

ELS SONS QUE SENTIM



GRUP DIATIC



Els sons que sentim, creada per Luisa Herreras i Josep Olivella dins del grup de treball DIATIC es distribueix sota una llicència Creative Commons Atribució-NoComercial-SenseDerivar 4.0 Internacional <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

ELS SONS QUE SENTIM

Un grup d'alumnes ens ofereixen una breu composició musical. En sentir-la no ens és gaire difícil notar que sonen diferents instruments. Segur que som capaços de distingir un instrument d'un altre i potser podem diferenciar les notes que emet un instrument.



"FORREST AUDIO"

Escolta l'audició que trobaràs en el següent enllaç i intenta respondre aquestes qüestions

[ForrestAudio](#)



Idees prèvies

1. Quants i quins instruments creus que sonen en la composició que has sentit?

.....
.....

2. Com creus que es produeixen els sons en aquests instruments?

.....
.....

3. Com arriben els sons a les nostres orelles?

.....
.....

4. Com t'expliques que puguem sentir-los?

.....
.....

1.- Què és el so?

En la petita peça musical has escoltat diferents sons. Però què és el so? Per donar resposta a aquesta pregunta cal preguntar-se, per exemple, com es genera un so, com es propaga, com el percep una persona.

Tot seguit et proposem unes activitats que faran possible contestar aquestes i d'altres preguntes.



Per ajudar-te en la teva recerca disposes d'una simulació per ordinador que trobaràs en l'enllaç:

http://phet.colorado.edu/sims/wave-interference/wave-interference_ca.jnlp

1.1.- Com es produeix el so?

Tria la pestanya So.

Fixa't en el moviment de l'altaveu:



5. Què li passa al moviment de l'altaveu quan varies l'amplitud?

.....
.....

6. I quan varies la freqüència?

.....
.....



Com has pogut observar, el moviment que descriu l'altaveu és periòdic ja que repeteix el seu moviment en intervals de temps iguals, on cada un d'aquests intervals s'anomena **període T** i es mesura en **segons, s**. Anomenem **cicle** o **oscil·lació** al moviment que es va repetint, és a dir, al fragment de moviment que es repeteix cada període. Després de cada cicle, la membrana de l'altaveu es troba de nou a la mateixa posició.

En Física es defineix l'**amplitud A** com la distància que hi ha entre la posició d'equilibri de la membrana i la posició més allunyada de la membrana quan vibra. També es defineix la **freqüència f** com el nombre d'oscil·lacions que fa la membrana en un segon. Es mesura en el Sistema Internacional en **s⁻¹**, unitat que rep el nom d'**Hertz (Hz)**. També es pot definir el **període T** com el temps que tarda la membrana de l'altaveu en completar una oscil·lació, és a dir, en tornar a la mateixa posició.

El període i la freqüència són inversament proporcionals de manera que:

$$f = \frac{1}{T}$$

ATENCIÓ: una manera diferent de trobar el període

Quan el període és molt petit es pot trobar mesurant el temps d'un nombre gran d'oscil·lacions i dividint el temps mesurat entre aquest nombre.



7. Fes servir el cronòmetre que trobaràs a la dreta de la simulació per trobar el període per a dues posicions diferents del cursor de freqüència (una situada en la part de l'esquerra i una situada en la part dreta). Calcula el període del moviment de la membrana en cada cas.

T (part esquerra) =

T (part dreta) =

8. Troba la freqüència en Hz per a cada un dels períodes anteriors:

f(part esquerra)=

f(part dreta) =



9. De quina manera creus que generem els sons quan parlem?

.....
.....

10. Quina diferència hi ha entre generar un so agut i un so greu quan parlem?

.....
.....

11. Explica com emeten un so els instruments musicals de l'audició que hem

sentit al principi.

.....
.....

“QUÈ, QUI, COM”: Les cordes vocals.



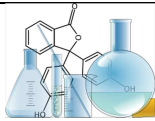
En aquest vídeo pots informar-te sobre com es generen els sons en el nostre cos quan parlem i cantem

<https://www.youtube.com/watch?v=0nJ183ore6M>

1.1.- Com es transmet el so?



El so que genera per exemple un altaveu o un instrument musical (**font** o **emissor**) es propaga per un **medi** fins al receptor, com per exemple, la nostra oïda.



I a través del buit, també es pot transmetre el so?

Per respondre aquesta pregunta et proposem un muntatge experimental. Agafa un recipient per a fer el buit i un bronzidor. Posa el bronzidor en funcionament dins del recipient i comença a extreure l'aire.

12. Què observes?

.....
.....
.....

Acabes d'esbrinar que perquè un so viatgi necessita un medi material.

Ara anem a descobrir què fa que el so pugui viatjar. Per poder arribar-hi, has de recordar que, segons la **teoria cineticomolecular**, la matèria està constituïda per partícules molt petites:



“Teoria cineticomolecular”

En aquest enllaç pots informar-te sobre aquesta teoria

http://ca.wikipedia.org/wiki/Teoria_cineticomolecular



Idees prèvies

13. Com podries explicar el què succeeix a les partícules del medi que envolta un altaveu quan aquest està vibrant?

.....
.....
.....



Per ajudar-te en la teva recerca continua fent servir la simulació anterior:

http://phet.colorado.edu/sims/wave-interference/wave-interference_ca.inlp

Selecciona la pestanya so i tria l'opció de visualització anomenada "partícules".



14. Selecciona una freqüència baixa. Observa el moviment de les partícules i descriu el que observes.

.....
.....

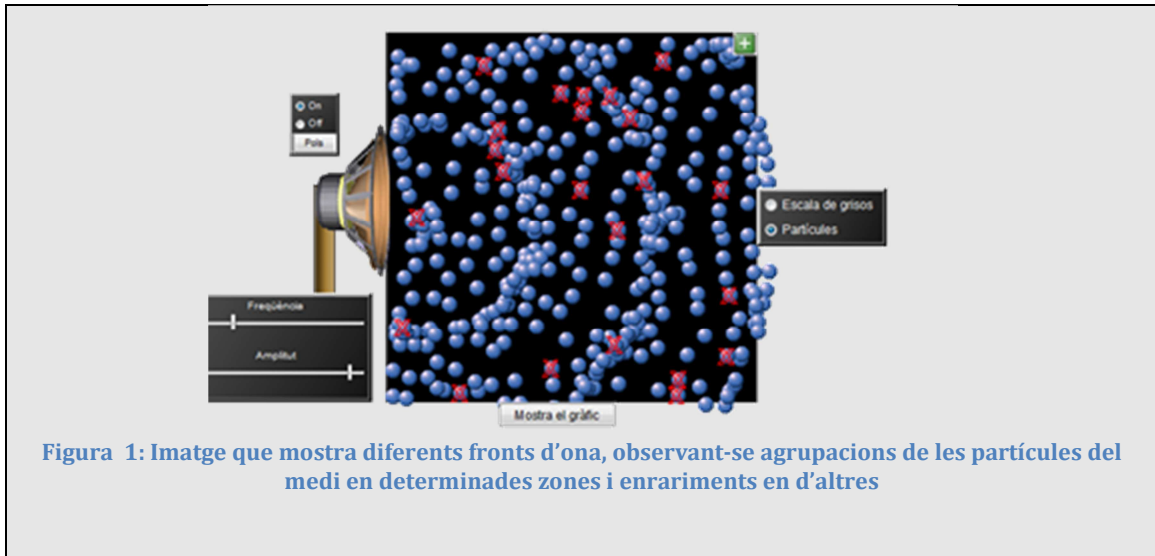



Aquest mode de visualització mostra el moviment vibratori de les partícules del medi (aire per exemple) al voltant d'una posició d'equilibri. En Física, s'anomena **ona** a la propagació d'una pertorbació d'alguna propietat d'un medi (per exemple, la pressió), a través de l'espai transportant energia sense transport de matèria. En el cas de que la pertorbació que es propaga sigui la variació de la pressió es parla d'ones sonores o so.

Les ones com el so que es propaguen a través d'un medi material s'anomenen **ones mecàniques**.


Hi ha un altre tipus d'ones com la llum, que no necessiten un medi material per a propagar-se i s'anomenen **ones electromagnètiques**.

En física s'anomena **front d'ona** al conjunt de punts del medi que vibren de la mateixa manera en un instant determinat.




 15. Amb ajuda de la simulació i seleccionant una freqüència petita, dibuixa com estarien distribuïdes les partícules al voltant de l'altaveu en tres instants de temps diferents:

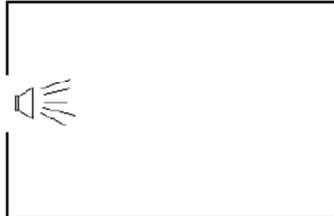
- quan l'altaveu està apagat i, per tant, encara no ha emès cap so,
- quan l'altaveu acaba d'emetre un únic so o pols,
- mentre l'altaveu emet un so continu.




(a)



(b)



(c)

 També ens podem fixar en la representació dels fronts d'ona utilitzant les franges negres o blanques que s'observen en la visualització "escala de grisos". Les zones blanques de la representació en grisos s'anomenen **crestes** i les zones negres **valls**.

