

STUDIUL UNDELOR SONORE ÎN CURSUL ȘCOLAR DE FIZICĂ

Igor POSTOLACHI, dr., conf. univ.

<https://orcid.org/0000-0002-1752-5386>

Valentina POSTOLAKI, dr., conf. univ.

<https://orcid.org/0000-0002-1977-647X>

Catedra Teoretică și Fizica Experimentală

Rezumat. În lucrare se prezintă o activitate practică pentru studiul conceptului unde sonore. Fenomenul de interferență a undelor sonore se cercetează cu ajutorul senzorului digital de sunet NUL-212.

Cuvinte cheie: unde sonore, interferența undelor sonore, bătaie, senzorului digital de sunet.

THE STUDY OF SOUND WAVES IN THE SCHOOL PHYSICS COURSE

Abstract. The paper presents a practical activity for studying the concept of sound waves. The phenomenon of interference of sound waves is investigated using the digital sound sensor NUL-212.

Keywords: sound waves, sound wave interference, beats, digital sound sensor.

Introducere

Sunetul reprezintă o undă mecanică care apare în rezultatul vibrațiilor particulelor dintr-un mediu. În general, undele sonore sunt unde longitudinale, astfel încât mișcarea de oscilație a particulelor este paralelă cu direcția de propagare a undei sonore.

Definiție. Undele mecanice longitudinale care se propaga în medii elastice și produc senzații auditive se numesc *unde sonore* sau *sunete*, iar sursele unor astfel de unde reprezintă *vibrații sonore* [1].

Particulele mediului vibrează cu o anumită frecvență (ν).

Definiție. Mărimea fizică ν , egală numeric cu numărul de oscilații complete efectuate într-o unitate de timp, se numește *frecvență* (a oscilației):

$$\nu = \frac{n}{t} = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Unde T - Timpul necesar pentru efectuarea unei oscilații complete se numește *perioadă*.

În SI unitatea perioadei este secunda, $[T] = 1 \text{ s}$.

În SI unitatea frecvenței este Hertz, $[\nu] = 1 \text{ Hz} = 1/\text{s}$.

Lungimea de undă (λ) a unei unde sonore este distanța pe care sunetul o parcurge pentru a finaliza un ciclu. Unitățile comune pentru lungimea de undă sunt m sau mm.

Definiție. Distanța minimă λ dintre două suprafețe de unda, ale căror puncte oscilează în concordanță de fază, se numește *lungime de unda*. $\lambda = \nu/T$. (2)

Dacă se exprimă perioada prin frecvența, atunci pentru lungimea de unda obținem

$$\lambda = \nu \nu. \quad (3)$$

Notă: Rețineți că fiecare diapazon la excitație produce o notă muzicală de o anumită frecvență în Hz.

Așadar, lungimea de unda depinde de sursa de oscilații prin perioada sau frecvență.

Viteza undei sonore (v) se referă la distanța pe care o parcurge unda sonoră într-o unitate de timp. Viteza undelor sonore este adesea exprimată în m/s.

Undele mecanice longitudinale care se propaga în medii elastice și produc senzații auditive se numesc *unde sonore* sau *sunete*, iar sursele unor astfel de unde reprezintă *vibrații sonore*.

Astfel, în funcție de frecvența vibrațiilor elastice, acestea se clasifică în modul următor:

- vibrații cu frecvențe $v < 16$ Hz, numite infrasunete;
- cu frecvențe $16 \text{ Hz} \leq v \leq 20 \text{ kHz}$ – numite sunete;
- cu frecvențe $v > 20 \text{ kHz}$, numite ultrasunete.

Undele sonore ajung la urechea noastră, propagându-se de obicei prin aer, însă ele se pot propaga atât în lichide, cit și în solide. Cercetările experimentale și teoretice au arătat ca viteza de propagare a undelor sonore prin lichide și solide este mult mai mare decât în gaze. De exemplu, viteza sunetului în aer la condiții normale este de 330 m/s, în apă – de 1500 m/s, iar în otel – de 5 500 m/s. Însă nu orice vibrație poate produce senzația de sunet. S-a constatat ca urechea unui om este sensibilă la undele mecanice caracterizate cu frecvențe situate în diapazonul de aproximativ 16–20 000 Hz.

Undele sonore iau naștere în urma vibrațiilor de natură mecanică. De obicei sunetul are la bază un obiect care vibrează și transmite acest fenomen și mediului înconjurător. *Diapazonul (Fig.1)* este un exemplu de sursă de vibrații care generează unde sonore.



