

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI



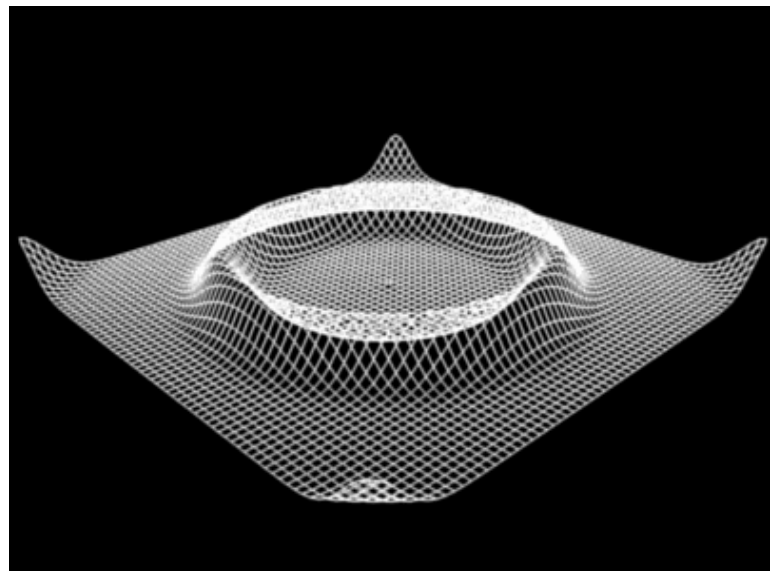
<http://www.textoscientificos.com/fisica/magnetismo/naturaleza-magnetismo-monopolo-magnetico>

1

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.1 Tipus d'ones

- ONA: pertorbació que es propaga.



[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/Blender3D\\_CircularWaveAnim.gif](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/42/Blender3D_CircularWaveAnim.gif)

2

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.1 Tipus d'ones

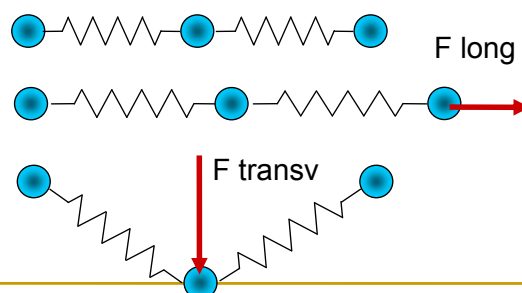
- ONA: pertorbació que es propaga.
- Mecanisme de propagació de les ONES ELÀSTIQUES:
  - Es basa en les forces que uneixen àtoms i molècules.
  - Són de tipus elàstic i actuen com a molls.

3

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.1 Tipus d'ones

- ONA: pertorbació que es propaga.
- Mecanisme de propagació de les ONES ELÀSTIQUES:
  - Es basa en les forces que uneixen àtoms i molècules.
  - Són de tipus elàstic i actuen com a molls.
  - Transmeten el moviment als àtoms veïns en recuperar-se de la deformació.



4

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.1 Tipus d'ones

- Segons la direcció relativa:
  - Transversals: el moviment de la pertorbació és **perpendicular** a la direcció de propagació.

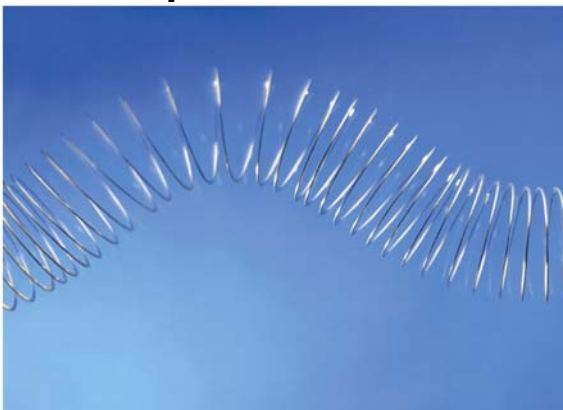


*Figura 15.1 Tipler 5a ed.*

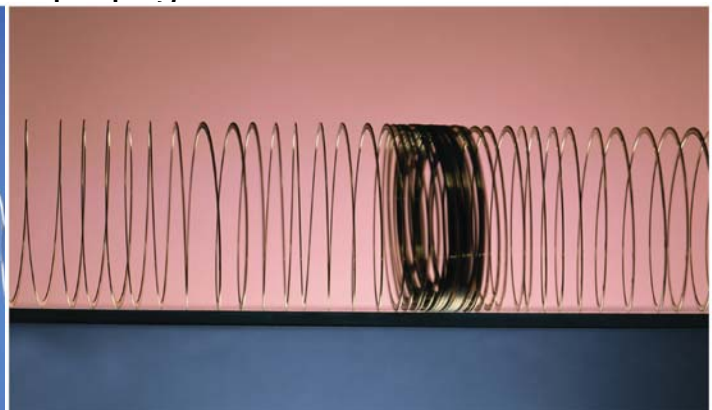
# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.1 Tipus d'ones

- Segons la direcció relativa:
  - Transversals: el moviment de la pertorbació és **perpendicular** a la direcció de propagació.
  - Longitudinals: el moviment de la pertorbació és **paral·lel** a la direcció de propagació.



*Figura 15.1 Tipler 5a ed.*



*Figura 15.2 Tipler 5a ed.*

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.1 Tipus d'ones

- Segons la direcció relativa:
  - Transversals: el moviment de la pertorbació és **perpendicular** a la direcció de propagació.
  - Longitudinals: el moviment de la pertorbació és **paral·lel** a la direcció de propagació.



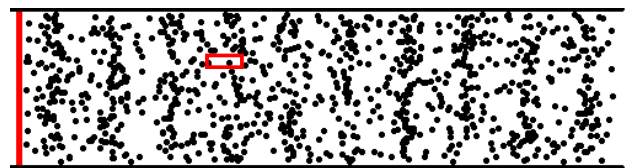
→ *propagació*  
↑ *pertorbació*

**TRANSVERSAL**

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.1 Tipus d'ones

- Segons la direcció relativa:
  - Transversals: el moviment de la pertorbació és **perpendicular** a la direcció de propagació.
  - Longitudinals: el moviment de la pertorbació és **paral·lel** a la direcció de propagació.



→ *propagació*  
→ *pertorbació*

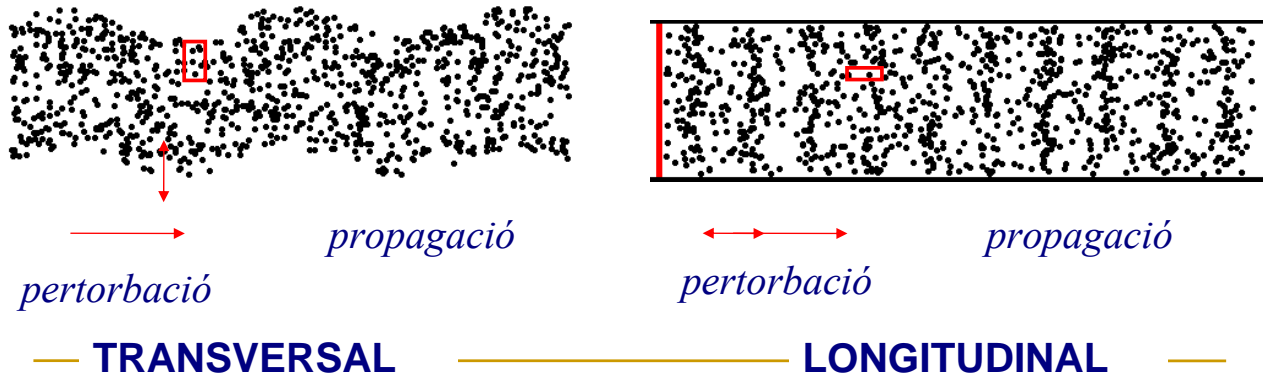
**LONGITUDINAL**

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.1 Tipus d'ones

- Segons la direcció relativa:
  - Transversals: el moviment de la pertorbació és **perpendicular** a la direcció de propagació.
  - Longitudinals: el moviment de la pertorbació és **paral·lel** a la direcció de propagació.

**NOMÉS ES DESPLAÇA LA  
PERTORBACIÓ,  
NO LA MATÈRIA!**



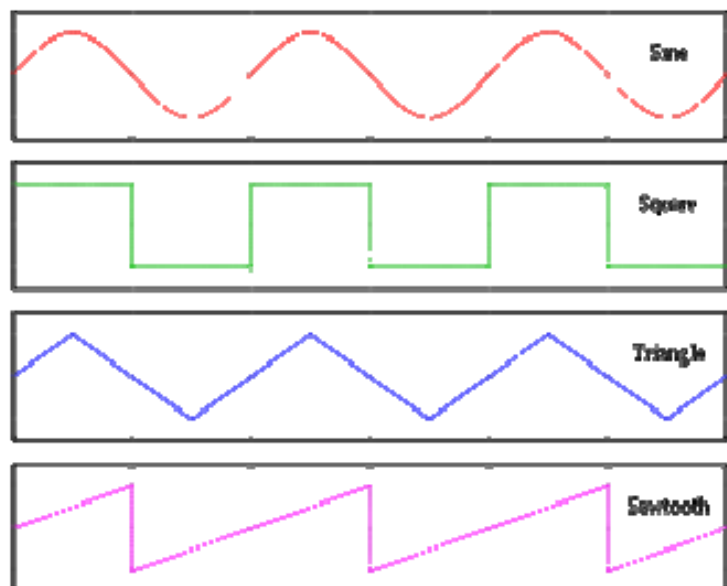
9

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.1 Tipus d'ones

- Segons la dependència temporal:

- **ona periòdica**



# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.1 Tipus d'ones

- Segons la dependència temporal:

- impuls

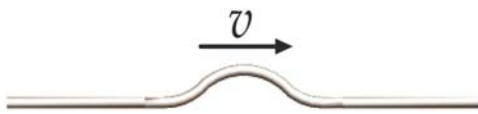
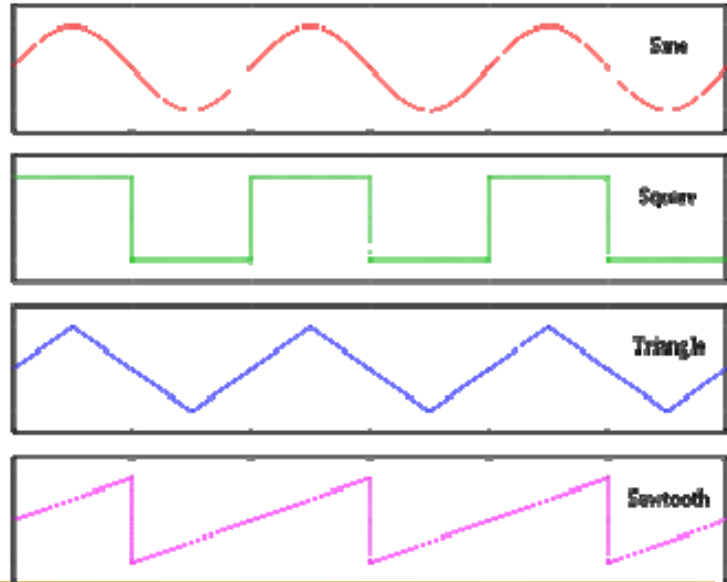


Figura 15.05 Tipler 5ªEd.

