

**TÍTOL: Simfonia d'ones****Centre:** IES Joan Fuster**Curs i Cicle:** 2 BAC**Tutor/a:** Eva Maria Pérez Gómez**Categoria de concurs:** FÍSICA**Alumnat:** Emma Bolo Aguado, Silvia Martí Fortea, Carla Meseguer Alberola, Lorena Torres Moncho**1. Resum breu del projecte i objectius**

Alguna vegada s'heu preguntat a quina velocitat viatja el so de la música que escoltem? Es possible mesurar-la? Canviarà la seua velocitat segons la freqüència? Els nostres principals objectius són:

- Realitzar el disseny i construcció d'un tub de Kundt i un tub de Rubens, fent ús de materials casolans d'un institut públic, majoritàriament reciclats o reutilitzats, emprant els continguts treballats al taller de tecnologia.
- Mesurar les magnituds físiques que ens permeten calcular la velocitat del so en diferents medis. Visualitzar les ones estacionàries i la formació de diversos harmònics, observant la formació de zones de màxima i mínima amplitud (nodes i antinodes).
- Treballar la part pedagògic-didàctica, explicant el nostre projecte als alumnes de cursos inferiors amb la intenció de motivar-los i despertar el seu interès per la ciència d'una manera propera i interactiva.
- Posar de manifest les aplicacions lúdiques d'aquest projecte, podent amb aquest, mostrar i visualitzar tots els conceptes teòrics apresos a les aules, especialment amb l'objectiu de poder donar una millor concepció del que són les ones i la seua relació amb el nostre dia a dia.

Per poder comprendre tot allò que anem a estudiar i tota la ciència que envolta el nostre projecte, aplicarem coneixements de física i tecnologia del segon curs de batxillerat. A més, tindrem en compte tots aquells objectius establerts per l'agenda 2030, que defensen la inclusió, la igualtat, i l'educació de qualitat.

2. Material i muntatge

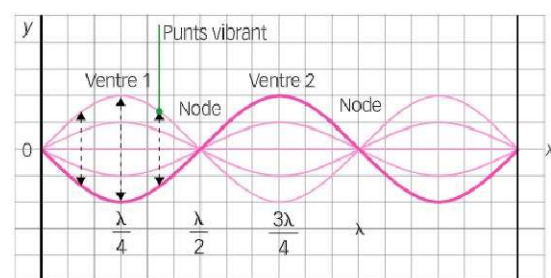
- Tub de Kundt: tub de metacril·lat 1'5m i 13'5cm de diàmetre), boletes de porexpan, altaveu de cotxe, etapa de potència, oscil·loscopi (aplicació d'ordinador PicoScope), cables, bateria, generador de freqüències (aplicació d'ordinador Online Mic Test) i suports.
- Tub de Rubens: tub de metall, bombona de butà, connexions bombona-tub, suports i instrument musical.

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

El so és una successió de canvis de pressió en un medi, provocats per una vibració que s'hi transmet en forma d'ones. Aquestes ones són pertorbacions que es propaguen en l'espai, transportant energia però no matèria. Concretament, el so és una ona mecànica (necessita un medi per propagar-se), longitudinal (la pertorbació inicial és paral·lela a la direcció de propagació de l'ona) i tridimensional (l'ona es propaga en les tres direccions de l'espai).

Una de les propietats del so és que pot produir interferències. La interferència entre dues ones té lloc quan ambdues coincideixen en una regió de l'espai al mateix temps. Quan això succeeix ambdues se sumen (principi de superposició) donant lloc a interferències constructives, destructives o ones estacionàries.

En fer un escombratge en freqüència observarem que, si bé l'ona acústica s'està generant en l'altaveu per igual per a les diferents freqüències i que s'han d'estar formant les corresponents ones estacionàries per la reflexió de la mateixa en l'extrem del tub, no s'observa res. Només quan l'ona acústica interferisca constructivament amb si mateixa en fer una volta completa, és a dir quan es tinga una ressonància, llavors l'amplitud creix substancialment i podem observar la presència de l'ona acústica. La suma de totes les ones que es propaguen en un sentit donen lloc a una ona sinusoidal resultant i la suma de totes les ones contra-propagants a una altra ona. La superposició d'eixes dos ones contra-propagants formen l'ona estacionària que observarem en l'experiment per a cada ressonància.



La condició anterior ens diu que només algunes longituds d'ona donaran lloc a freqüències de resonància, per tant en el nostre tub, que té una longitud fixa L , es complirà:

$$L = n \cdot \frac{\lambda}{2} \rightarrow \lambda = \frac{2L}{n}, \text{ com } v_p = \frac{\lambda}{T} \rightarrow \lambda = v_p \cdot T = \frac{v_p}{f} \rightarrow \lambda = \frac{v_p}{f} = \frac{2L}{n}$$

$$f = \frac{n \cdot v_p}{2 \cdot L}$$

Donant-li valors a n (1, 2, 3...) obtenim les diferents freqüències de les ones estacionàries que es poden formar. Cada una d'aquestes s'anomena harmònic. Els harmònics, $n=1$, primer harmònic (f fonamental), $n=2$, segon harmònic, etc.