Figura 1. Diapazon și ciocan pentru excitarea diapazonului

Dacă lovim diapazonul cu un ciocan special, se poate observa cum acesta este antrenat într-o mișcare de du-te vino cu o anumită frecvență. Vibrațiile respective antrenează moleculele de aer din preajma diapazonului, creând *zone de compresie* în care moleculele se aglomerează și *zone de rarefiere* unde, dimpotrivă, moleculele de aer se depărtează unele de altele. *Undele sonore se propagă așadar sub forma unor variații continue ale presiunii aerului.*

Diapazonul (Fig.1) constă dintr-o furcă de oțel care, atunci când este lovită, produce un sunet pur, lipsit de frecvențe armonice. Acest sunet poate fi amplificat dacă la baza furcii este așezată pe o cutie sonoră.

Frecvența la care oscilează diapazonul depinde de proprietățile elastice ale materialului din care este confecționat, de lungimea și distanța dintre ramurile furcii: este posibil să găsim diapozitive calibrate pentru a emite diferite note pe piață. Cea mai comună este diapozitivul din *La*, care oscilează la o frecvență de 440Hz, și este folosit pentru a regla instrumentele.

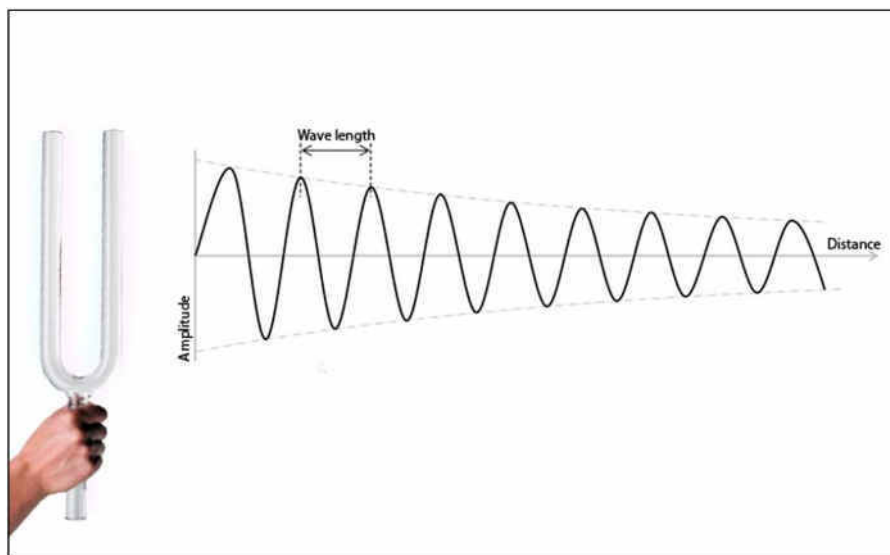


Figura 2. Schema propagării undelor sonore excitate de un diapazon

Imaginea din Fig.2 descrie modul în care undele sonore se propagă de la un diapazon.

Diapazoanele sunt folosite în special de muzicieni, fizicieni și medici. Diapazoanele au doi dinți dreptunghiulari. Lungimea dinților afectează frecvența furcii. Cele două dinți sunt unite pe o tulpină.

Dacă diapazonul este montat pe o cutie de rezonanță (din lemn), atunci când vibrează face să vibreze și aerul din interiorul cutiei la aceeași frecvență. Acest proces crește intensitatea sunetului diapazonului.

Să analizăm acum particularitățile propagării concomitente a mai multor unde prin unul și același mediu. Este evident că în asemenea situații vor exista regiuni ale mediului în care undele se suprapun.

Un interes practic deosebit reprezintă cazul suprapunerii undelor de aceeași pulsație și caracterizate de o diferență de fază constantă în timp.

Sursele de unde, ale căror oscilații se produc cu aceeași pulsație și mențin pe durata întregului proces oscilatoriu o diferență de fază constantă, se numesc *surse coerente*, iar undele produse de aceste surse – *unde coerente*.

La suprapunerea undelor coerente se obține o configurație stabilă a punctelor mediului, unele din ele oscilând cu amplitudine mare, iar altele – cu amplitudine mică.

Fenomenul de aplicare sau de atenuare reciproca a amplitudinii oscilații lor rezultante în diferite puncte ale mediului în urma suprapunerii undelor coerente se numește *interferență*. Regiunea mediului unde se produce interferență este numită *câmp de interferență*, iar aspectul acestuia – *tablou de interferență*.

Două unde sonore aproape de aceeași frecvență vor crea o variație a amplitudinii sunetului numită bătăi. Bătăi sunt un exemplu de suprapunere a undelor cu frecvențe apropiate. În figura 3, este prezentat fenomenul de interferență a două unde sonore cu frecvențe apropiate. Tabloul de interferență undele verzi și roșii sunt suprapuse (așezate unul deasupra celuilalt), creând interferențe constructive și distructive.