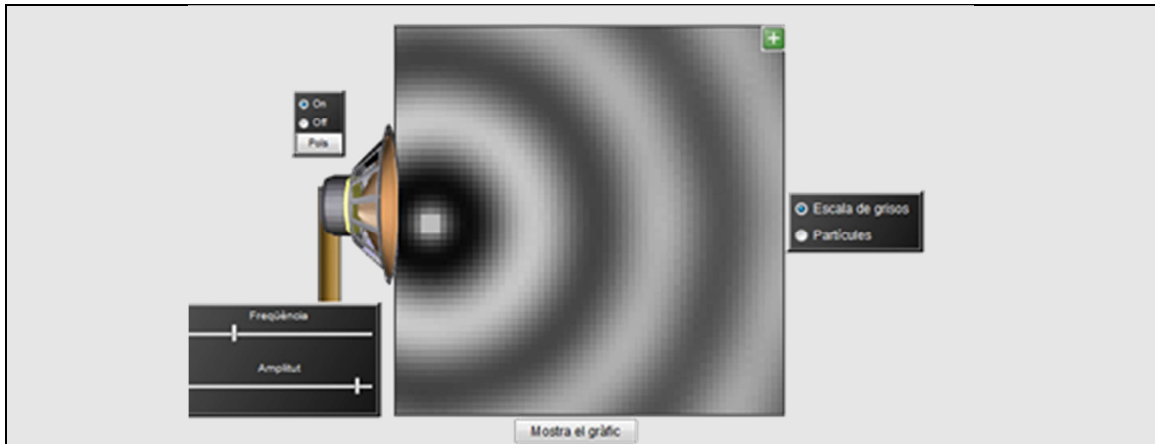


Figura 2: Imatge que mostra les fronts d'ona associats a l'ona sonora que emet l'altaveu

La distància entre dues crestes o entre dos valls es diu **longitud d'ona**. Aquesta magnitud es representa per la lletra grega lambda, λ . Es pot veure que λ és la distància que avança el so en un període.

La velocitat del so, v depèn del medi en que es propaga. La propagació dels fronts d'ona és a velocitat constant. Com que la velocitat es pot calcular com el desplaçament per unitat de temps

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

i tenint en compte les definicions de λ i T , es pot deduir la següent expressió per a la velocitat amb que avança l'ona de so en un medi o velocitat de propagació del so:

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



16. La nota Do central de l'escala musical té una freqüència de 262 Hz.
- Quina és la longitud d'aquesta ona en l'aire?
 - La freqüència de la nota Do una octava per sobre del Do central és el doble que la d'aquesta darrera. Quina és la longitud d'ona d'aquesta nota en l'aire?

DADA: $V(\text{so}) = 340 \text{ m/s}$

Sol: 1,30m; 0,65m

17. Les ones sonores resulten audibles per l'oïda humana per a freqüències entre els 20 i els 20.000 Hz. Sabent que la velocitat de propagació del

so en l'aire és de 340 m·s⁻¹, troba l'interval de longituds d'ona d'aquests sons.

Sol: Entre 0,017m i 17m

18. Un ratpenat emet polsos d'ultrasons en una gama entre 40 i 50 kHz i amb una durada d'uns 2 ms.

- Quina és la gama de longituds d'ona que emet aquest animal?
- Quant temps tarda el ratpenat en "sentir" una senyal que li arriba reflectida des d'una paret situada a 2,5 m?

DADA: $v(\text{so}) = 340 \text{ m/s}$

Sol: Entre 0,0068m i 0,0085m; 0,00735s

19. Per a determinar la fondària d'un pou de petroli, una geòloga emet ones de 220 Hz de freqüència i 1,5 m de longitud d'ona per la boca del pou. Si la resposta del eco es dona després de 8 s, quina és la fondària del pou.

Sol: 1320m

20. El sonar d'un vaixell emet ones de freqüència 40.000 Hz, si la velocitat de l'ona a l'aigua és de 1280 m/s. Calculeu:

- La longitud d'ona.
- La profunditat del mar en un punt en què el senyal emès pel sonar tarda 0,8 s en arribar al fons del mar i tornar al vaixell.

Sol: 0,032m; 512m

21. Un tren en circular sobre la via genera vibracions de 250 Hz en aquesta. Quina és la longitud d'ona d'aquestes vibracions que es propaguen per la via de ferro?

$v(\text{so en ferro}) = 5000 \text{ m/s}$

Sol: 20m

22. En una pel·lícula hem vist que un dels actors posava l'orella per damunt la via per sentir si venia el tren perquè, tal com diu el seu diàleg, sentirà abans el so del tren. Si es troba a 10 km del punt on es troba el tren, quan temps tarda a arribar la vibració fins l'oïda de l'actor? És correcte l'afirmació que fa en el diàleg de la pel·lícula?

DADES: $v(\text{so en aire}) = 340 \text{ m/s}$; $v(\text{so en ferro}) = 5000 \text{ m/s}$. Quan una ona canvia de medi la freqüència de l'ona no varia.

Sol: Per l'aire: 29,4s Per la via: 2s

Clica sobre l'opció de visualització de la simulació anomenada "escala de grisos". Fixa't en els fronts d'ona.



23. Què observes quan varies la freqüència?
.....

.....

.....

Torna al mode de visualització “*particules*” i selecciona el botó “mostra el gràfic” que mostra el gràfic pressió-posició a la part inferior de la simulació.



24. Què es representa en aquest gràfic?

.....

25. Tria una freqüència baixa i atura la simulació. Compara les imatges que et dóna la visualització “en escala de grisos” i la visualització “partícules”.

.....

26. Les crestes i les valls a quines parts del gràfic corresponen?

.....

27. Quina és la pressió corresponent a les crestes i a les valls?

.....

28. Què varia en la gràfica quan varies l'amplitud? Per què?

.....

29. Què varia en la gràfica quan augmentes la freqüència? Per què?

.....

30. Amb ajut del cronòmetre i del regla que pots seleccionar a la dreta de la pantalla tria una posició del selector de freqüència i una d'amplitud. Mesura el període i calcula la freqüència en Hz (Recorda que per disminuir l'error de la mesura convé que mesuris varies oscil·lacions, per exemple 5). Fes-ho a partir de la simulació i a partir del gràfic, tot comparant els resultats.

.....

.....

.....

31. Mesura la longitud d'ona a partir de la simulació i a partir del gràfic, tot comparant els resultats.

.....

32. Calcula la velocitat de propagació. Expressa el resultat en m/s.

.....

Anem tot seguit a estudiar com varia amb el temps la pressió de l'aire en un punt. Per fer-ho clica sobre el botó *Afegeix un detector* que es troba a la part dreta de la simulació i col·loca el detector en un punt de la simulació en la visualització "partícules".



33. Què es representa en el gràfic que apareix a l'afegir un detector?

.....

34. Què passa en el detector quan augmentes l'amplitud?

.....

35. I en el gràfic Pressió-posició?

.....

36. Què passa en el gràfic del detector quan augmentes la freqüència?

.....

37. I en el gràfic Pressió-posició?

.....

38. Col·loca dos detectors en dos punts a diferent distància de l'altaveu. Què observes? Intenta donar-ne una explicació.

.....



L'energia de la vibració de la membrana de l'altaveu o per exemple d'un tambor es transfereix al medi i es propaga per aquest donant lloc a variacions periòdiques de pressió i de densitat que es propaguen pel medi. Estem davant d'una ona sonora.

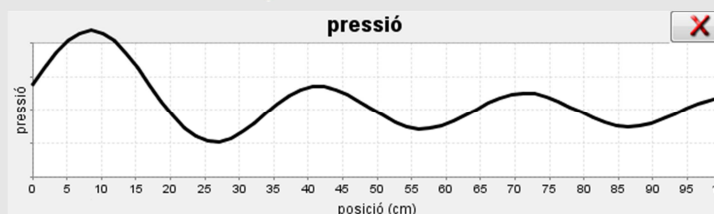


Figura 3: Imatge que mostra la variació de la pressió del medi

En analitzar i comparar els gràfics pressió - posició que dona la simulació i pressió - temps que dona el detector veiem que quan en un d'ells varia la pressió també ho fa en l'altre i ho fa de manera periòdica. Això permet veure

que una ona sonora és una ona que presenta una doble periodicitat: és periòdica en l'espai i periòdica en el temps.

Si ens fixem en tots els punts del medi en el mateix instant com si féssim una fotografia obtindrem un gràfic com aquest. Observa que és una funció periòdica en la qual tots els punts que estan a una distància d'una longitud d'ona vibren igual, és a dir, tenen el mateix valor de la propietat que analitzem (pressió, desplaçament d'una partícula,...). Aquesta periodicitat és la que hem observat a la simulació en el gràfic pressió-posició.