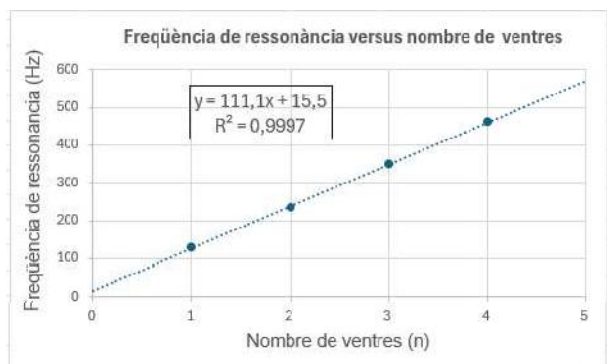
4. Funcionament i Resultats: observacions i mesures.

Per a poder comparar la velocitat d'ones produïdes pel so, fem ús del Tub de Kundt i del Tub de Rubens. En el Tub de Kundt, utilitzarem una etapa de potència connectada a una bateria. Amb ajuda d'un ordinador proporcionarem al nostre altaveu unes freqüències que generaran vibracions. Gràcies a elles, i amb les esferes de porexpan distribuïdes uniformement, podrem observar com es generen ones estacionàries a l'interior del tub. A més amb l'oscil·loscopi digital podrem estudiar més profundament tots els fenòmens.

Per al Tub de Rubens, transmetrem les vibracions amb un instrument musical. Omplirem un tub perforat de gas butà i li proporcionarem foc. Les vibracions s'observaran amb el foc que seguiran la forma d'ona.

Per als dos experiments es pretenen mesurar diferents magnituds (distància de separació entre dos ventres consecutius L_x , la longitud d'ona i el període T) per a diferents valors de freqüència.

Algunes mesures que fins ara hem pogut anotar del Tub de Kundt són les següents:



Harmònics	Freqüència (Hz)	L_x (m)	λ (m)
1r	129	1	2
2n	234	0.6	1.2
3r	349	0.43	0.86
4t	461	0.335	0.67

L'ajust lineal que hem realitzat ens permet calcular la velocitat del so a l'interior del tub. Recordem que: $\frac{v_p}{f} = \frac{2L}{n}$

i tenint en compte que el valor de la freqüència (pendent de la recta) és 111,1 Hz, resulta que

$$v_p = 2L \times \frac{f}{n} = 2 \times 1.5 \times 111.1 = 333.3 \text{ m/s}$$

5. Conclusions

En relació als objectius plantejats, ens trobem en procés d'assolir-los. Hem realitzat satisfactòriament el procés tecnològic, construint de forma casolana un Tub de Kundt (amb un altaveu i una etapa de potència reutilitzats) i un Tub de Rubens (fabricant el tub amb ajuda del taller de mecatrònica que hi ha al nostre centre).

Respecte als objectius físics, hem obtingut algunes dades importants, però seguim recollint mesures per poder ampliar i profunditzar el nostre estudi. En general, amb el projecte, estem aconseguint comprendre de forma visual els comportaments i les característiques de les ones, i més concretament del so.

6. Bibliografia

- Paul A. (1994). *Típler*. Física Volum 2. Editorial: Reverté S.A.
- Vidal Fernández, M. (2023). *Física 2n de batxillerat*. Editorial: Santillana
- Ciencia en acción. (2024). *Ondas estacionarias: Tubo de Kundt*. <https://cienciaenaccion.org/experimento/ondas-estacionarias-tubo-de-kundt/>
- Universidad Complutense de Madrid (2013, 6 de novembre) *Tubo de Kundt* https://www.ucm.es/data/cont/docs/76-2013-07-11-10_Kundts_tube.pdf
- Piero Molina del Carpio. (2021, 30 de novembre). *Tubo de kundt - UTP CAF3* <https://www.youtube.com/watch?v=fFLMVwP3nE>
- Las clases de Física de Jorge Barrio. (2020, 13 de juny) *Ondas sonoras estacionarias: El tubo de Rubens o tubo de llamas*. <https://www.youtube.com/watch?v=pUtaB-sGDnU>
- Julio Germán Rodríguez. (2011, 4 de novembre) *Tubo de Rubens. Laboratorio de Física* <https://www.youtube.com/watch?v=KhLcK6LaOvY>
- Miguel Vicente Andrés Bou. (2022, 23 de juny) *Tubo de Kundt: ondas estacionarias y velocidad del sonido*. <https://www.uv.es/uvweb/fisica/es/catalogo-demos/oscilaciones-ondas-tubo-kundt-ondas-estacionarias-velocidad-del-sonido-1286053998285/DemoExp.html?id=1286270116365>