 \pi r_1^2 \Delta t}}{\frac{2 \pi^2 m A^2 f^2}{4 \pi r_2^2 \Delta t}}$$

Si dividim les dues expressions es dedueix que la intensitat d'un moviment ondulatori és inversament proporcional al quadrat de la distància des d'aquestes superfícies al focus emissor.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

D'altra banda, l'expressió:

$$I = \frac{E}{S \Delta t} = \frac{E}{S \Delta t} \cdot \frac{\Delta r}{\Delta r} = \frac{E}{S \Delta r} \cdot \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{E}{V} v$$

Velocitat
Volum

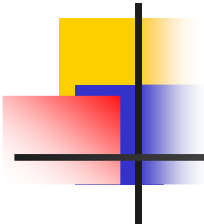
$$I = \frac{2 \pi^2 m A^2 f^2}{V} v = 2 \pi^2 d v A^2 f^2$$

Densitat

$$\begin{aligned} I_1 &= 2 \pi^2 m A_1^2 f^2 \\ I_2 &= 2 \pi^2 m A_2^2 f^2 \end{aligned} \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{2 \pi^2 m A_1^2 f^2}{2 \pi^2 m A_2^2 f^2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{A_1^2}{A_2^2}$$

La intensitat d'un moviment ondulatori directament proporcional al quadrat de l'amplitud.



RESUM:

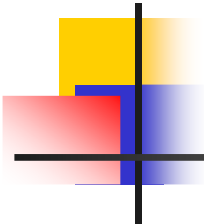
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{A_1^2}{A_2^2}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$\frac{A_1^2}{A_2^2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

L'amplitud d'una ona esfèrica (com el so) disminueix amb la distància al focus, són dues magnituds inversament proporcionals.



INTENSITAT DEL SO

$$I = \frac{E}{S \Delta t} = \frac{2 \pi^2 m A^2 f^2}{4 \pi r^2 \Delta t}$$

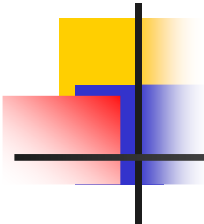
La intensitat depèn de l'amplitud de l'ona.

Hem comprovat que la intensitat del so és directament proporcional al quadrat de l'amplitud i inversament proporcional al quadrat de la distància al focus.

I mitjançant deduccions matemàtiques:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{r_2}{r_1}$$

Que l'amplitud del so és inversament proporcional (disminueix amb) la distància al focus. És a dir, la intensitat del so va disminuint amb la distància al focus emissor.



TO del SO

El to és la propietat del so que ens permet distingir entre sons greus i sons aguts.

Els **sons greus** són els de baixa freqüència (dins del marge de freqüències audibles: 20 i 300 Hz).

Els **sons aguts** són els d'alta freqüència (300-20 000 Hz, dins del marge de freqüències audibles).

Timbre del SO

El timbre és la propietat del so que permet distingir els sons de la mateixa intensitat (amplitudi i el mateix to (freqüència) produïts per cossos diferents.

El timbre es coneix també com el color del to.

Gràcies al timbre del so podem saber qui parla encara que no el veiem, i també podem identificar sense veure'ls els locutors de ràdio,..., ja que cadascú té el seu timbre de veu propi.

4.5.2. Diferència entre so i soroll. Mesura del soroll. Contaminació acústica.

Ja hem dit que una de les característiques del so és la intensitat i es mesura en $\frac{W}{m^2}$.

Però la intensitat del so també es pot mesurar en dB (decibels) per això hem de definir una altra magnitud física NIVELL D'INTENSITAT SONORA (β), que produeixen les ones sonores en el sentit de l'oïda.

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

Intensitat llindar o de referència = 10^{-12} W/m^2

Els sons que podem percebre varien entre:

0 dB

$$(I = 10^{-12} \text{ W/m}^2)$$

LLINDAR D'AUDICIÓ

120 dB

$$(I = 1 \text{ W/m}^2)$$

LLINDAR DEL DOLOR (valor a partir del quals pot causar danys irreversibles a l'oïda)

MATEMÀTIQUES:

FUNCIONS LOGARÍTMQUES

$y = \log_b x$ si no es posen res la base (b) = 10

· Quan val el log 100? $y = \log 100$; $b^y = x$; $10^y = 100$; $10^y = 10^2$; $y = 2$

Exercici. *Calcula la intensitat d'un so que li correspon un nivell d'intensitat sonora de 40 dB?*

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

$$40 \text{ dB} = 10 \log \frac{I}{10^{-12} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}}$$

$$\frac{40}{10} = \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$4 = \log \frac{I}{10^{-12}}$$

$$10^4 = \frac{I}{10^{-12}}$$

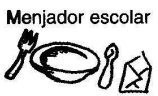
$$10^4 \cdot 10^{-12} = I;$$

$$I = 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

Per mesurar el nivell d'intensitat sonora es fa servir EL SONÒMETRE. El sonòmetre és un aparell sensible a les variacions de pressió. Els elements principals del sonòmetre són un micròfon- que rep les variacions de les vibracions sonores que provoquen canvis de la pressió de l'aire, i les transforma en senyals elèctrics- i una pantalla on es visualitza el nivell d'intensitat sonora en decibels (dB).