- ona periòdica



<http://es.wikipedia.org/wiki/Categor%C3%ADa:Ondas>

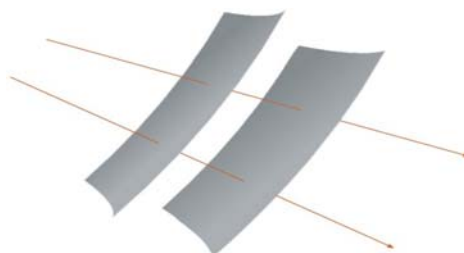
11

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

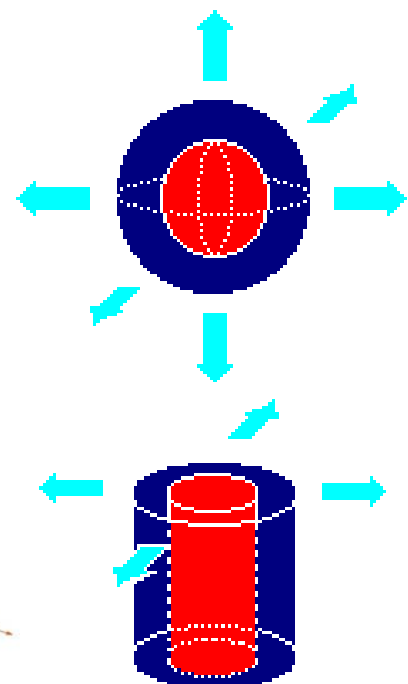
## 4.1 Tipus d'ones

- Segons la forma del front d'ona:

- Ones esfèriques
- Ones cilíndriques
- Ones planes
- ...



Superfícies de punts en el mateix estat d'oscil·lació



<http://www.wikiciencia.org/tecnologia>

∠

[comunicaciones/sonar/06.gif](http://www.wikiciencia.org/comunicaciones/sonar/06.gif)

12

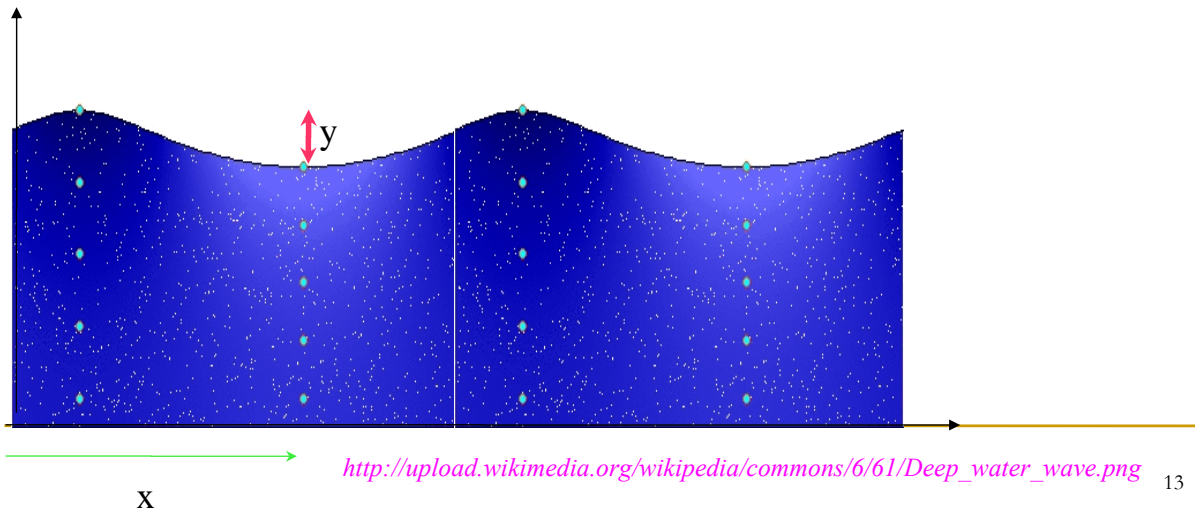
# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.2 Equació de moviment

- Ona en l'aigua:

- Període de repetició temporal:  $T = 1/f$

Repetició de l'estat d'oscil·lació



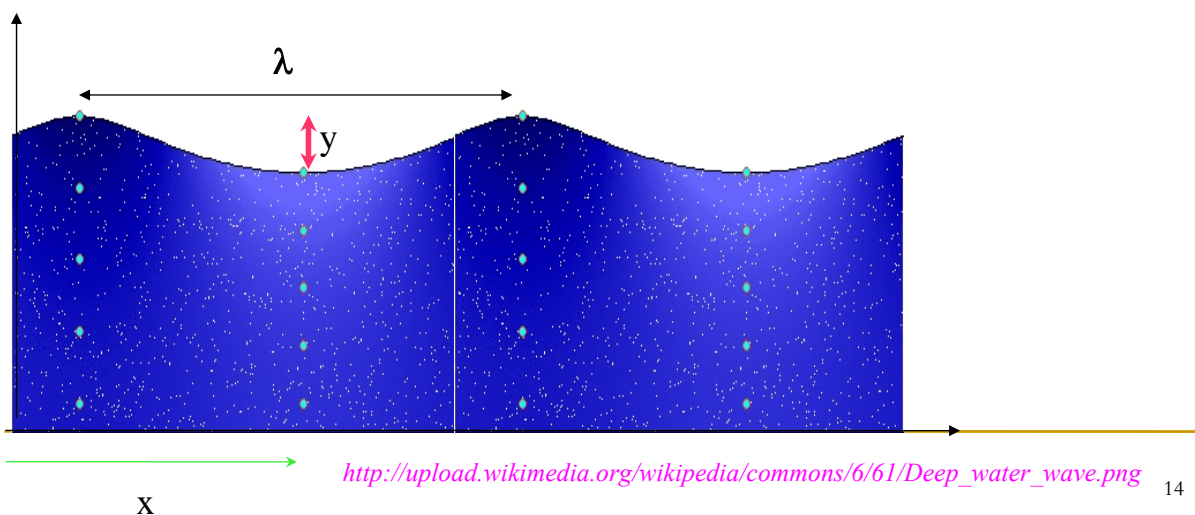
# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.2 Equació de moviment

- Ona en l'aigua:

- Període de repetició temporal:  $T = 1/f$
- Període de repetició espacial:  $\lambda$