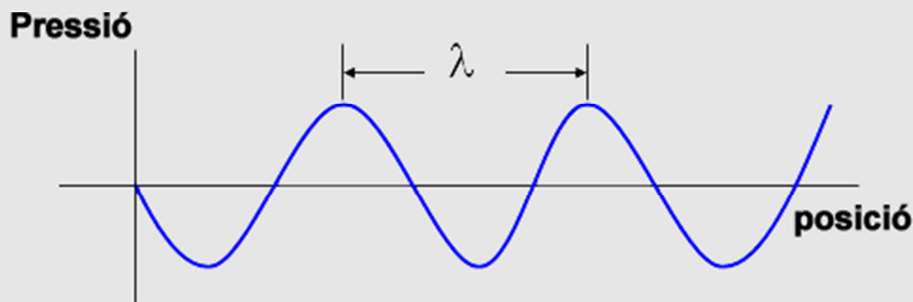
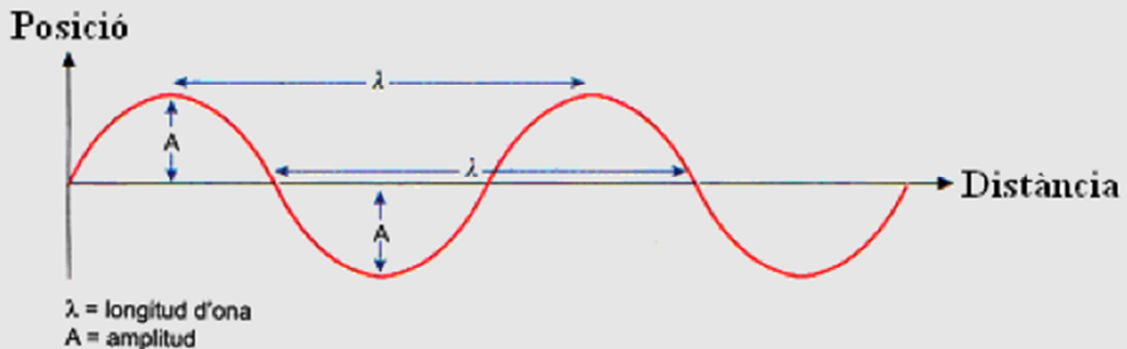


Figura 4: Imatge que mostra la periodicitat de l'ona sonora respecte la posició

Si ens fixem en les variacions d'un punt del medi a mesura que passa el temps obtindrem un gràfic com aquest. Observa que és una funció periòdica en la qual cada període de temps mesuraríem el mateix valor de la propietat que analitzem (pressió, desplaçament d'una partícula,...). Aquesta gràfica és la que hem obtingut quan hem posat el detector en un punt obtenint el gràfic pressió-temps.

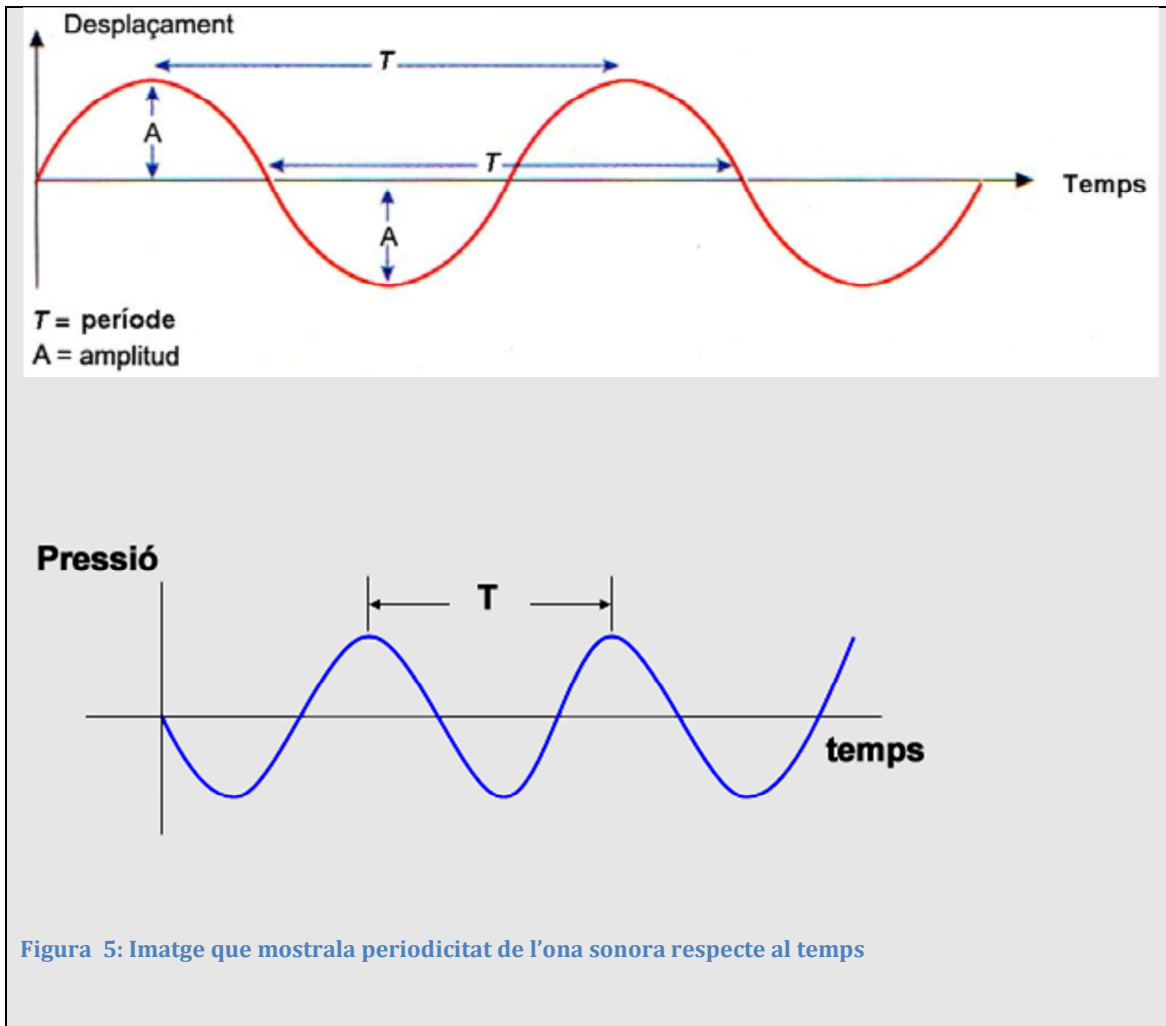


Figura 5: Imatge que mostrala periodicitat de l'ona sonora respecte al temps



39. Explica a partir del que has treballat com es propaga un so.

.....

.....

.....

.....

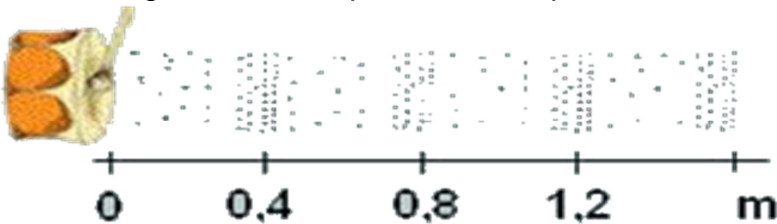
Aplica el què has après resolent els següents exercicis:



40. En un dels episodis de la Guerra de les Galàxies un dels destructors imperials dispara un dels seus làsers en contra d'una de les naus rebels. En rebre l'impacte, se sent el so d'una gran explosió. Tenint en compte el que has estudiat del so, succeiria això a la realitat? Justifica la teva resposta.

Sol: No, perquè el so no es pot propagar sinó hi ha un medi material.

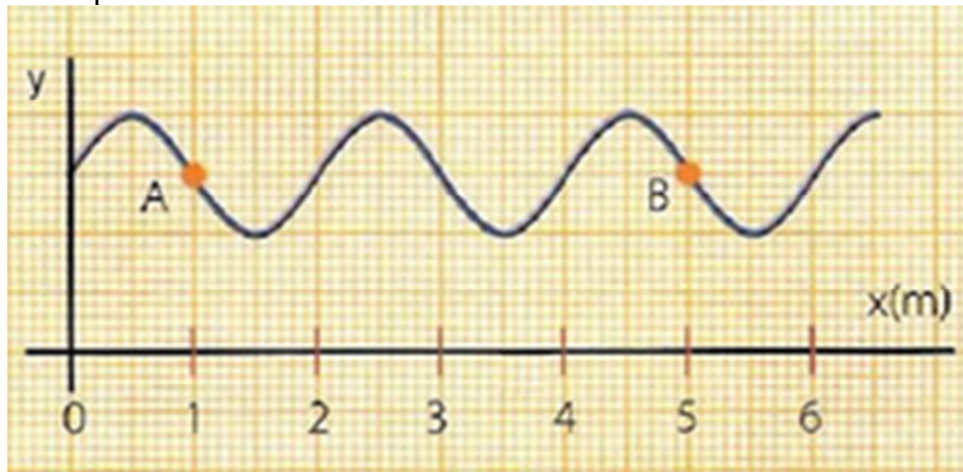
41. Un tambor emet una nota musical que es propaga per l'aire. Sabent que la velocitat del so en l'aire és de 340 m/s, i tenint en compte l'esquema de la Figura de sota, quina és la freqüència de la nota emesa?