SOROLL: So indesitjable

CONTAMINACIÓ ACÚSTICA

Sorolls més freqüents	dB	Efectes del soroll
 Reactor en pista  Avió enlairant-se	130 120	Llindar del dolor. Una exposició breu a nivells de 140 o 150 dB pot arribar a trencar els tímpanes. A partir de 100 dB, l'orella es pot lesionar greument.
 Discoteca  Petit taller mecànic	100 90	Soroll perillós. Pèrdua parcial de l'audició després d'una breu exposició. La conversa resulta impossible. Una persona exposada habitualment durant la seva feina a nivells de soroll de 90 dB pot experimentar una pèrdua permanent d'audició del 25 %.
 Menjador escolar  Fotocopiadora	80	Soroll molest. Disminució de l'audició. Més del 80 % dels espanyols suporta sons superiors als 80 dB, la qual cosa comporta riscos psicològics i fisiològics: problemes auditius, cardiovasculars, respiratoris i digestius.
 Carrer animat  Oficina sorollosa	70 60	Soroll molest. En les grans ciutats els pacients amb problemes d'audició solen tenir entre 30 i 45 anys; en canvi, fins fa poc, aquests problemes apareixerien a partir dels 60 anys. Les paraules s'entenen malament i queda limitat l'ús del telèfon.
 Conversa tranquil·la	50	Soroll lleuger
 Dormitori tranquil	30	Soroll molt lleuger

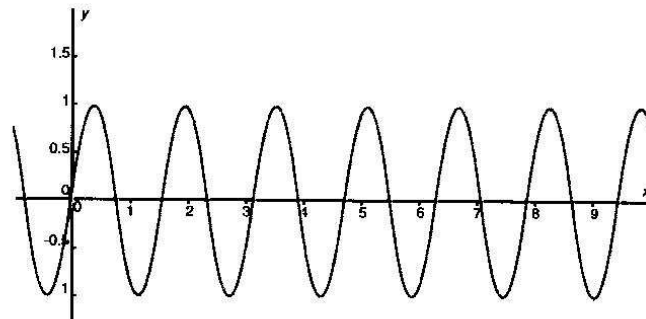
4.5.3. Sons purs i compostos

SONS PURS

Són aquells sons on la funció d'ona s'expressa a través d'una funció sinusoidal (sinus o cosinus).

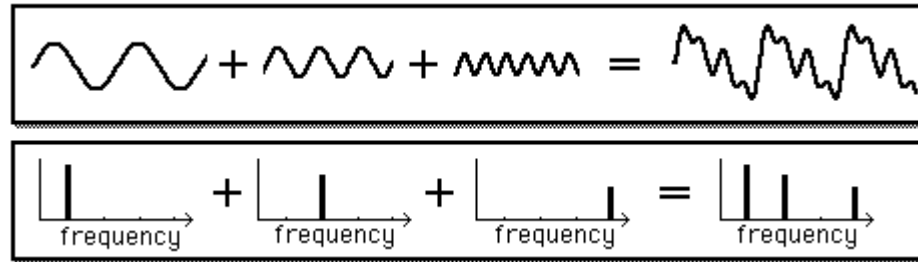
Exemple l'ona produïda per un diapasó que és una ona harmònica.

(experiment que vam fer amb el diapasó).



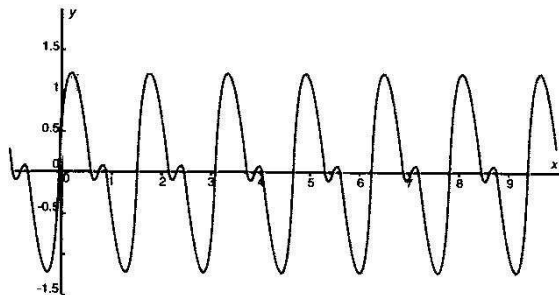
SONS COMPOSTOS

Són aquells sons on la funció d'ona s'expressa com una suma de dues o més funcions sinusoidals (sinus o cosinus). **So compost = suma de sons purs.**



Sons determinats

Són aquells on hi ha una funció principal a la qual se li associa una freqüència més baixa i amplitud sensiblement superior, mentre que la resta de les funcions tenen una freqüència múltiple de la principal (**aquestes funcions s'anomenen harmònics**).