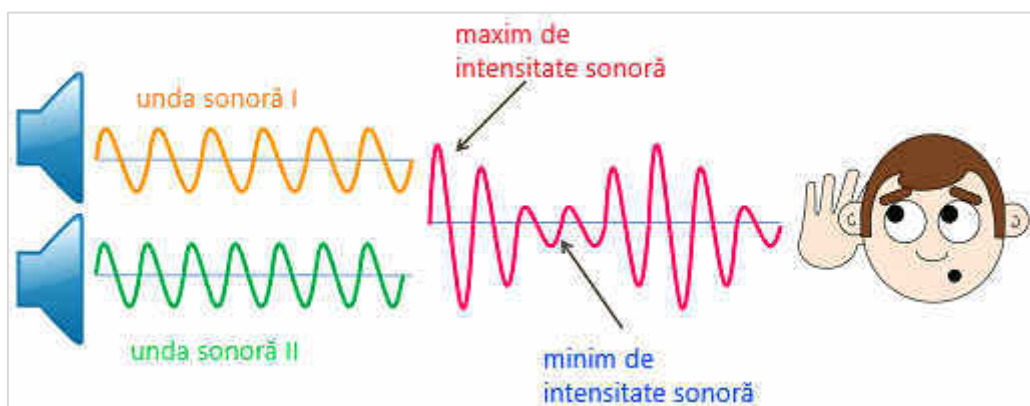


Figura 3. Fenomenul de interferență a două unde sonore cu frecvențe apropiate [4]

În această activitate, pentru a studia fenomenul de interferență și bătăile undelor sonore vom folosi un senzor digital de model Nul-212. În calitate de sursă a undelor sonore vom folosi două diapazoane.

Scopul lucrării:

- Să observe bătăile undelor sonore produse de două diapazoane de pe cutiile de rezonanță.
- Să înțeleagă conceptul de interferență a undelor.

Echipamente și accesorii:

- PC + aplicație NeuLog
- Modul USB-200
- Senzor digital de sunet NUL-212
- Diapazon B-480 Hz
- Diapazon C-512 Hz
- Ciocan

Mersul lucrării:

1. Configurați experimentul cu cele două diapazoane (480 Hz și 512 Hz) așa cum se arată în imaginea din fig.4.

2. Așezați cele două cutii pe masă creând un unghi de aproximativ 120° așa cum se vede în imagine. Deschiderile cutiilor trebuie îndreptate spre aceeași parte.
3. Așezați senzorul de sunet în fața deschiderilor mari ale cutiilor de rezonanță cu diapazon, așa cum se arată în imagine. Orificiul de detectare al senzorului ar trebui să fie îndreptat către deschiderile cutiilor diapazoanelor.

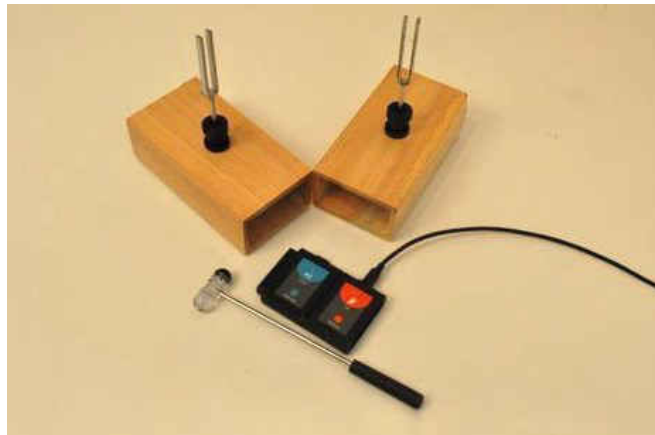




Figura 4. Schema experimentală pentru observarea bățiilor sonore

4. Exersați să produceți sunete lovind ambele diapazon cu ciocanul, unul după altul, cât mai repede posibil.

Configurarea senzorului de subet

5. Conectați modulul USB-200 la computer. 
6. Verificați dacă senzorul de sunet este conectat la modulul USB-200. 
7. Rulați aplicația NeuLog și verificați dacă senzorul de sunet este identificat.
8. Faceți clic pe caseta „**sensor’s module**”.
9. Selectați butonul „**Wave**” pentru a seta modul senzorului.