Sol: 850Hz

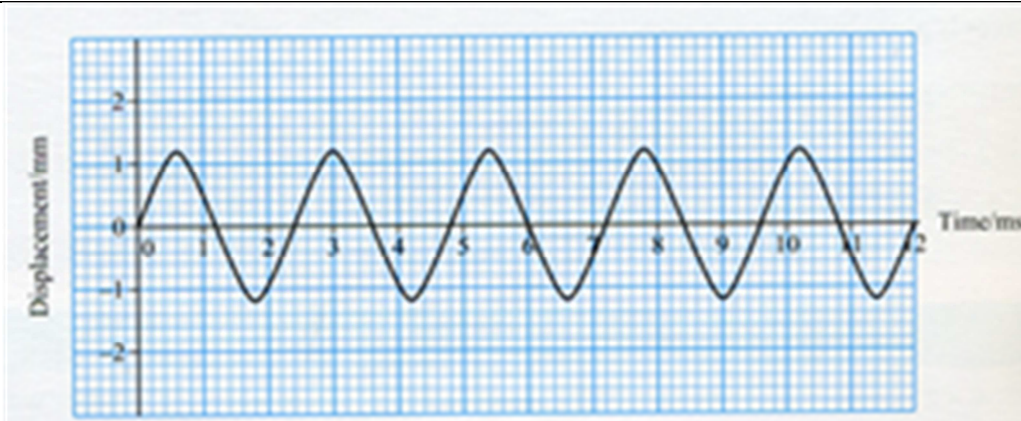
42. La Figura de sota representa una ona que es desplaça cap a la dreta. Si sabem que tarda 2s a transmetre's de A al B, determineu:

- La velocitat de propagació
- La freqüència
- El període



Sol: 2m/s; 1Hz; 1s

43. La figura següent mostra el desplaçament en funció del temps d'una ona sonora que es propaga amb una velocitat de 1500 m·s⁻¹ per un medi desconegut.



Fon :Physics for OCR

- Quina és l'amplitud de l'ona? I el període?
- Quina és la longitud d'ona?

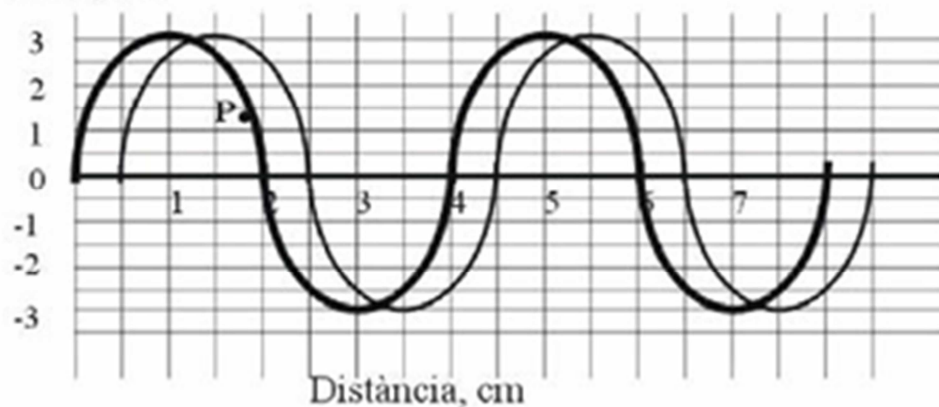
Sol: 1mm; 2,4ms; 3,6m

44. Un altaveu que vibra amb una freqüència de 667 Hz produeix una ona sonora que es desplaça per l'aire a 333 m/s. L'ona produeix una perturbació de 10 microPa. Dibuixa l'ona de pressió. Quin és el període? I la longitud d'ona?

Sol: 0,0015s; 0,50m

45. La línia gruixuda de la figura representa una ona en una corda a l'instant $t=0$. La línia prima representa la mateixa ona a l'instant $t = 0,05s$.

Desplaçament ,mm



En relació amb aquesta ona, quina de les afirmacions següents és certa? Raona-ho

- La seva longitud d'ona és 2 cm i la seva amplitud 3 mm
- El seu període és de 2s i la longitud d'ona 4 cm
- La seva velocitat és de 10 cm/s i el seu període de 0.4 s
- La seva amplitud és de 3 mm i el seu període de 4 cm

Sol: C

1.3 – Com es percep el so?



El so és una ona que es propaga per un medi com l'aire donant lloc a variacions periòdiques de pressió respecte del que seria la pressió atmosfèrica normal.

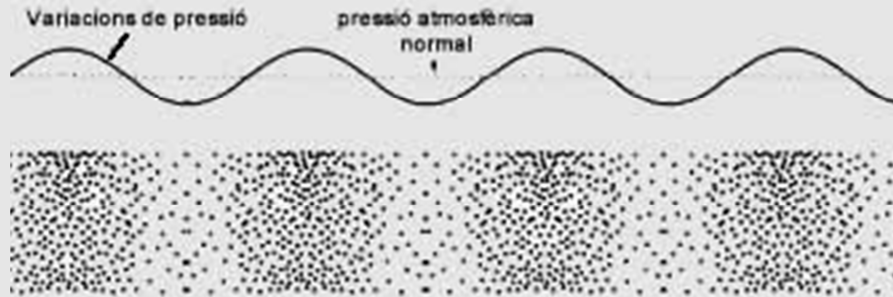


Figura 5: Figura que mostra com varia la pressió de l'aire respecte de la pressió atmosfèrica normal

L'energia que transporta l'ona de pressió en arribar a la nostra oïda es transfereix al timpà fent-lo vibrar i, gràcies a l'estructura de l'oïda interna i a l'existència de cèl·lules especialitzades, aquestes variacions de pressió són transformades en senyals elèctrics que són transmèsos al cervell.

Sensibilitat de l'oïda humana per a 1 kHz en el llindar d'audibilitat	
• Intensitat acústica:	10^{-12} W/m^2
• Pressió acústica al timpà:	$2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$
• Amplitud vibració timpà:	10^{-8} mm
• Amplitud vibració ossos crani:	$5 \times 10^{-9} \text{ mm}$
• Amplitud vibració membrana basilar:	10^{-9} mm

Figura 6: Taula que mostra diferents paràmetres de pressió i amplitud de l'oïda (Font la Baldufa UPC)

Fins ara la simulació t'ha permès estudiar certes magnituds com la freqüència, el període i l'amplitud, per exemple. Ara bé, quan sentim un so d'un instrument, en percebem diferents **qualitats** com són el **to** o l'**altura** (greu o agut), la **intensitat** o **volum** i el **timbre**.

Anem a veure amb ajuda de la simulació algunes d'aquestes qualitats.

Selecciona a la dreta de la simulació en *Audio* el requadre *So*



46. Què sents quan varies l'amplitud?

.....

.....

47. Amb quina qualitat del so relacionaries l'amplitud?

.....
.....

48. Què sents quan varies la freqüència?

.....
.....

49. Quina qualitat del so varia?

.....
.....

50. Observa la gràfica pressió-posició. Què passa amb la intensitat sonora quan ens allunyem de l'altaveu?

.....
.....

2.- L'anàlisi de sons



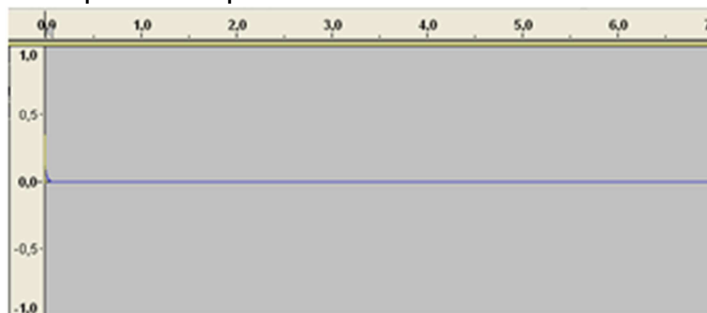
A l'igual que amb l'oïda, quan un so arriba a un micròfon la seva membrana comença a vibrar amb més o menys amplitud en funció de l'energia que rep. L'ordinador interpreta aquest senyal transformant-lo en una gràfica que representa aquesta variació de la pressió com una variació d'energia en funció del temps. Aquesta mesura de l'energia s'anomena **nivell d'intensitat del so** i es mesura en una unitat anomenada **decibel dB**.



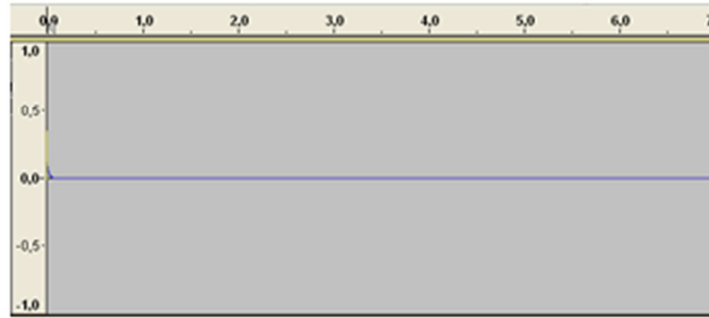
Fem prediccions

51. Representa en un gràfic com creus que varia el nivell d'intensitat del so amb el temps:

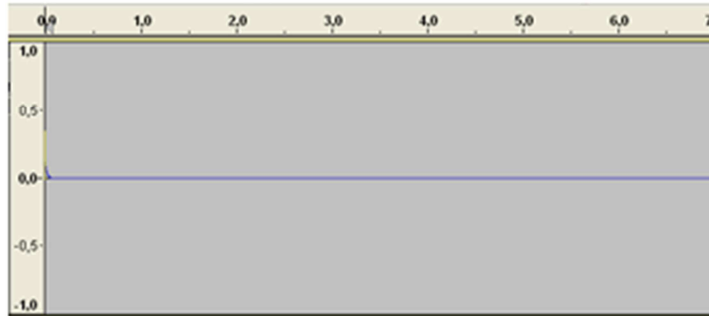
a. Del so emès per un diapasó



b. D'una nota emesa per una flauta



c. D'un soroll



Els tècnics de so utilitzen programes d'ordinador per analitzar els sons que enregistren i poder tractar-los perquè siguin més adequats al que volen: una cançó sense soroll, un so més nítid, etc. També gràcies a aquests programes és possible identificar una veu i saber quina persona l'ha emès.