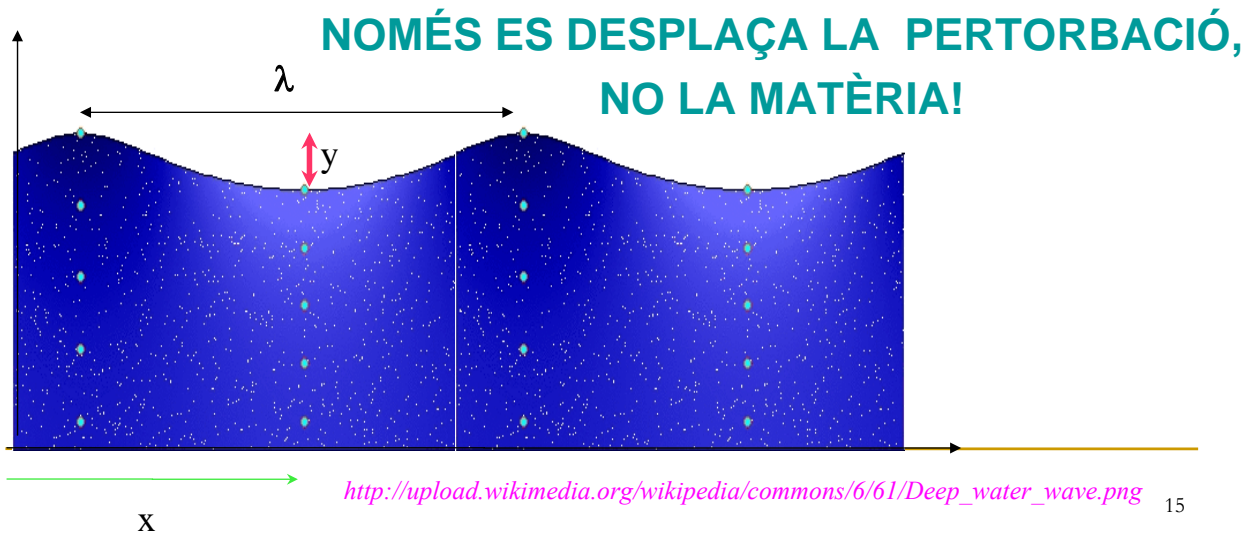
Repetició de l'estat d'oscil·lació



# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.2 Equació de moviment

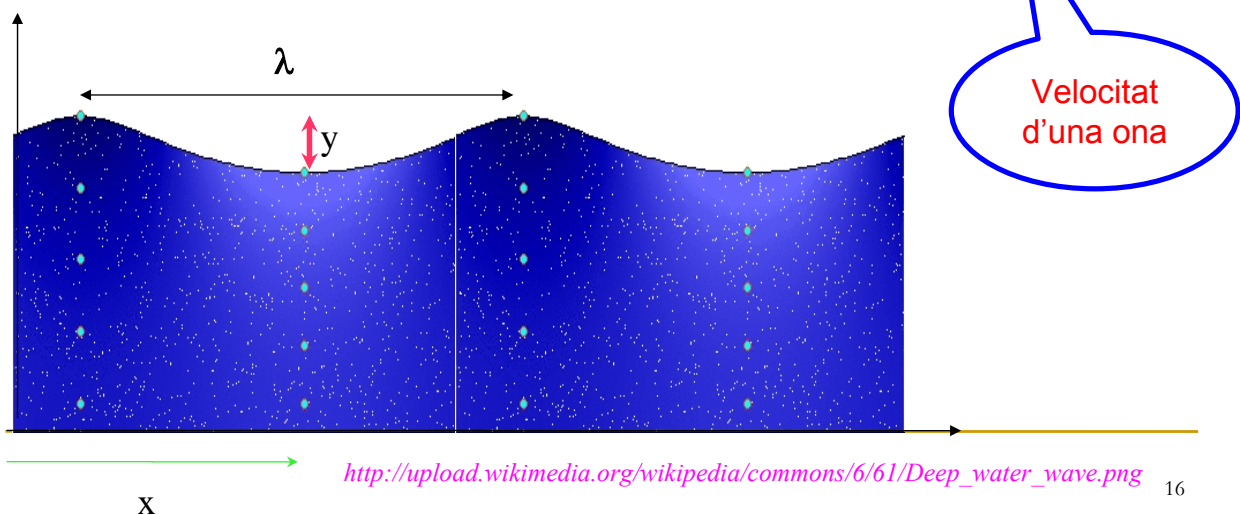
- Ona en l'aigua:
  - Període de repetició temporal:  $T = 1/f$
  - Període de repetició espacial:  $\lambda$



# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.2 Equació de moviment

- Velocitat de l'ona:
  - Espai recorregut durant una oscil·lació ...
  - ... en el temps que dura una oscil·lació

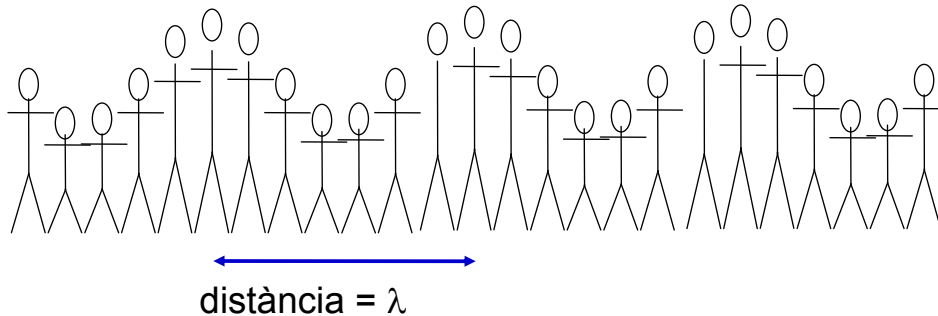




# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.2 Equació de moviment (cont.)

- Ona en els estadis → es desplaça “el gest”  
→ no es desplacen persones



T: període de repetició temporal

$\lambda$ : període de repetició espacial

T: temps que tarda un espectador  
a tornar a alçar-se, o a tornar a ...

$\lambda$ : distància entre dues persones  
alçades, o entre dos...

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.2 Equació de moviment (cont.)

- Desplaçament y del **focus** de la pertorbació ( $x = 0$ ):

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

- y: altura de l'oscil·lació respecte de la posició de repòs
- A: l'amplitud de l'oscil·lació (desplaçament màxim)
- T: període
- Desfasament inicial igual a zero ( $\delta$ )

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.2 Equació de moviment (cont.)

- Desplaçament  $y$  d'un **punt** a una distància  $x$ :

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

- $x$  : distància del punt a l'origen de la pertorbació
- $v$  : velocitat de l'ona
- $x/v$ : retard amb el qual arriba l'ona al punt  $x$

19

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.2 Equació de moviment (cont.)

- Desplaçament  $y$  d'un **punt** a una distància  $x$ :

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

- $\omega$ : freqüència angular  $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$
- $k$ : nombre d'ones  $k = \frac{2\pi}{\lambda}$

20

---

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.2 Equació de moviment (cont.)

- RESUM: dues formes d'escriure l'equació:
  - Ona en direcció X positives:

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

---

---

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.2 Equació de moviment (cont.)

- RESUM: dues formes d'escriure l'equació:
  - Ona en direcció X positives:

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

---

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.2 Equació de moviment (cont.)

- RESUM: dues formes d'escriure l'equació:
  - Ona en direcció X positives:

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

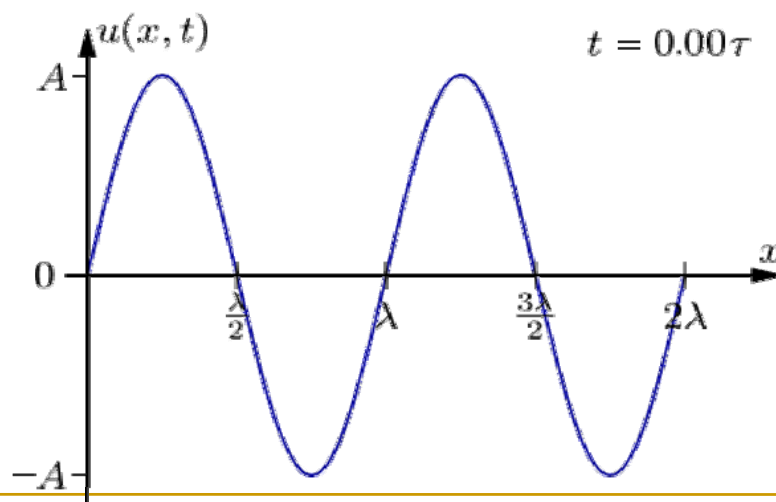
- Ona en direcció X negatives:

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

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.2 Equació de moviment (cont.)

- DUES VARIACIONS SINUSOÏDALS
- FOTOS: en instants diferents



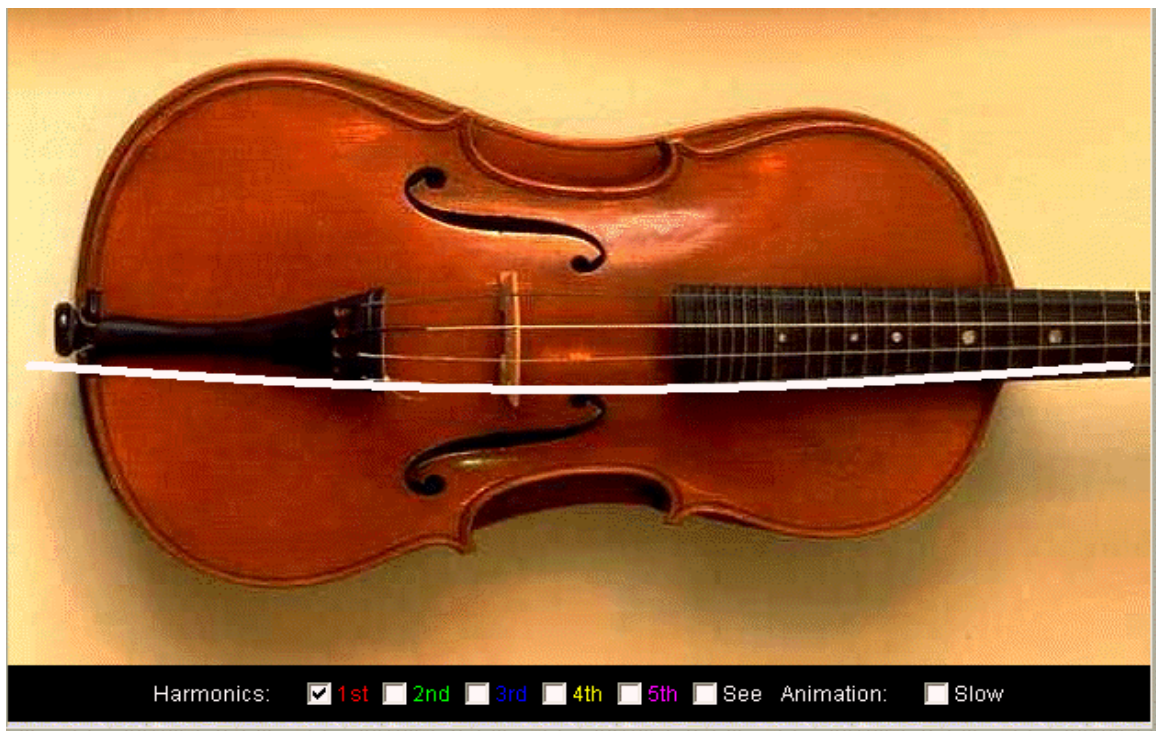
## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI



<http://es.123rf.com/stock-photo/interferencia.html>

1

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI



Harmonics:  1st  2nd  3rd  4th  5th  See Animation:  Slow

<http://iesfgcza.educa.aragon.es/depart/fisicaquimica/fisicasegundo/ondas.htm>

2

---

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.3 Superposició d'ones

- Principi de superposició:
  - “Quan dues o més ones es combinen, l'ona resultant és la suma algebraica de les ones individuals”.
  - La suma algebraica: signe de l'oscil·lació
  - En determinades condicions, els moviments poden anul·lar-se.

