FICHA DE PROYECTO – 2024
www.uv.es/experimenta

TÍTULO: La dansa del foc	
Centro: IES Josep de Ribera	**Curso y Ciclo:** 4 ESO
Tutor/a: Gracia González Blasco i Marta Galiana Piera	**Categoria de concurso:** FÍSICA
Alumnado: Irene Cano Aroca, Lola García Richart, Elena Valentina López Pedrós i Alejandro Morales Benito	

1. Resum breu del projecte i objectius

L'objectiu d'aquest projecte és la visualització d'ones estacionàries en un dispositiu anomenat "tub de Rubens" i la determinació experimental de la velocitat de propagació del so en el butà.
Començarem estudiant què és una ona i les magnituds que la caracteritzen: longitud d'ona, freqüència, amplitud, velocitat..
Classificarem la nostra ona (mecànica i longitudinal) i parlarem de la dependència de la velocitat de propagació amb el medi en les ones mecàniques. Seguidament explicarem què és una ona estacionària. Per arribar ací hem de definir la reflexió d'una ona i el fenomen de les interferències. Estudiarem els harmònics que hi apareixen en una goma elàstica variant la tensió i en un tub de Rubens variant la freqüència. Obtindrem harmònics purs amb instruments musicals.
Finalment, calcularem la velocitat de propagació de l'ona (so) en el butà.

2. Material i muntatge

Per portar a terme el projecte, el material que anem a utilitzar és el següent:
CLASSIFICACIÓ DE LES ONES:

Utilitzarem molls per a obtenir ones longitudinals i transversals.

CLASSIFICACIÓ DEL SO:
Per demostrar que el so és una ona longitudinal utilitzarem el tub de Kundt.
Per a demostrar que el so és una ona mecànica utilitzarem una campana de buit connectada a una bomba de buit. Dins col·locarem un despertador aïllat amb suro per la seua base (o un altaveu amb connexió Bluetooth).
ONES ESTACIONÀRIES:

Per a les ones estacionàries utilitzarem una goma elàstica i un raspall de dents elèctric que produeix una vibració.
Variant la tensió de la goma, obtindrem els diferents harmònics.

TUB DE KUNDT:

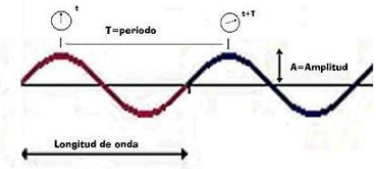
Utilitzarem un tub de vidre tancat per un extrem. L'altre extrem està tancat per una membrana (guant de nitril). Dins del tub es col·loquen boletes de porexpà. Davant de la membrana hi haurà un altaveu connectat a un dispositiu mòbil. Buscarem una freqüència a la qual es visualitze un harmònic (boletes amb màxims i mínims de desplaçament) per tal d'entendre posteriorment el tub de Rubens.

TUB DE RUBENS AMB FREQÜÈNCIES PURES:

Utilitzarem un tub d'acer foradat amb una plataforma de fusta (tub de Rubens). El tub està connectat per un extrem a una bombona de gas butà i per l'altre està tapat amb una membrana (guant de goma per extremar la seguretat). Davant de la membrana hi haurà un altaveu connectat a un generador de freqüències. Darrere del tub col·locarem una pantalla negra. Variant la freqüència obtindrem els diferents harmònics.

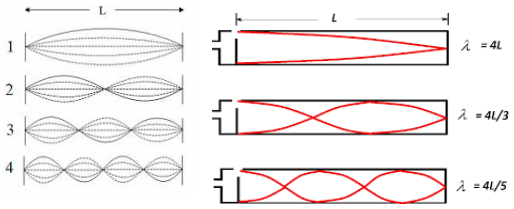
TUB DE RUBENS AMB INSTRUMENTS:
Per a aquesta experiència substituirem l'altaveu per instruments musicals. Hem provat amb una pandero, una trompa i una trompeta. Volem provar també amb instruments de corda.
TUB DE RUBENS AMB MÚSICA:
Per últim, tornarem a col·locar un altaveu (en aquest cas Bluetooth) que reproduirà des del mòbil una cançó que farà ballar les flames.