Un d'aquests programes és l'Audacity. És un programa lliure que es pot descarregar fàcilment de la xarxa i que, en el cas de que no estigui instal·lat en el teu ordinador, l'hauràs de descarregar i instal·lar de la següent pàgina web:

<http://audacity.sourceforge.net/?lang=es>

L'Audacity permet representar en un gràfic el nivell d'intensitat d'un so que se sent en un lloc determinat en funció del temps.

2.1.- Aprenem a utilitzar el programa

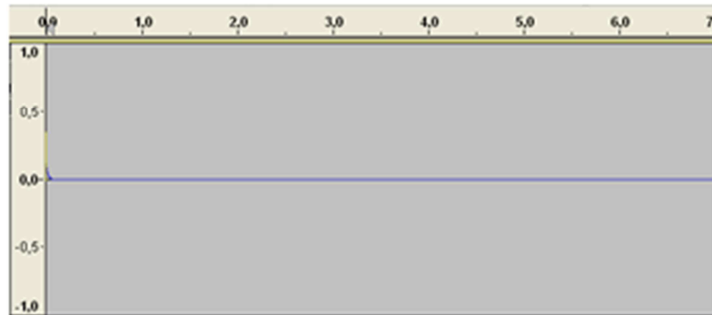


En el següent document trobaràs una guia de com funciona el programa Audacity:

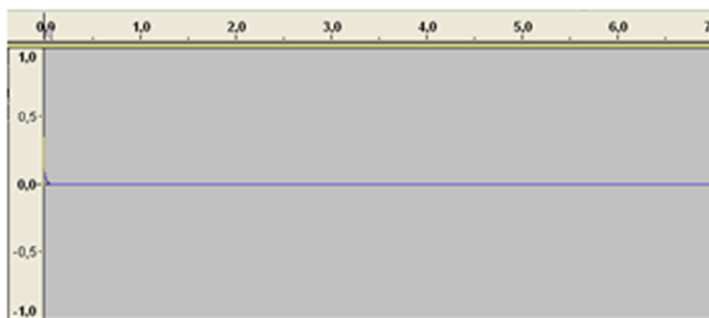


52. Enregistra ara els sons que s'indiquen amb el programa Audacity. Selecciona una zona en cada cas i amplia aquesta zona fent un zoom. Representa'ls a continuació

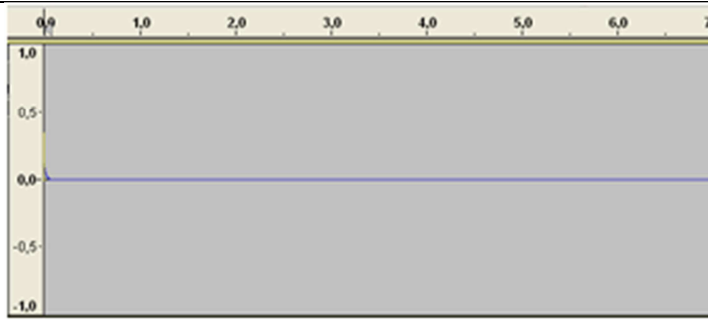
a. El so emès per un diapasó



b. Una nota emesa per la flauta



c. Soroll



53. Assenyala en els enregistraments que acabes d'obtenir la unitat o cicle que es va repetint.

a. Has trobat un cicle en tots els casos?

.....

b. Quines diferències observes entre les teves prediccions i els gràfics dels sons que has gravat?

c. Troba el valor del període en segons de cada cas, si és possible. Recorda que per minimitzar l'error de la mesura és millor que seleccionis més d'un cicle.

T (diapasó)=.....

T (flauta)=

T (soroll)=.....

d. Calcula la freqüència en Hz dels casos anteriors, si és possible.

f (diapasó)=.....

f (flauta)=

f (soroll)=.....

e. La velocitat del so és de 340 m/s . Quant val la longitud d'ona en cada cas?

λ (diapasó)=.....

λ (flauta)=

λ (soroll)=.....

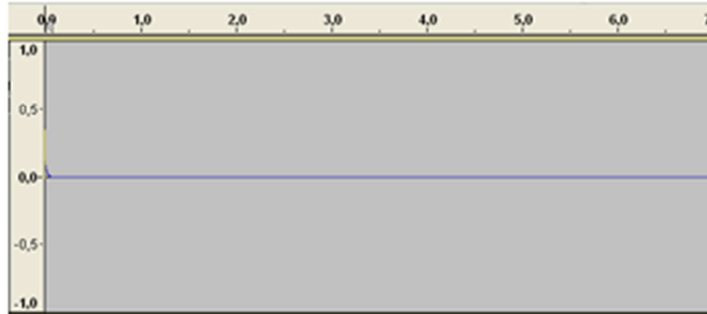
2.2 Aprofundim en les qualitats del so



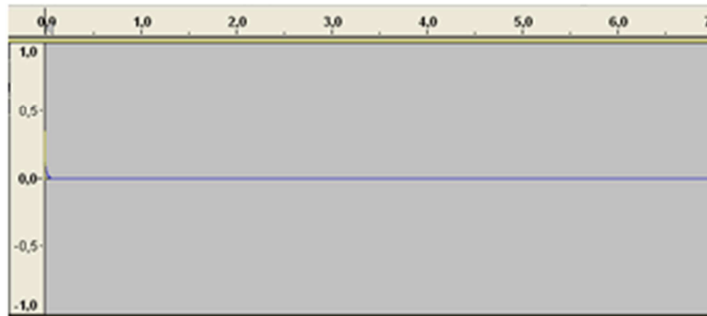
Fem prediccions

54. Representa com creus que són els gràfics següents:

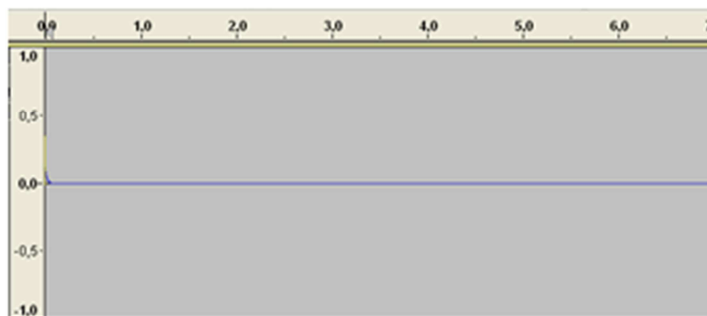
- a. Una persona pot emetre sons de diferent intensitat o volum. Representa en un mateix gràfic amb dos colors diferents com creus que serien aquests dos sons.



- b. Un noi i una noia emeten sons de diferent to o altura quan diuen una mateixa lletra. Representa en un mateix gràfic amb dos colors diferents com creus que serien els sons emesos per un noi i una noia quan diuen la lletra A de manera continuada.



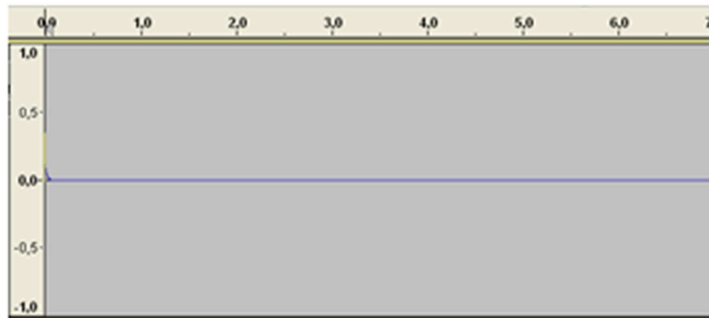
- c. Dues persones emeten sons de diferent forma quan diuen una mateixa lletra. Representa en un mateix gràfic amb dos colors diferents com creus que serien els sons de la lletra A que obtindríem per a cadascuna d'elles





55. Comprova el que acabes de predir amb el programa Audacity i representa-ho. Selecciona el cicle o interval que es va repetint.