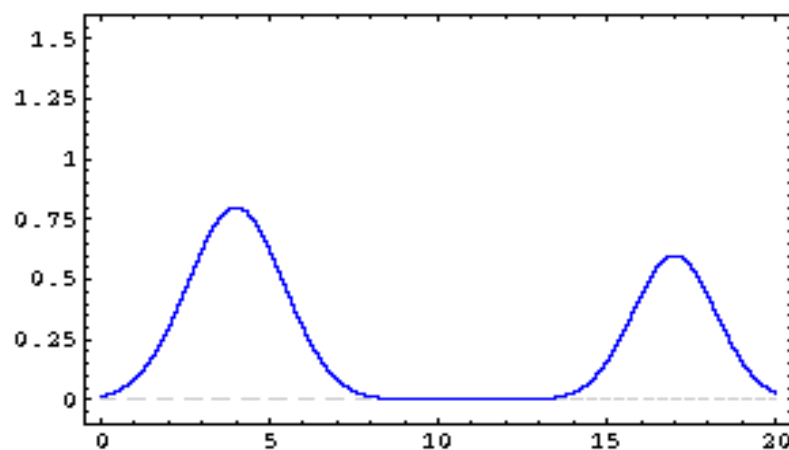
---

3

---

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.3 Superposició d'ones



---

4

---

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.3 Superposició d'ones

- Superposició d'ones harmòniques de la mateixa freqüència: depèn de la diferència de fase
- Dues ones:
  - en la direcció  $x$  positives
  - mateixa freqüència angular  $\omega$
  - mateix nombre d'ones  $k$
  - desfasament relatiu  $\delta$

$$y_1 = A \sin(\omega t - kx) \quad y_2 = A \sin(\omega t - kx + \delta)$$

---

5

---

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.3 Superposició d'ones

- Si:
  - Desfasament  $\delta = n \cdot 2\pi \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$

$$y_T = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx - \omega t + n \cdot 2\pi)$$

$$y_T = 2A \sin(kx - \omega t)$$

- Aleshores: INTERFERÈNCIA CONSTRUCTIVA
- 

6

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.3 Superposició d'ones

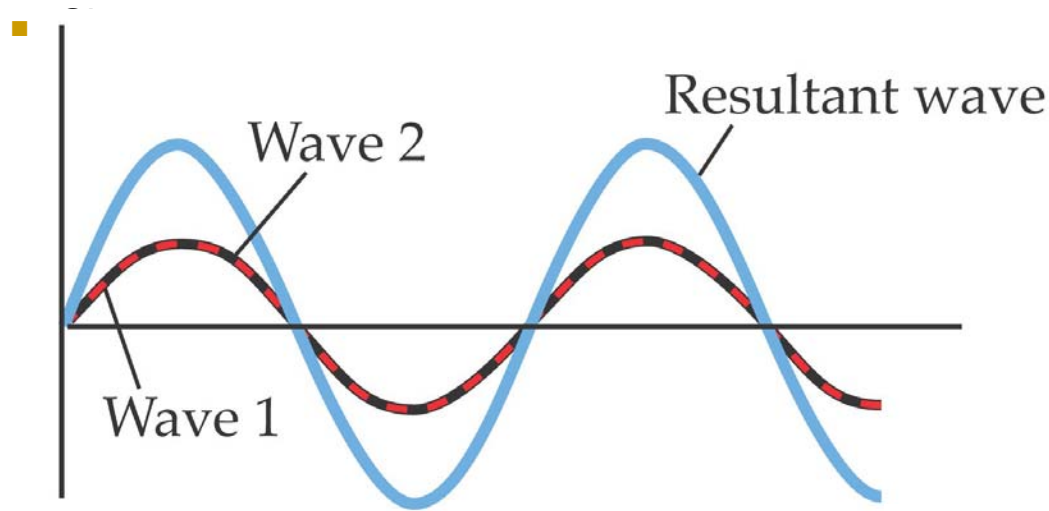


Figura 16.03 Tipler 5a ed.

- Aleshores: INTERFERÈNCIA CONSTRUCTIVA

7

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.3 Superposició d'ones

- Si:
  - Desfasament  $\delta = (2n + 1)\pi$   $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

$$y_T = A\sin(kx - \omega t) + A\sin(kx - \omega t + (2n + 1)\pi)$$

$$y_T = A\sin(kx - \omega t) - A\sin(kx - \omega t) = 0$$

- Aleshores: INTERFERÈNCIA DESTRUCTIVA

8



## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.3 Superposició d'ones

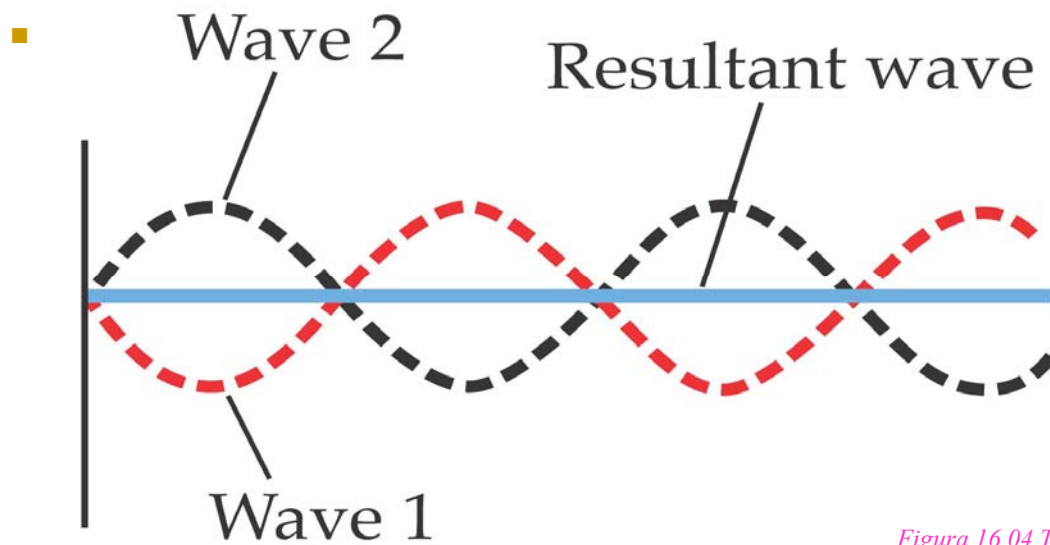


Figura 16.04 Tipler 5a ed.

- Aleshores: INTERFERÈNCIA DESTRUCTIVA

9

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.3 Superposició d'ones

- Dues ones generades en focus  $S_1$  i  $S_2$  que es troben en un punt  $P$ :
  - Si la diferència de trajecte és un nombre sencer de longituds d'ona:

$$k\Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} n\lambda = n \cdot 2\pi$$

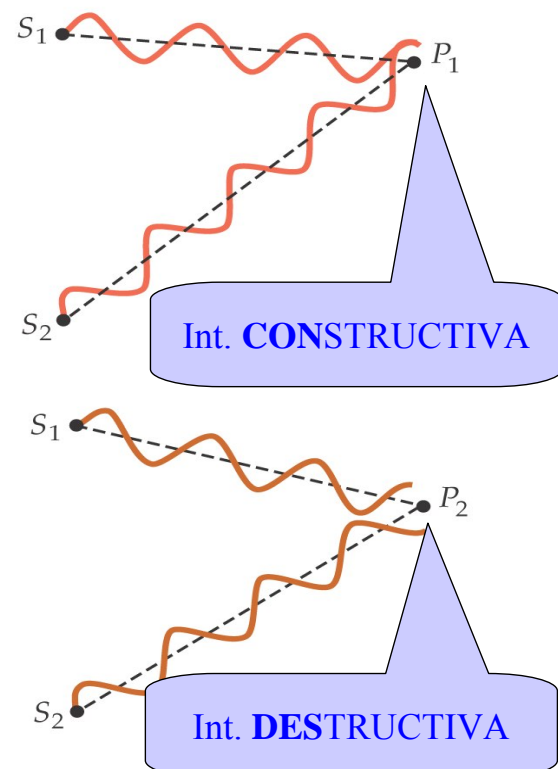


Figura 16.06 Tipler 5a ed. 10

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.3 Superposició d'ones

- Dues ones generades en focus  $S_1$  i  $S_2$  que es troben en un punt  $P$ :
  - Si la diferència de trajecte és un nombre sencer de longituds d'ona:

$$k\Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} n\lambda = n \cdot 2\pi$$

- Si la diferència de trajecte és un nombre imparell de mitges longituds d'ona:

$$k\Delta x = \frac{2\pi}{\lambda} (2n + 1) \frac{\lambda}{2} = (2n + 1)\pi$$

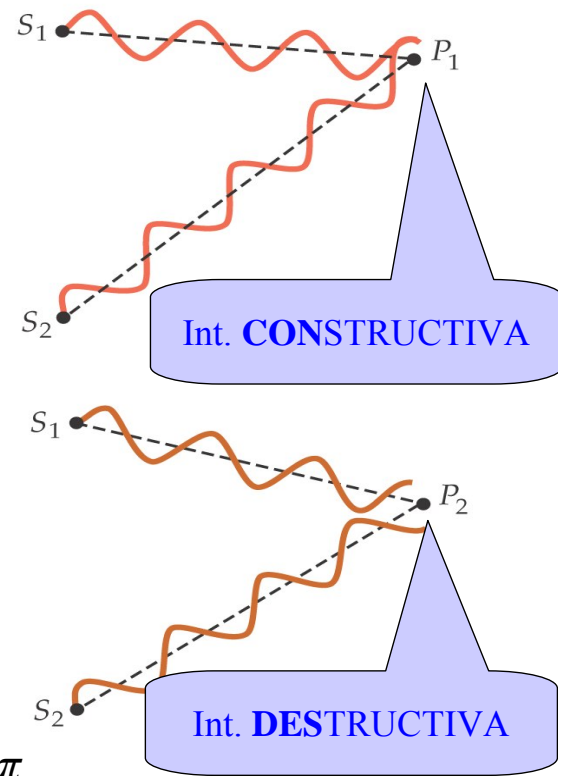
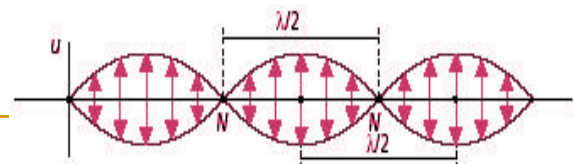