3. Fonamentació : Principis físics involucrats i la seua relació amb aplicacions tecnològiques



Una ona implica una transmissió d'energia sense transport de matèria. En els cas del so, es tracta d'una ona mecànica (necessita un medi per propagar-se) i longitudinal (la pertorbació inicial és paral·lela a la direcció de propagació de l'ona). Les magnituds que defineixen una ona són: la seua freqüència, la seua longitud d'ona, λ, l'amplitud i la velocitat amb la que es propaga. Si considerem que l'ona porta un MRU (medi homogeni i isòtrop), la $\boldsymbol{vprop} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \boldsymbol{\lambda \cdot f}$

Les ones estacionàries es produeixen quan una ona interfereix amb la seua pròpia reflexió. El medi ha d'estar almenys confinat per un extrem. Sols per a determinades freqüències es produeix l'ona estacionària. Hi ha punts d'interferència constructiva (ventres) i altres d'interferència destructiva (nodes).
En el cas de la goma elàstica es tracta d'un medi confinat pels dos extrems (fig esquerra).



En el cas d'un tub semitancat com és el tub de Kundt i el de Rubens, (fig dreta) s'ha de complir que la longitud del tub, L, és igual a un número imparell de vegades λ/4.

$\boldsymbol{L = (2n+1)\cdot\frac{\lambda}{4}}$.(eq 1). Per tant $\boldsymbol{\lambda = \frac{4\cdot L}{(2n+1)}}$ i com $\boldsymbol{v_{prop} = \lambda\cdot f}$; (eq 2)

$\boldsymbol{f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v\cdot(2n+1)}{4\cdot L}}$ (eq 3)

Anotant les freqüències a les quals apareixen els harmònics i mesurant les longituds d'ona corresponents (la distància entre un número màxim de nodes serà un número enter de semi longituds d'ona), obtindrem una taula de valors. La representació de λ front a 1/f ens donarà una recta la pendent de la qual correspon a la velocitat de propagació del so en el butà a la temperatura de treball.

En quant a les aplicacions tecnològiques, les ones estacionàries són presents en la producció d'harmònics als instruments musicals de vent i corda. També es produeixen ones estacionàries a un forn de microones. En aquest cas els ventres correspondrien a les zones on hi ha un màxim de transmissió d'energia tèrmica.

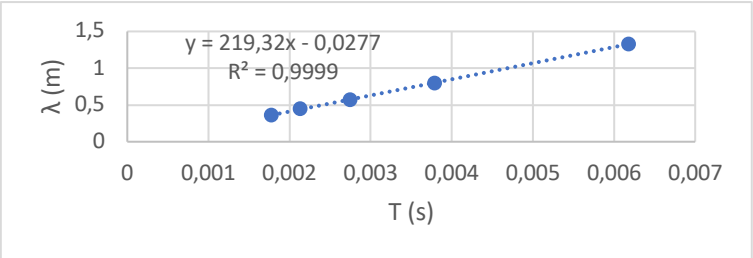
4. Funcionament i Resultats: observacions i mesures.