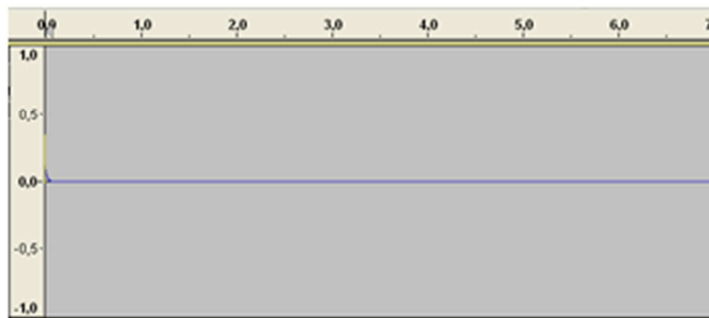
a. Sons de diferent intensitat o volum.



Compara els sons anteriors. Quina conclusió pots deduir?

.....
.....

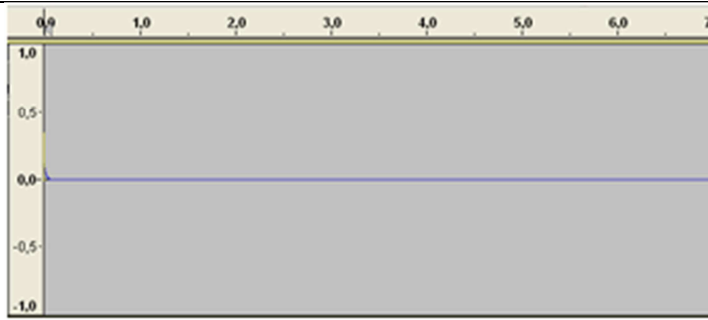
b. Sons de diferent to o altura.



Compara els sons anteriors. Quina conclusió pots deduir?

.....
.....

c. Sons de diferent forma o timbre.



Compara els sons anteriors. Quina conclusió pots deduir?

.....

.....

56. Quines similituds i quines diferències hi ha entre les teves prediccions i els sons que acabes d'enregistrar?

.....

.....

.....



57. Com seria la gràfica que obtindríem si toquem una mateixa nota amb dos instruments de música diferents?

.....

.....

2.3.- Els harmònics



Algunes ones que has anat obtenint tenen una forma de funció sinus o cosinus

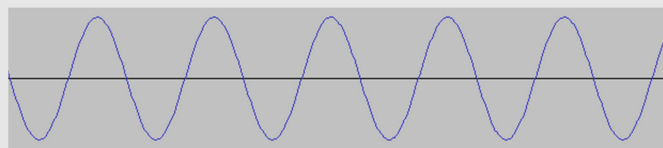


Figura 7: Imatge que mostra la forma d'un so pur

D'altres tenen formes periòdiques perquè es va repetint una unitat o cicle

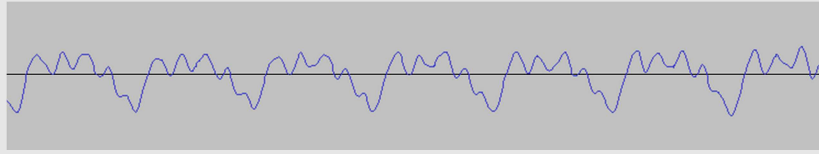


Figura 8: Imatge que mostra la forma d'un son compost

En aquest cas les ones no són pures, són el resultat de sumar ones sinus o cosinus com les anteriors que tenen diferent freqüència, període o longitud d'ona i/o diferent amplitud.



LA SUPERPOSICIÓ D'ONES

A partir de la següent simulació podràs obtenir l'ona resultant de sumar dues ones en les quals pots variar la seva amplitud i la seva longitud d'ona

<http://baldufa.upc.edu/baldufa/fislets/e0fj003/e0fj003.htm>



58. Quina forma i quina longitud d'ona té l'ona resultant de sumar dues ones de la mateixa longitud d'ona?

.....

59. Com pots obtenir una ona que no sigui sinusoidal?

.....

60. Pots obtenir que l'ona resultant sigui nul·la sense ser-ho les ones que sumes? Com han de ser les ones que hauries de sumar?

.....



Els sons que no són purs es poden obtenir sumant certs sons purs com els d'un diapasó, anomenats **harmònics** o sobretons. Aquests harmònics són els que determinen el timbre de la veu o d'un instrument.



ELS HARMÒNICS

En la següent simulació podràs obtenir els sons resultants a partir d'una selecció de sons purs d'una determinada amplitud i freqüència.

<http://phet.colorado.edu/es/simulation/fourier>



Ves a la pestanya *Discreto*.

61. Quan varies l'amplitud del primer harmònic què observes en l'ona suma?

.....
.....


62. A mesura que vas afegint harmònics, com canvia l'ona suma?

.....
.....

Una vegada que ja tinguis clar com s'obtenen les ones que no són pures a partir dels seus harmònics, avalua la teva perícia en la pestanya *Juego de la onda*. Observa que hi ha diferents nivells de dificultat. Prova amb el nivell de dificultat 4.

Amb la simulació anterior has triat els harmònics i has obtingut una ona resultant.

Amb el programa Audacity també podem fer el mateix que a la simulació.



Ves a la pestanya *generar* i tria un to d'amplitud i de freqüència qualsevols. En una altra pista genera un altre to variant l'amplitud i/o la freqüència.


Selecciona els dos tons i ves a la pestanya *projecte (pistas)*. Dins d'aquesta pestanya selecciona *barreja ràpida (mezclar y generar)*. Observa els cicles que obtens.

.....

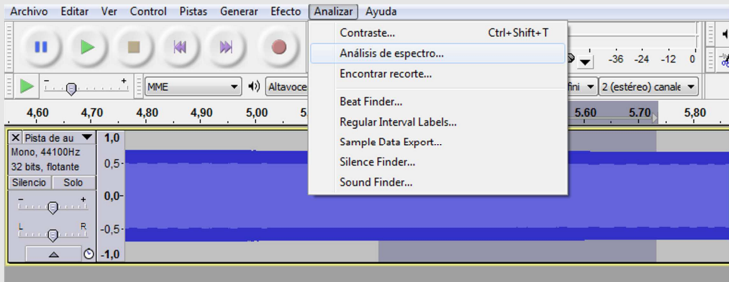
.....

.....

Però el programa Audacity també ens permet fer l'anàlisi d'una ona complexa suma qualsevol obtenint l'amplitud i la freqüència dels harmònics o sons purs dels que prové.



Per buscar els harmònics hauràs de seleccionar la part de la pista que vols analitzar i obtindràs un gràfic on es representa la intensitat sonora en funció de la freqüència. Així podràs obtenir les freqüències dels harmònics d'un so a partir dels pics de major intensitat.



The screenshot shows the Audacity software interface. The 'Análisis de espectro...' option is highlighted in the 'Análisis' menu. The background shows a waveform and a frequency spectrum plot.

Figura 9 Imatge que mostra l'espectre de Fourier d'un so



63. Enregistra un so, per exemple la nota la d'una flauta (també pots enregistrar una lletra sostinguda) i troba el seu període i la seva freqüència.

.....
.....
.....

64. Ara compara aquest valor de la freqüència amb el que obtindràs a partir de l'anàlisi de l'espectre pel primer pic. Com són?

.....
.....
.....

Aquesta freqüència s'anomena **fonamental**.

65. Per trobar les freqüències del segon, tercer, etc harmònics hauràs de fixar-te en les freqüències del segon, tercer, quart, etc pics. Què observes?

.....
.....



Amb ajuda dels arxius de so que tens en el següent enllaç troba els harmònics de la nota La d'un piano i un violi.

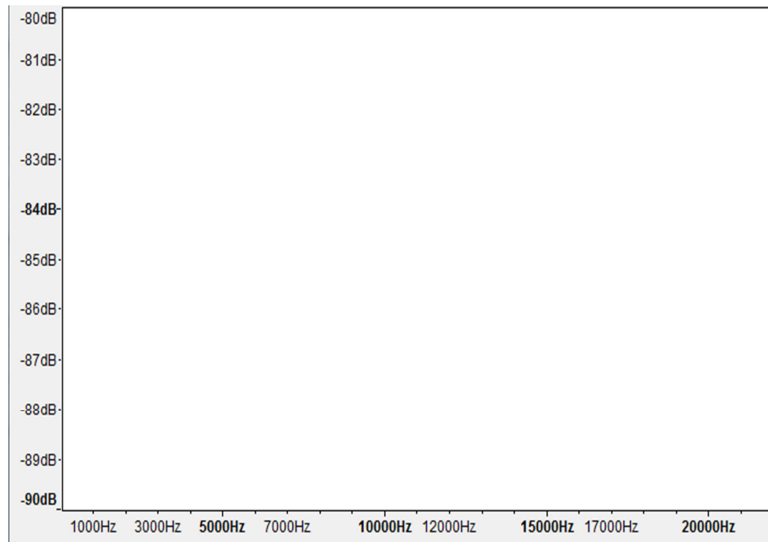
[Analitzem sons](#)



Fem prediccions

66. Fins ara has vist com diferents notes donen un espectre característic en que apareixen de manera nítida els diferents harmònics. Què passa però amb el soroll? En un soroll apareixeran harmònics?

Representa en el cas d'un soroll com creus que seria el seu espectre.



67. Comprova la teva predicció anterior generant o enregistrant un soroll. Què observes?

.....

.....

.....

.....



68. Tenint en compte el que has estudiat, com definiries un soroll?

.....

.....