Figura 16.06 Tipler 5a ed. 11

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.3 Superposició d'ones

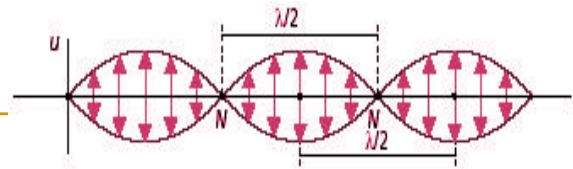
- Ones estacionàries:
  - Es produeixen en elements vibrants que tenen els extrems fixos.
  - Ona en el sentit de les X positives +  
+ ona en el sentit de les X negatives



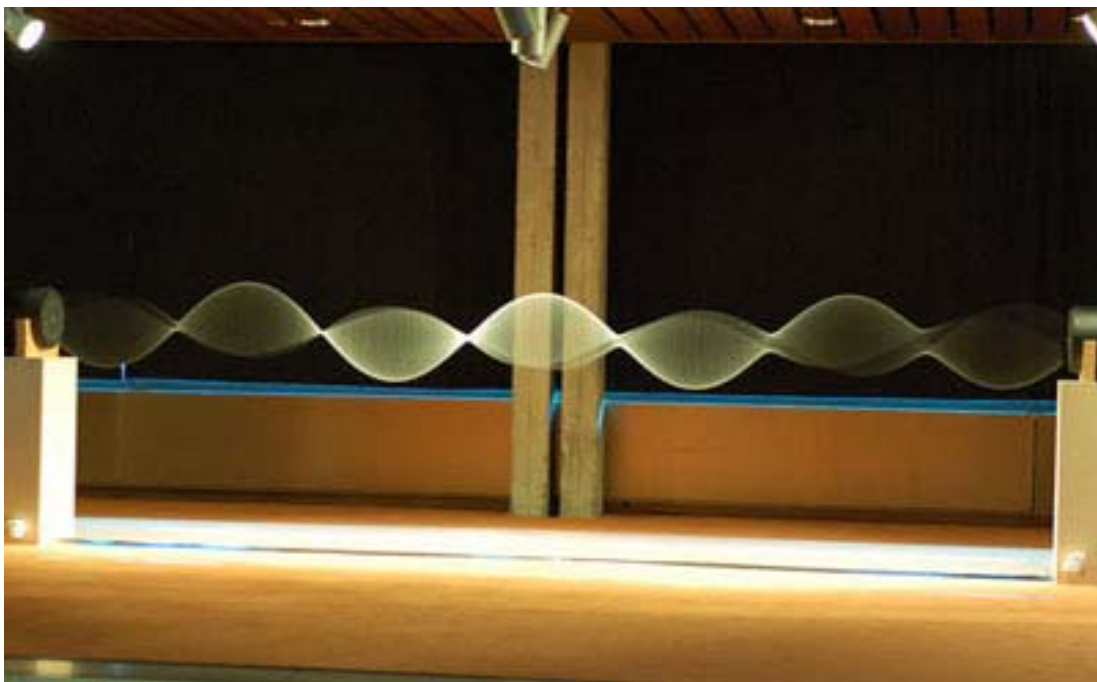
## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.3 Superposició d'ones

- Ones estacionàries:
  - Es produeixen en elements vibrants que tenen els extrems fixos
  - Ona en el sentit de les X positives +  
+ ona en el sentit de les X negatives
  - Suma:  $y_T = A\sin(\omega t - kx) + A\sin(\omega t + kx)$
  - Ona amb una oscil·lació màxima diferent per a cada X:  
pareix que no es mou



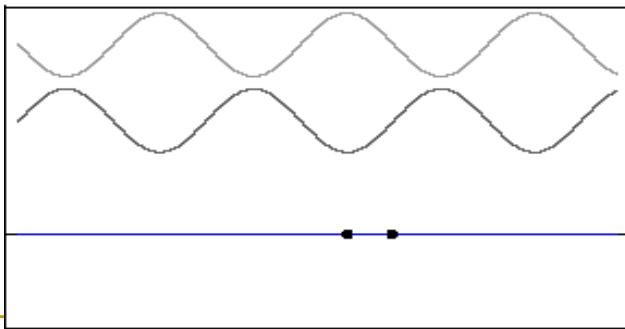
## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI



## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.3 Superposició d'ones

- Ones estacionàries:
  - Els punts que oscil·len amb amplitud zero (no oscil·len) s'anomenen NODES.
  - Els punts que oscil·len amb l'amplitud màxima es denominen ANTINODES O VENTRES.

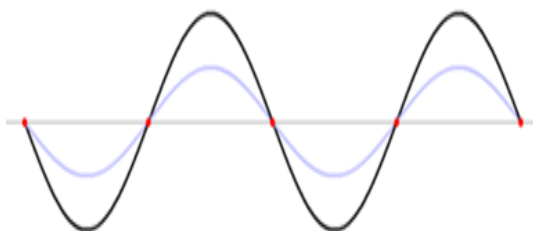


15

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.3 Superposició d'ones

- Ones estacionàries:
  - Els punts que oscil·len amb amplitud zero (no oscil·len) s'anomenen NODES.
  - Els punts que oscil·len amb l'amplitud màxima es denominen ANTINODES O VENTRES.

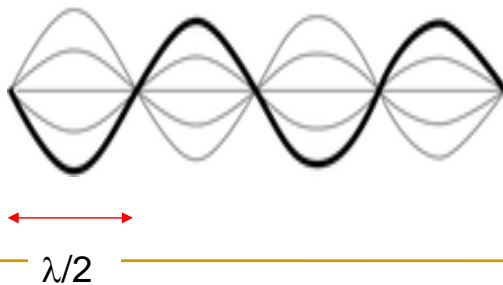


16

# TEMA 3: MOVIMENT ONDULATORI

## 3.3 Superposició d'ones

- Ones estacionàries:
  - Els punts que oscil·len amb amplitud zero (no oscil·len) s'anomenen NODES.
  - Els punts que oscil·len amb l'amplitud màxima es denominen ANTINODES O VENTRES.



- Distància entre nodes  $\lambda/2$

# TEMA 3: MOVIMENT ONDULATORI

## 3.3 Superposició d'ones

- Ones estacionàries en una corda:
  - Distància entre nodes  $\lambda/2$

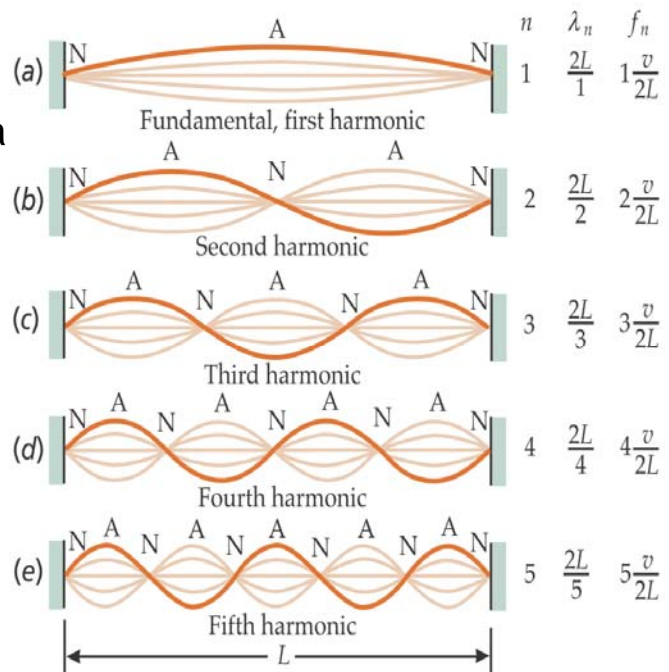


Figura 16.10 Tipler 5a ed.

# TEMA 3: MOVIMENT ONDULATORI

## 3.3 Superposició d'ones

- Ones estacionàries en una corda:

- Distància entre nodes

$$\lambda/2$$

- Harmònic fonamental:

$$L = \lambda/2$$

- Harmònics possibles en una corda:

$$\frac{\lambda_n}{2} = \frac{L}{n}$$

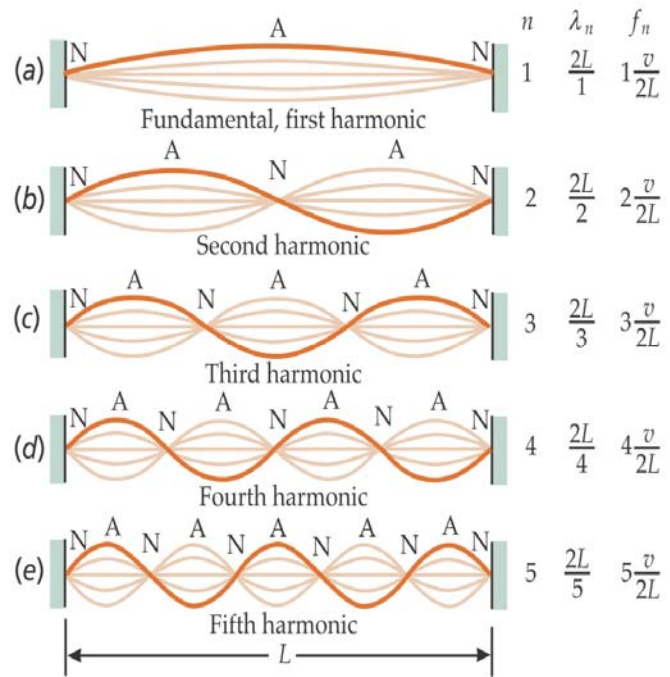


Figura 16.10 Tipler 5a ed.