Sons indeterminats

Són una barreja caòtica de funcions sinusoidals, sense cap regla.

Ex. Freqüència principal 100 Hz

Segon harmònic	200 Hz
Tercer harmònic	300 Hz
Quart harmònic	400 Hz
Cinquè harmònic	500 Hz

4.5.4. Aplicacions dels ultrasons

Ultrasons: Ones mecàniques de freqüència superior a 20 000 Hz.
La nostra oïda no és sensible.

Com es pot aconseguir originar l'ultrasó?

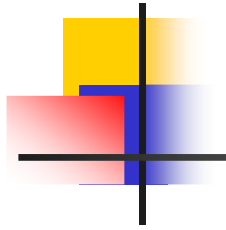
Mitjançant un cristall de quars (SiO_2) sotmés a un camp elèctric altern, aquest camp fa vibrar el cristall, i la vibració genera l'ultrasó.

El quars és un material piezoelèctric.

Què significa? Quan se li aplica una pressió entre les dues carex apareix una diferència de potencial entre elles. O al revés si s'aplica una diferència de potencial entre les dues cares del cristall, apareix una força neta sobre elles que fa vibrar el cristall.



Cristall de quars



Una de les aplicacions més extenses d'aquest tipus de cristalls piezoelèctrics:

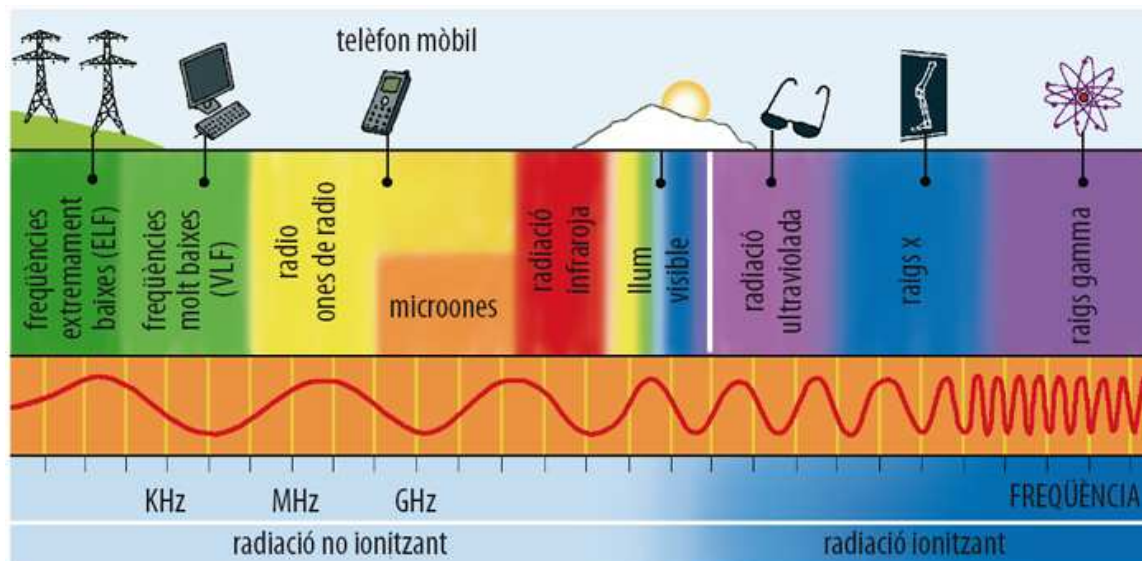
- són els encenedors elèctric
 - injectors de combustibles de motors de combustió interna
 - sensor de vibració
-
- Sonar (sistema que porten els vaixells i que permet detectar cossos submergits i la fondària dels mar).
 - En medicina; la tècnica de l'ecografia, l'ecograf és una aparell que emet ultrasons.
 - En la indústria:
 - Determinar els gruixos de peces
 - En la detecció de defectes interns en peces metàl·liques d'aparell (important en la indústria aeronàutica).

MÉS INFORMACIÓ PÀG. 116 DEL VOSTRE LLIBRE.

4.6. Ones electromagnètiques (les estudiarem més en el Tema 8)

- **Ones electromagnètiques:** són les ones que no necessiten un medi per transmetre's, i que, per tant, es poden propagar en el buit. Són exemples, les ones electromagnètiques (la llum visible, les ones de ràdio, els infrarojos, els raigs X, les ones de televisió, les ones microones, el raigs ultraviolat ...). El conjunt de totes les ones electromagnètiques formen l'espectre electromagnètic.

Velocitat de la llum en el buit o en l'aire: $3 \cdot 10^8$ m/s, en qualsevol altre medi és més petita.



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



$$v = \lambda \cdot f$$

A mesura que la longitud d'ona disminueix (o la freqüència augmenta), l'energia que transporta l'ona és més gran i per tant l'ona és més perillosa.