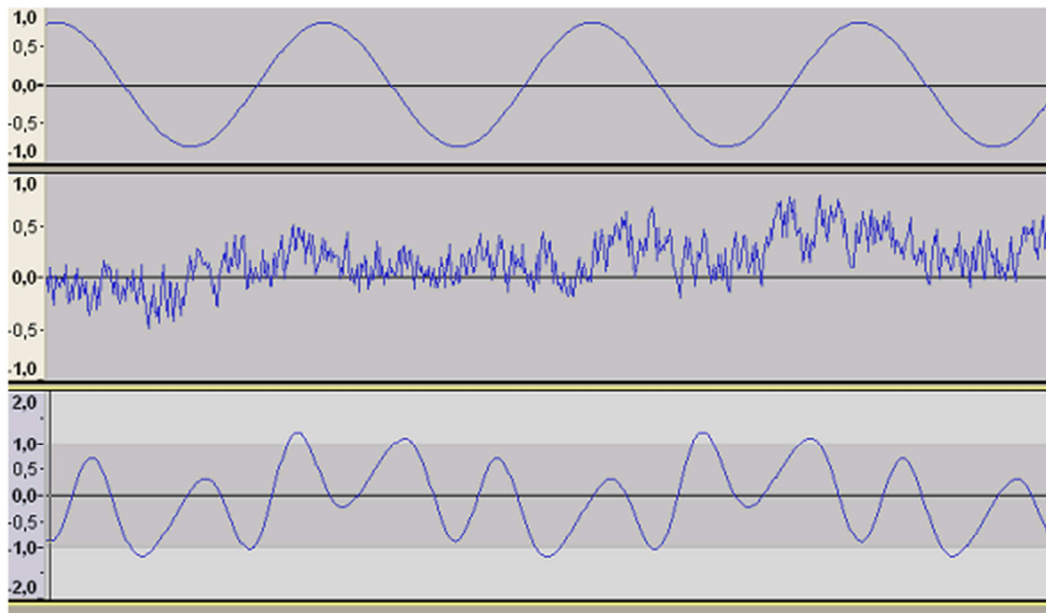
69. La figura mostra el registre de la veu d'una persona que pronuncia una e oberta. L'escala de temps està indicada en segons.



Determina el període i la longitud d'ona del so fonamental d'aquesta veu (velocitat del so en l'aire: $v = 340 \text{ m/s}$).

Sol: 0,0068s; 2,32m

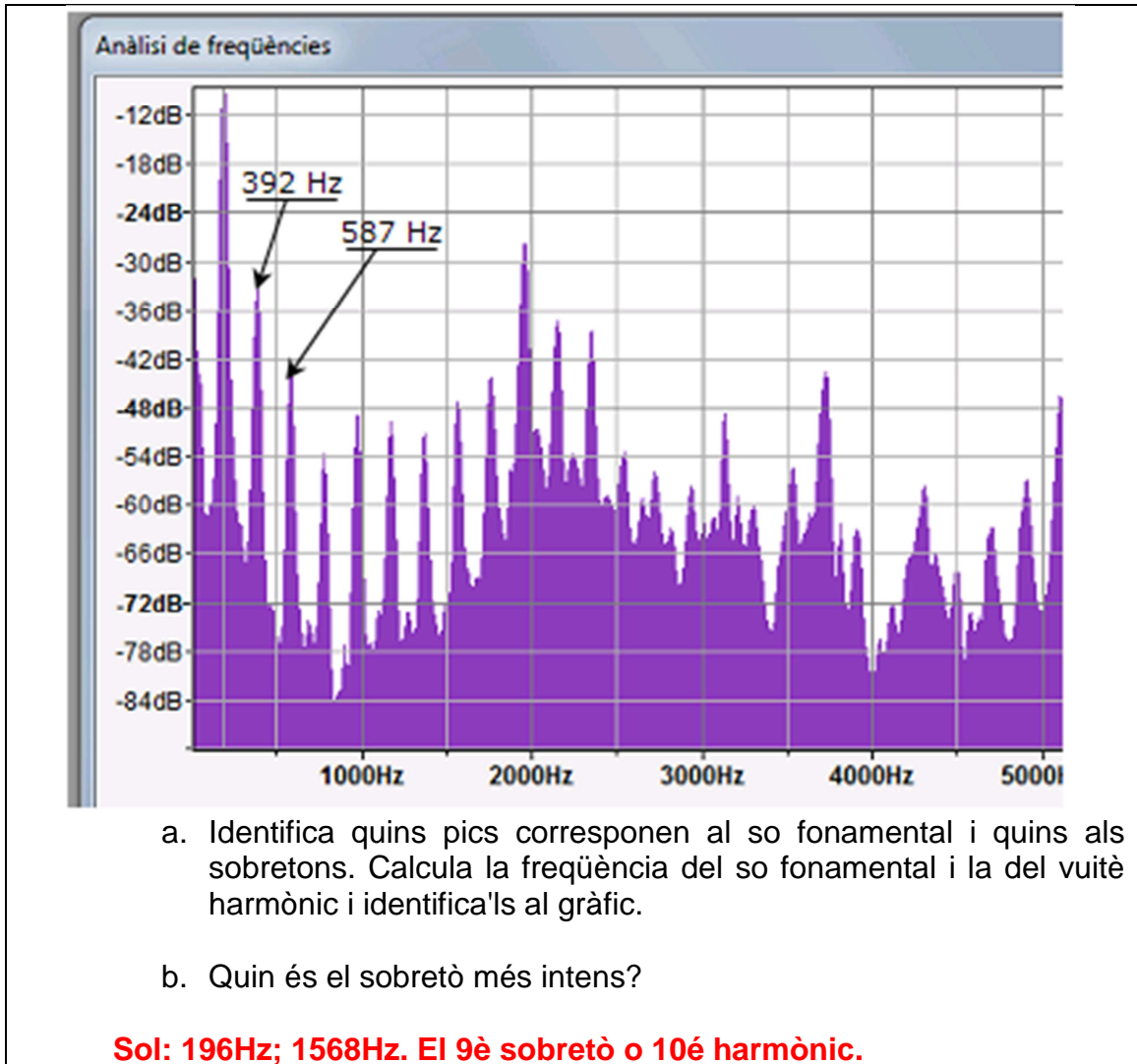
70. La figura mostra tres registres sonors



Indica quin dels tres registres correspon a un soroll, quin a un so complex i quin a un so pur. Justifica la resposta.

Sol: el primer un so pur, el segon a un soroll i el tercer a un so complex

71. La figura mostra l'espectre de freqüències d'un so complex .



3.- Els sons que sentim



Idees prèvies

72. Tal com heu vist a l'inici d'aquesta activitat, el so es genera a partir de la vibració d'un medi com pot ser la corda d'una viola, la membrana d'un tambor, la membrana d'un altaveu, ... Hi ha però vibracions que no podem sentir. Com és això?

.....

.....



73. Genera un to pur de 20 HZ. El podem sentir?

.....
.....

74. Genera un to pur de 200 HZ i d'amplitud 0.8. El podem sentir? Per què?

.....
.....

75. Genera un to pur de 200 HZ i 0,01 d'amplitud?. El podem sentir? Per què?

.....
.....



Existeixen dos factors principals que determinen si un so serà escoltat o no per un ésser humà. En primer lloc cal que la freqüència de la vibració estigui per sobre d'un cert valor mínim. També hi ha un segon factor, l'amplitud de la vibració del so, que també és fonamental per a que el so sigui audible.

La sonoritat és la sensació de fort o flux que associem a un so i es tracta d'una característica del so subjectiva: és la resposta sensorial a la intensitat sonora rebuda per l'orella.

La següent figura mostra un audiograma de l'oïda humana.

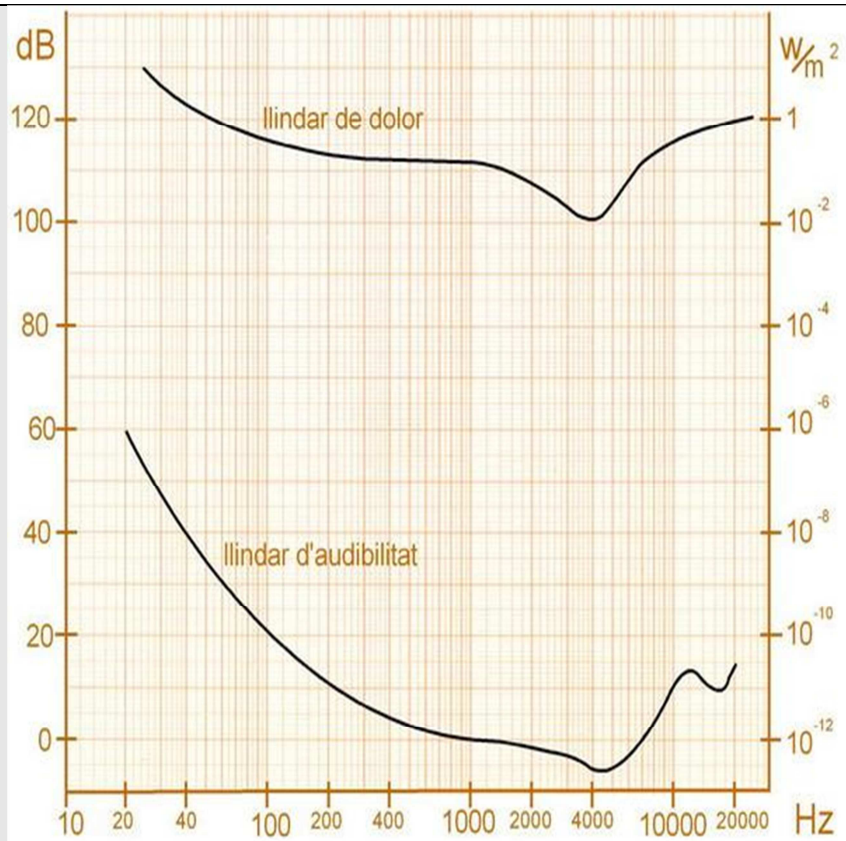


Figura 10: imatge d'un audiograma

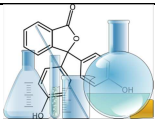
Aquest gràfic relaciona tres elements. En l'eix d'abscisses apareix la freqüència del so. En l'eix d'ordenades de l'esquerra el nivell d'intensitat del so en dB o sonoritat. En l'eix d'ordenades de la dreta es mostra la intensitat sonora que arriba al timpà relacionada amb l'energia transportada per l'ona sonora.