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI



### EFFECTE DOPPLER

<http://es.wikipedia.org/wiki/Ecolocalizaci%C3%B3n>



<http://electromagnetismo2009.blogspot.com/>

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

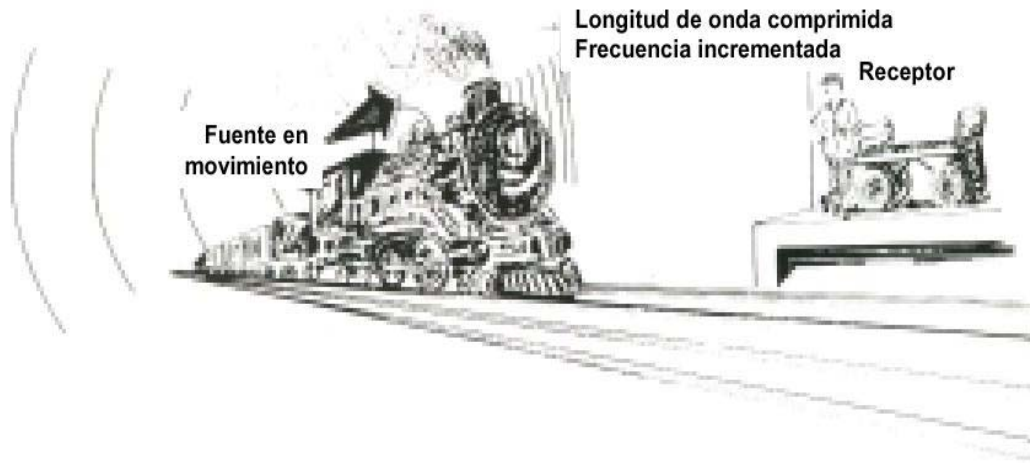
### 4.4 Efecte Doppler

- Apareix quan un focus productor d'ones i un receptor es mouen l'un respecte de l'altre.
- La freqüència que s'observa és diferent de la del focus quan està en repòs:  $f = v/\lambda$
- Tots els tipus d'ones
  - Electromagnètiques
  - Sonores
  - Lluminoses
  - ...
- **EXPERIMENTEN L'EFECTE DOPPLER**

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.4 Efecte Doppler

- Exemple familiar: el xiulet d'un tren
  - Quan S'ACOSTA el xiulet és AGUT (f. alta)

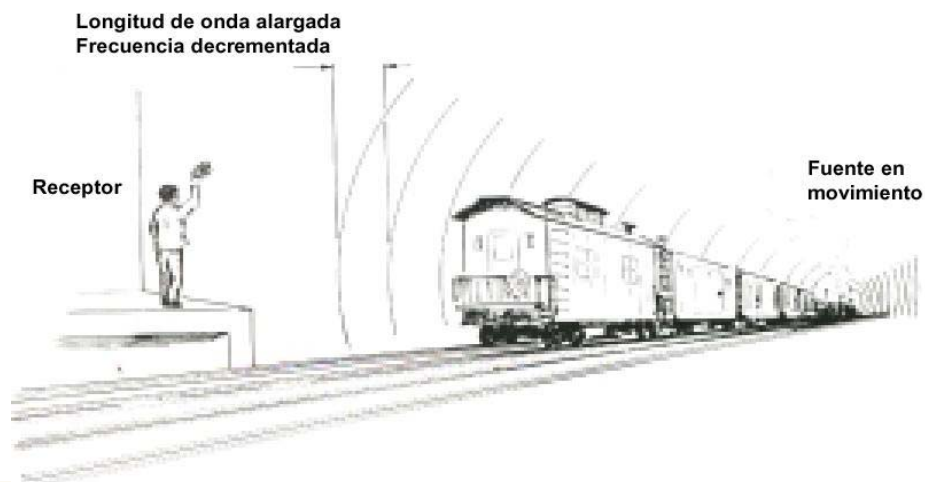


[http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_04\\_05/io2/public\\_html/Doppler/3Ultrasonidos\\_doppler.htm](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io2/public_html/Doppler/3Ultrasonidos_doppler.htm)

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.4 Efecte Doppler

- Exemple familiar: el xiulet d'un tren
  - Quan S'ACOSTA el xiulet és AGUT (f. alta)
  - Quan S'ALLUNYA passa a ser GREU (f. baixa)



[http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_04\\_05/io2/public\\_html/Doppler/3Ultrasonidos\\_doppler.htm](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io2/public_html/Doppler/3Ultrasonidos_doppler.htm)



## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.4 Efecte Doppler

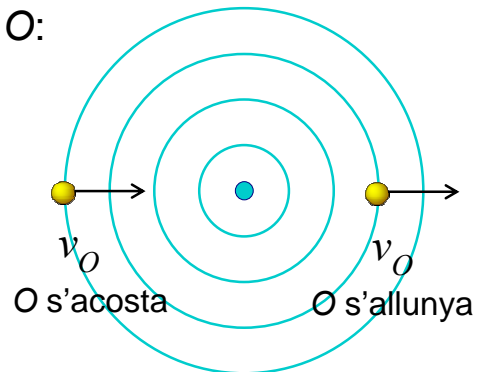
#### ■ FOCUS fix - OBSERVADOR mòbil:

- $F$  fix: els fronts d'ona formen cercles concèntrics
- $O$  mòbil: es mou amb velocitat  $v_O$
- Velocitat de la ona detectada per  $O$ :

$$v' = v - v_O$$

- La freqüència aparent

$$f' = \frac{v'}{\lambda} = \frac{v - v_O}{\lambda} = f \frac{v - v_O}{v}$$



- Quan l'observador s'allunya del focus ( $v_O$  positiva):  $f' < f$
- Quan l'observador s'acosta al focus ( $v_O$  negativa):  $f' > f$

5

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.4 Efecte Doppler

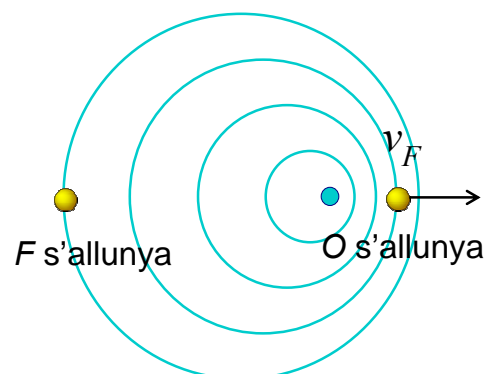
#### ■ FOCUS mòbil - OBSERVADOR fix:

- $F$  mòbil: els fronts d'ona formen cercles excèntrics
- $O$  fix: detecta una  $\lambda$  diferent
- La  $\lambda$  detectada per  $O$ :

$$\lambda'' = \frac{v + v_F}{f}$$

- La freqüència aparent

$$f'' = \frac{v}{\lambda''} = f \frac{v}{v + v_F}$$



- Quan el focus s'allunya del focus ( $v_F$  positiva):  $f'' < f$
- Quan el focus s'acosta al focus ( $v_F$  negativa):  $f'' > f$

6

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.4 Efecte Doppler: RESUM

- FOCUS fix - OBSERVADOR mòbil:

- Freqüència aparent

$$f' = f \frac{v - v_O}{v}$$

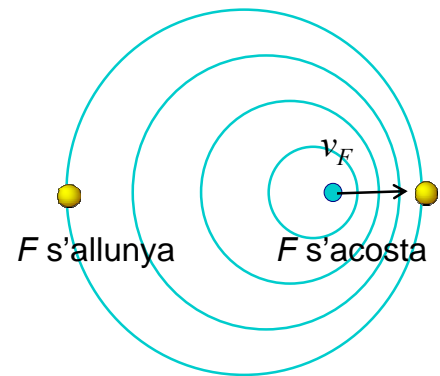
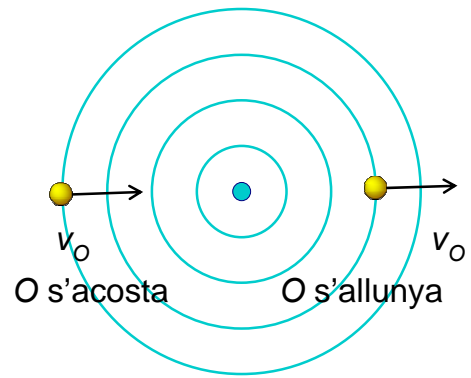
- O s'allunya ( $v_O$  positiva):  $f' < f$
- O s'acosta ( $v_O$  negativa):  $f' > f$

- FOCUS mòbil - OBSERVADOR fix:

- Freqüència aparent

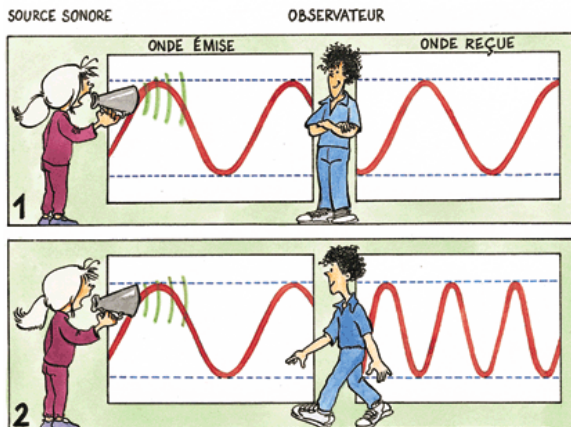
$$f'' = f \frac{v}{v + v_F}$$

- F s'allunya ( $v_F$  positiva):  $f'' < f$
- F s'acosta ( $v_F$  negativa):  $f'' > f$



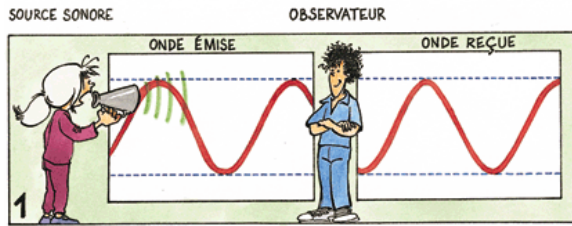
7

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

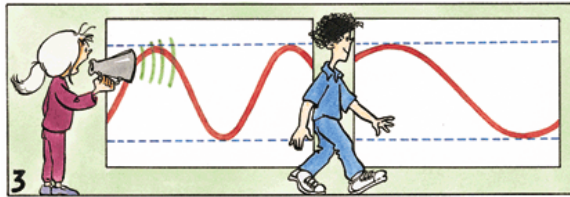


F - O s'acosten:  $f' \text{ o } f'' > f$

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI



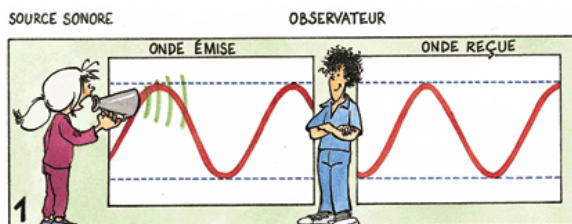
F - O s'allunyen :  $f' \text{ o } f'' < f$