- *Generació d'ones*: Amb els molls: produint vibracions longitudinals o transversals hem generat ones d'aquestes característiques.
- *Ones estacionàries:*
  - Raspall de dents: Hem generat ones estacionàries en una goma lligada a un raspall de dents elèctric que té dues freqüències de vibració. En aquest cas el medi està confinat als dos extrems ($\boldsymbol{L = n\cdot\frac{\lambda}{2}}$) i la velocitat de propagació de l'ona és directament proporcional a la tensió de la goma (T). Hem estudiat, qualitativament, la dependència de la T amb el número d'harmònic (a f constant) i la dependència de la f i la λ a T constant. En el primer cas per L=52 cm obtenim n=5 (goma sense estirar, T mínima) i obtenim fàcilment els harmònics n=4 i n=3 variant la tensió. En el segon cas observem amb claredat que si canviem la vibració del raspall a la f més gran, la longitud d'ona disminueix.
  - Tub de Kundt. Escollint les f adients obtindrem punts de mínim desplaçaments de les boletes (màxim de pressió) punts de màxim desplaçament (mínim de pressió). Coneguent la v del so a l'aire =340 m/s i L, tot considerant que es tracta d'un tub semitancat, podem obtenir les f teòriques dels harmònics. $\boldsymbol{f = \frac{v}{\lambda} = \frac{v\cdot(2n+1)}{4\cdot L}}$ (equació 3). Experimentalment sols hem obtingut l'harmònic, n=5 per a 379,9 Hz, que correspon a una longitud d'ona mesurada de 0,85 m. Com $\boldsymbol{v = \lambda\cdot f}$, ens donaria una v del so a l'aire de 322,915 m/s. D'ací a la fira continuarem treballant per traure la velocitat experimental de propagació del so a l'aire.

- *Tub de Rubens:* és un experiment físic inventat pel científic alemà Heinrich Rubens en 1905 per a demostrar gràficament la relació entre la freqüència d'una ona sonora i la pressió d'un gas.

A priori hem investigat el tipus de tub en relació al patró d'ones estacionàries obtingut: es tracta d'un tub semitancat.

En segon lloc, d'acord amb l'expressió per a calcular la velocitat del so en un gas: $\boldsymbol{v = \sqrt{\frac{\gamma\cdot R\cdot T}{M}}}$ on γ=1,105, R=8,314 J/mol·K, T=50^{0}C=323K i $M_{butà}$=0,058 Kg/mol obtenim una v=226,19 m/s. Aquest valor correspon a la velocitat teòrica. Hem tingut en compte la temperatura d'eixida d'un orifici del tub després de 5 minuts de funcionament. Sabent que la L del nostre tub és d'1 m calculem la freqüència fonamental del tub (n=1) i ens dona f=56,55 Hz (equació 3). Així sabrem aproximadament a quines f hem d'obtenir els patrons.



Accionem el generador de freqüències i el primer patró que ens apareix correspon a 3 λ/4). Anotem el valor de f_3 (161,9 Hz i mesurem λ). Continuem augmentant f i obtenim patrons per a f_5,f_7,f_9 i f_{11} (freqüències experimentals corresponents 5 λ/4, 7 λ/4 , 9 λ/4 i 11 λ/4).

La representació de λ front a 1/f (T) dona una recta la pendent de la qual és 219,32 m/s, que correspon a la velocitat experimental de propagació del so en el butà a 50^{0}C.

5. Conclusions

Els resultats teòrics i experimentals de la velocitat del so difereixen un poc. Al cas del tub de Rubens aquesta diferència és deguda a que la temperatura del gas va canviant amb el temps quan el tub porta un temps en funcionament. D'ací a la fira estudiarem aquesta dependència.

Per al cas dels instruments musicals, estem provant amb instruments de vent i volem ampliar a corda. Es tracta de captar la freqüència (d'ací a la fira ens informarem sobre aplicacions per mesurar la f) a la qual ixen harmònics. Amb la percussió, com la freqüència no correspon a cap harmònic, sols augmenta l'amplitud de l'ona generada.

6. Bibliografia

"¡Física, maestro! Un recorrido experimental por la física de la música". Chantal Ferrer Roca, Ana Cros Stötter. Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales. ISSN 1133-9837.
Èter. Física 2n Batxillerat. Ed Ecir. Salvador Lorente. Fernando Sendra.
htpp://hyperphhysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/waves/clocol.html#c1