El gràfic mostra també unes corbes anomenades llindar d'audibilitat i llindar de dolor que delimiten l'anomenada àrea d'audició normal.

S'anomena valor llindar I_0 de la intensitat sonora aquella intensitat del so a la que l'oïda humana just pot començar a respondre. Per a un so d'1 kHz de freqüència, la intensitat llindar val $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$. Aquest valor correspon, per tant, al límit de sensibilitat de l'oïda humana per a aquesta freqüència, és a dir, correspon a un nivell d'intensitat de 0 dB. Si la intensitat de l'ona sonora és superior a aquest valor llindar, el so esdevé audible per a un ésser humà.

Font	I/I_0	dB	Comentari
	10^0	0	Llindar d'audibilitat
Respiració normal	10^1	10	Gairebé inaudible
Remor de fulles	10^2	20	
Conversa en veu molt baixa, a 5 m	10^3	30	Silenciós

Biblioteca	104	40	
Oficina tranquil·la	105	50	Poc sorollós
Conversa normal, a 1m	106	60	
Trànsit dens	107	70	
Oficina sorollosa amb màquines; fàbrica de tipus mitjà	108	80	
Camió pesant a 15 m; cascades del Niàgara	109	90	L'exposició continuada danya l'oïda
Tren de metro antic	1010	100	
Soroll d'obres de construcció, a 3 m	1011	110	
Concert de rock amb amplificadors, a 2 m; envolament d'un reactor, a 60 m	1012	120	Llindar de dolor
Martell pneumàtic; metralladora	1013	130	
Envolament d'un reactor, a prop	1015	150	
Motor de coet gran, a prop	1018	180	
Taula que mostra els diferents nivells d'intensitat sonora d'algunes fonts sonores i els efectes que tenen sobre l'oïda humana			




Experiment: Amb ajuda de l'Audacity genera diferents tons de freqüència creixent i escolta'ls un a un. Què observes?

.....

.....

.....

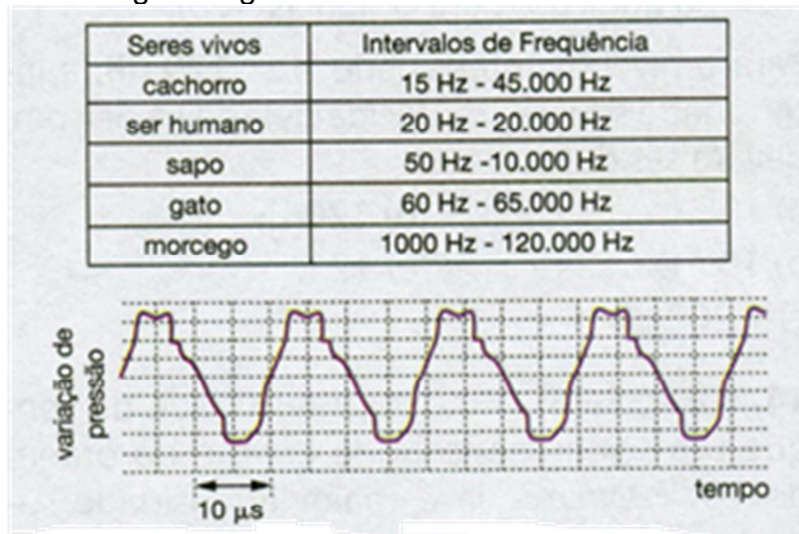


76. Entre quines freqüències l'oïda humana pot detectar un so?
Entre 20 i 20.00 Hz

77. Els infrasons són sons que tenen una freqüència inferior a 20 Hz i per exemple els utilitzen els elefants per comunicar-se a llargues distàncies. Podem els humans sentir aquests infrasons?
No perquè la freqüència queda per sota del llindar d'audició humana.

78. Hi ha uns xiulets específics per a gossos als quals ells reaccionen però els humans no. Com pot ser això?
La freqüència és superior als 20.000 Hz

79. El so d'un xiulet és analitzat per un grup de científics del Brasil amb un aparell que representa la variació de la pressió en funció del temps tal com indica la figura següent.



Font: Física em contextos

Quins éssers vius podran escoltar aquest so?

Gats i ratpenats

80. Els grills percebem sons de freqüència d'entre 20 Hz i 100 kHz i els saltamartins percebem sons d'entre 15 Hz i 35 kHz de freqüència. Les balenes blanques emeten sons de 20 Hz.

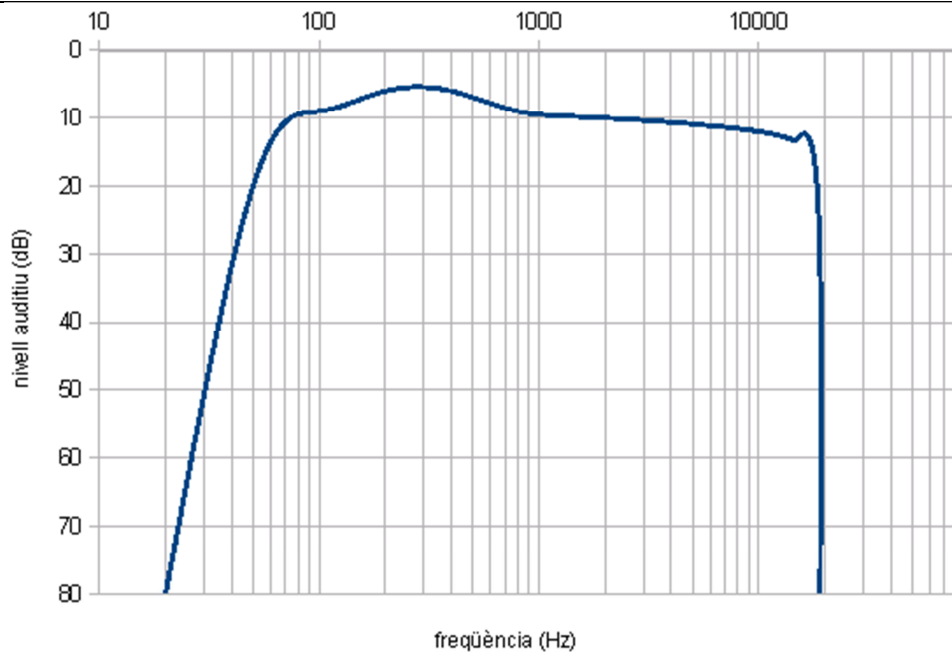
- Si el so de la balena arriba a la superfície, podran sentir aquest so els grills i els saltamartins que són a la costa?
- Quina és la longitud d'ona, dins i fora de l'aigua, del so produït per la balena.

DADES: $v_{so \text{ a l'aire}} = 340 \text{ m/s}$; $v_{so \text{ a l'aigua}} = 1\,500 \text{ m/s}$.

Tots dos en principi sentiran el so de la balena perquè la freqüència amb que emet es igual o superior al llindar de freqüència.

75 m; 17 m

81. La figura mostra un audiograma d'una persona jove amb audició normal. A les ordenades s'indica, per a cada freqüència, la intensitat mínima necessària per poder percebre els sons.



- a) La major part de les persones perden progressivament la capacitat de sentir els sons aguts. Dibuixa com podria ser l'audiograma d'una persona de mitjana edat.

A l'article "Hearingrange" de la Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Hearing_range hi hem trobat aquest text:

Dogs

The hearing ability of a dog is dependent on its breed and age. However, the range of hearing is approximately 40 Hz to 60000 Hz, [6] which is much greater than that of humans. As with humans, some dog breeds become more deaf with age, [...]

- b) Com seria l'audiograma d'un gos?



82. Activitat final de síntesi:

Fer mapa conceptual amb els següents termes: Ona, mecànica, electromagnètica, front d'ona, període, freqüència, vibració, cicle, cresta, vall, timbre, to, altura, longitud d'ona, segon, Hertz,