<http://dopplerefecto.blogspot.com/2008/05/el-efecto-doppler.html>

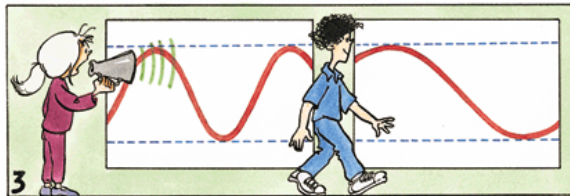
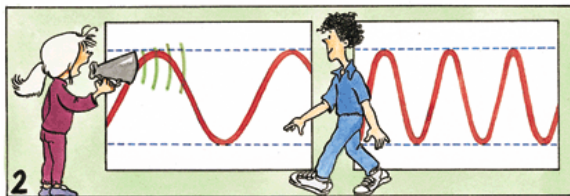
9

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI



F - O s'acosten:  $f' \text{ o } f'' > f$

F - O s'allunyen:  $f' \text{ o } f'' < f$



<http://dopplerefecto.blogspot.com/2008/05/el-efecto-doppler.html>

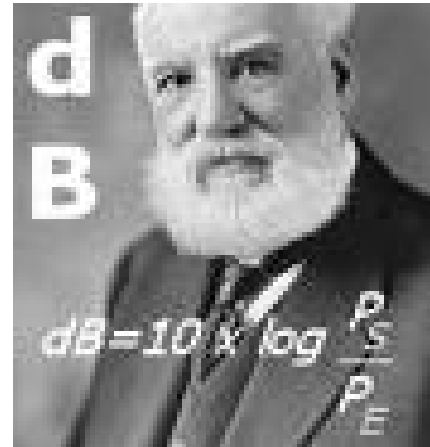
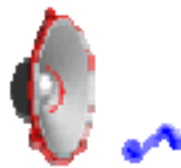
10

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

<http://www.rtve.es/noticias/20100328/niveles-decibelios-db-nuestro-entorno/322078.shtml>



## INTENSITAT SONORA



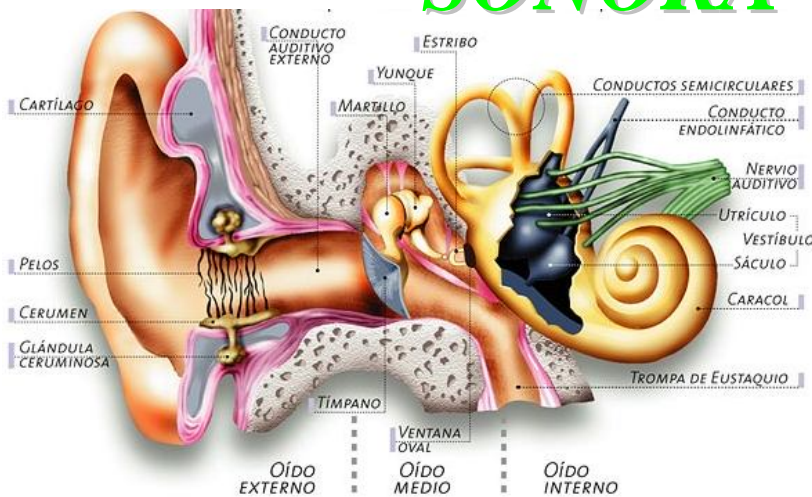
<http://adaar-planetario.8m.com/ACUSTICA.htm>

1

# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

**VIDEO:** [http://www.youtube.com/watch?v=rd6\\_zrvwk7U&feature=player\\_embedded](http://www.youtube.com/watch?v=rd6_zrvwk7U&feature=player_embedded)

## INTENSITAT SONORA



<http://estudiarsonido.wordpress.com/category/3-la-audicion/>

2

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.5 Energia i intensitat de una ona. Absorció

- Fronts d'ona: punts en el mateix estat d'oscil·lació (per exemple, cresta de l'ona)
- Ones en l'aigua (ones superficials): fronts d'ona = cercles concèntrics en la superfície
- Ondas sonores (ones en tres dimensions): fronts d'ona = esferes concèntriques

- Raigs: línies perpendiculars als fronts d'ona.

- Ones esfèriques: RAIGS EN DIRECCIÓ RADIAL



Figura 15.12, Tipler 5a ed.

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.5 Energia i intensitat de una ona. Absorció

- Energia: es distribueix uniformement sobre una corba esfèrica de radi  $r$  i superfície  $4\pi r^2$ .
- Intensitat: energia per unitat de temps i per unitat d'àrea (potència mitjana per unitat d'àrea)

$$I = \frac{P}{4\pi r^2}$$

<http://kingmagic.wordpress.com/2007/01/>



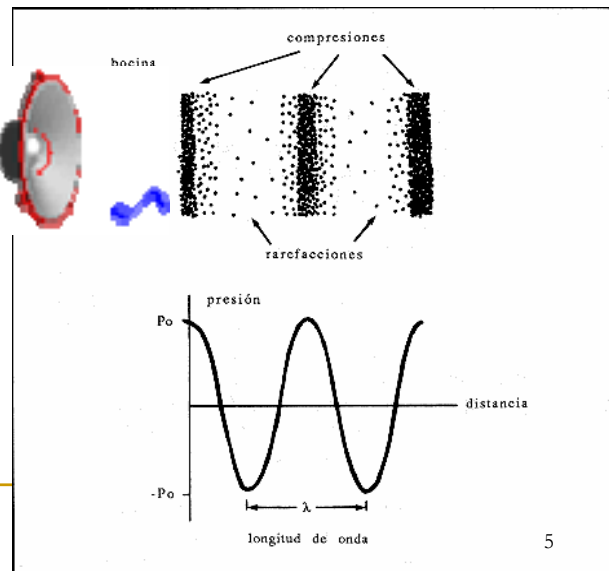
# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.6 Breu introducció a l'acústica

- Generació d'ones sonores: font que fa que les molècules d'aire pròximes oscil·len al voltant de les seues posicions d'equilibri (membrana o corda vibrant)

- Ones sonores = **ones longitudinals**: els desplaçaments es produeixen al llarg del moviment de la ona i donen lloc a variacions de densitat i pressió de l'aire

[http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/37/htm/sec\\_9.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/37/htm/sec_9.htm)

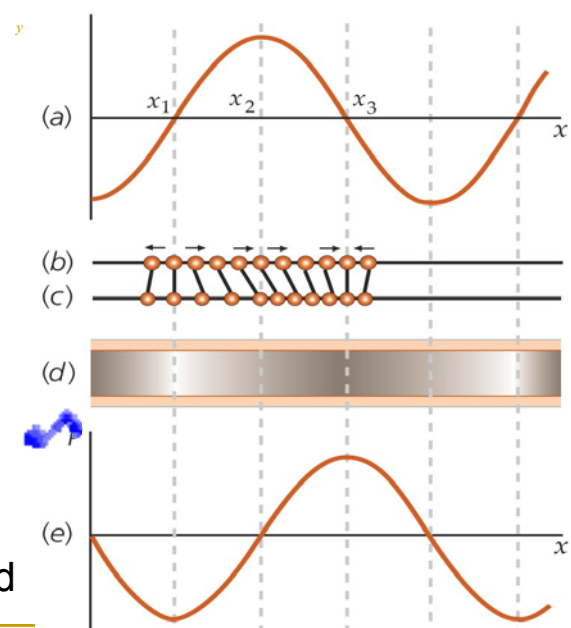


# TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

## 4.6 Breu introducció a l'acústica

- Ona de pressió:  $\Delta P$
- $\Delta P$ : variació positiva o negativa
- (a) Desplaçament respecte de la posició d'equilibri de les molècules d'aire
- (b) Densitat de l'aire
- (c) Canvis de pressió
- Intensitat en funció de l'amplitud

*Figures 15.10, Tipler 5a ed.*



## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.6 Breu introducció a l'acústica

- Velocitat de propagació d'una ona sonora:

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

$K$ : mòdul de compressibilitat de l'aire

$\rho$ : densitat (en equilibri)

- Per a les ones sonores en un gas:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

$\gamma$  : constant que depèn del tipus de gas (aire:  $\gamma = 1.4$ )

$R$  : constant universal dels gasos  $R = 8.314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

$M$  : massa molecular del gas ( $M = 29 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$ )

- **VELOCITAT DEL SO EN L'AIRE  $v = 343 \text{ m/s}$**

7

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.6.1 Detectores de so

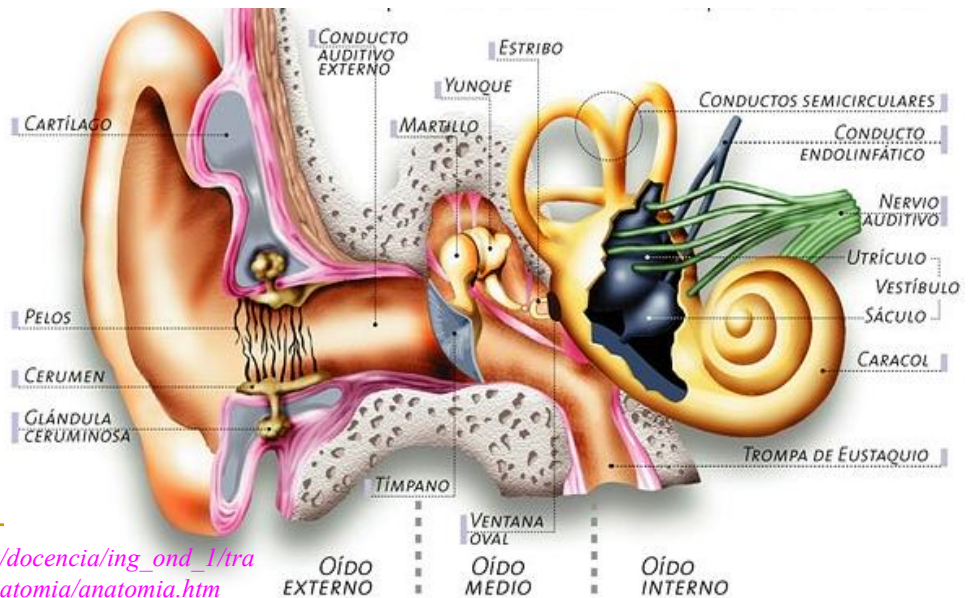
- Detectores: membrana que capta les variacions de pressió de l'aire i les converteix en un altre tipus de senyal



## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.6.1 Detectors de so

- Detectors: membrana que capta les variacions de pressió de l'aire i les converteix en un altre tipus de senyal
- OÏDA humana



[http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/tra\\_bajos\\_06\\_07/io2/public\\_html/anatomia/anatomia.htm](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/tra_bajos_06_07/io2/public_html/anatomia/anatomia.htm)

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.6.2 Nivell d'intensitat sonora i sensació sonora

- Intensitats detectades:  $10^{-12} \text{ W/m}^2$  a  $1 \text{ W/m}^2$
- Nivell d'intensitat sonora:

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

on  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$

- És una unitat de RELACIÓ o MULTIPLICITAT
- Exemples:

$$I = 10^{-12} \text{ W/m}^2 \rightarrow \beta = 0 \text{ dB (} 10^0 \text{ vegades més gran)}$$

$$I = 1 \text{ W/m}^2 \rightarrow \beta = 120 \text{ dB (} 10^{12} \text{ vegades més gran)}$$

$$I = 2 I_0 = \rightarrow \beta = 3 \text{ dB (} 2 \text{ vegades més gran)}$$



| Font                       | $I/I_0$   | dB  | Descripció                            |
|----------------------------|-----------|-----|---------------------------------------|
|                            | $10^0$    | 0   | Límit d'audició                       |
| Respiració normal          | $10^1$    | 10  | Poc audible                           |
| Rumor de fulles            | $10^2$    | 20  |                                       |
| Conversació en veu baixa   | $10^3$    | 30  | A penes sorollós                      |
| Biblioteca                 | $10^4$    | 40  |                                       |
| Oficina tranquil·la        | $10^5$    | 50  | Poc sorollós                          |
| Conversació normal         | $10^6$    | 60  |                                       |
| Trànsit dens               | $10^7$    | 70  |                                       |
| Oficina sorollosa          | $10^8$    | 80  |                                       |
| Camió a (15 m); cataractes | $10^9$    | 90  | L'exposició constant perjudica l'oïda |
| Tren                       | $10^{10}$ | 100 |                                       |
| Soroll de construcció      | $10^{11}$ | 110 |                                       |
| Concert de rock            | $10^{12}$ | 120 | Límit del dolor                       |
| Martell pneumàtic          | $10^{13}$ | 130 |                                       |
| Reactor                    | $10^{15}$ | 150 |                                       |
| Motor de coet              | $10^{18}$ | 180 |                                       |

11

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.6.3 Resposta auditiva

- La sensació sonora depèn de la intensitat i de la freqüència
- Línies isofòniques (mateixa sensació sonora)

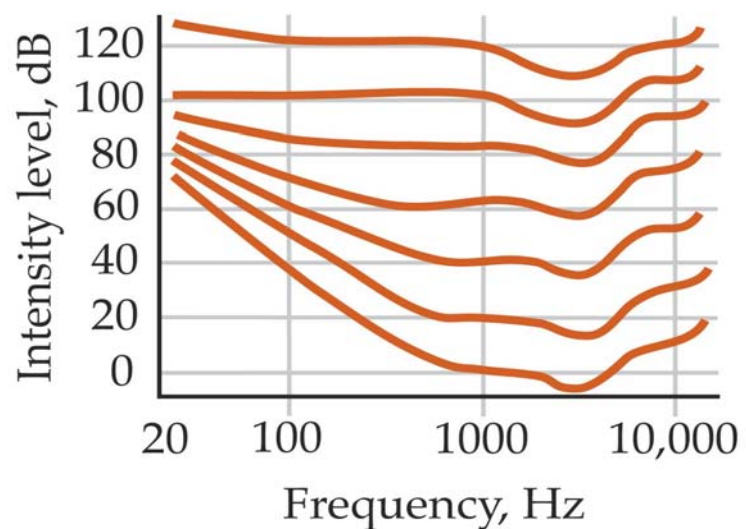


Figura 15.16, Tipler 5a ed.

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.6.3 Resposta auditiva

#### Límits:

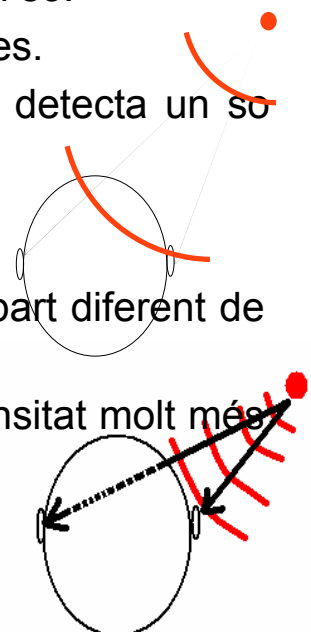
- Llímit d'audició (corba inferior): intensitat mínima perquè un so d'una freqüència donada comence a ser audible
  - La intensitat límit a 1000 Hz: s'utilitza com a referència
  - Mínim en 3 000 Hz (màxima sensibilitat)
  - Altres freqüències: intensitats majors (exemple: per a un so de 100 Hz sensació límit = 40 dB)
- Llímit de sensació dolorosa (corba superior): els ossos vibren i xoquen amb la paret de l'orella mitjana.
  - Intensitat de sensació dolorosa a 1000 Hz = 120 dB
  - Altres freqüències: quasi la mateixa intensitat

13

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.6.4 Localització auditiva

- És la percepció de la direcció de procedència d'un so.
- És un fenomen biaural: intervenen ambdues orelles.
- Mecanisme bàsic: l'orella més pròxima a la font detecta un so amb una intensitat major.
- Mecanisme addicional: depèn de la freqüència
  - $f < 1700$  Hz ( $\lambda > 0.2$  m): en cada orella una part diferent de l'ona, intensitat lleugerament diferent.
  - $f > 1700$  Hz ( $\lambda < 0.2$  m): ombra acústica, intensitat molt més gran en l'orella més pròxima a la font.

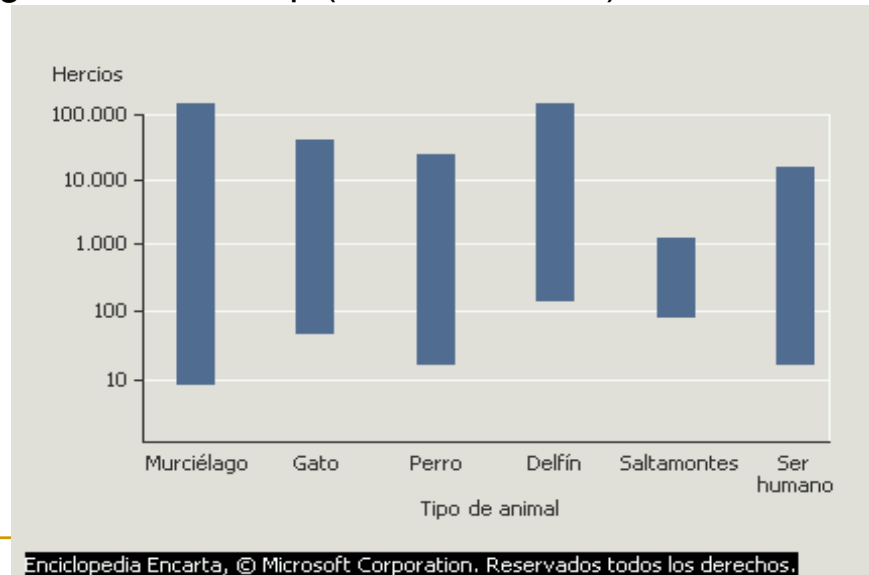


14

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

### 4.6.4 Localització auditiva

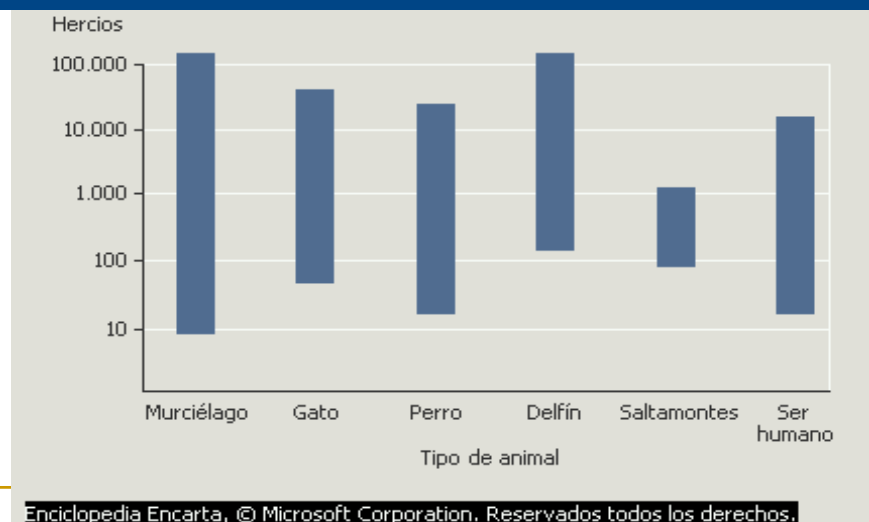
- La freqüència límit és la freqüència que té una longitud d'ona de l'ordre de la grandària del cap (humans: 0.2 m).
- Altres animals:



15

## TEMA 4: MOVIMENT ONDULATORI

***En RESUM, el fenomen de localització auditiva es dona en freqüències del so altes i el límit superior de freqüències és tant més alt com menor és la grandària de l'animal que la utilitza.***



16