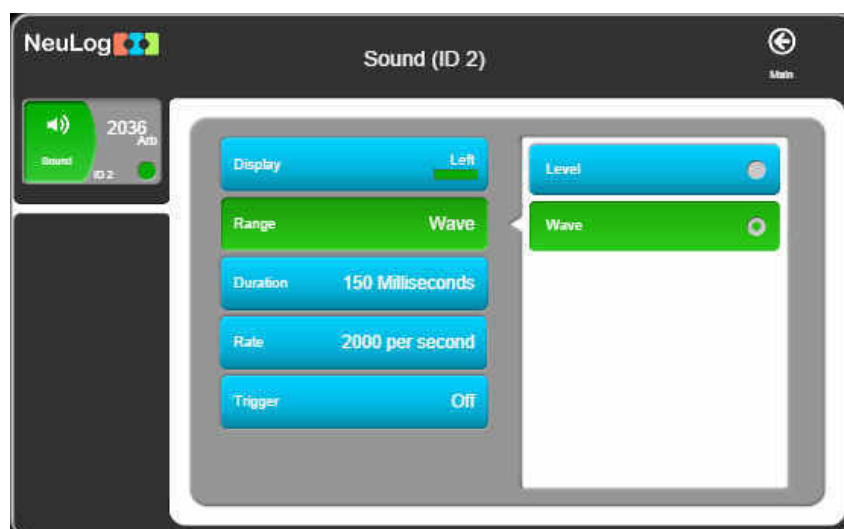



Figura 5. Configurarea senzorului de sunet pentru a seta modul senzorului

10. Faceți clic pe pictogramă pentru a reveni la grafic. 

11. Faceți clic pe pictograma Run Experiment și setați: 

- Durata experimentului la 150 de milisecunde;
- Rata de eșantionare la 2000 pe secundă;

Notă: În această activitate, este mai bine să lucrați în perechi. Un elev ar trebui să lovească diapazonul, iar al doilea elev ar trebui să înceapă imediat măsurarea.

12. Lovind furca diapazonului vom produce unde sonore. Ne străuim să lovim diapazoanele pe rând cu aceiași putere, cât mai repede posibil.

13. Imediat, facem clic pe pictograma „Record” pentru a lansa înregistrarea experimentului.



14. Colectați date în timp ce puteți auzi cele două tonuri. Ar trebui să vedeți o schimbare a amplitudinii undei în timp.

15. Repetați măsurarea de câteva ori până când obțineți două unde periodice care alternează cu frecvența între 480 Hz și 512 H.)

16. Faceți clic pe pictograma Zoom fit . 

17. Graficul Dvs. ar trebui să fie similar cu dependența din fig. 6.

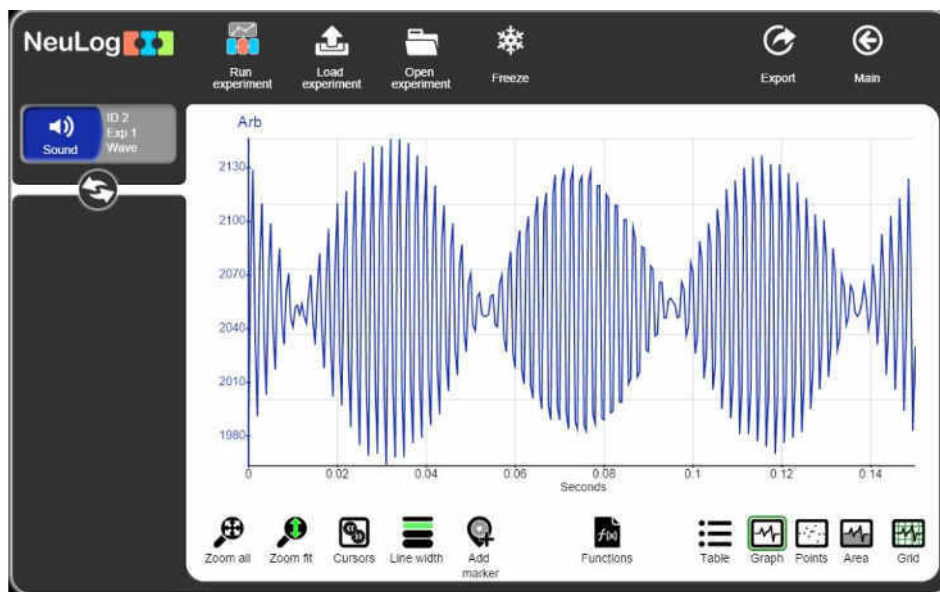



Figura 6. Graficul bățiilor sonore la interferența undelor de 480 și 512 Hz

18. Salvați graficul.

19. Putem vedea cum undele alternează între interferența constructivă și cea distructivă, creând un model de bății.

20. Faceți clic pe pictograma „Cursors” și alegeți o parte care include un grup de undă complet. 

21. Priviți partea ΔX din tabel. Împărțiți 1 la acest număr și veți obține frecvența grupului de undă. Introduceți această frecvență în tabelul de mai jos.

Frecvența undei [Hz]	Frecvența undei [Hz]	Frecvența diapazonului de 480Hz	Frecvența diapazonului de 512Hz	Frecvența calculată $(f_1-f_2)/2$ [Hz]	Frecvența înaltă calculată în $(f_1+f_2)/2$ [Hz]

22. Faceți clic pe pictograma cursorului și alegeți partea din interiorul grupului de undă.

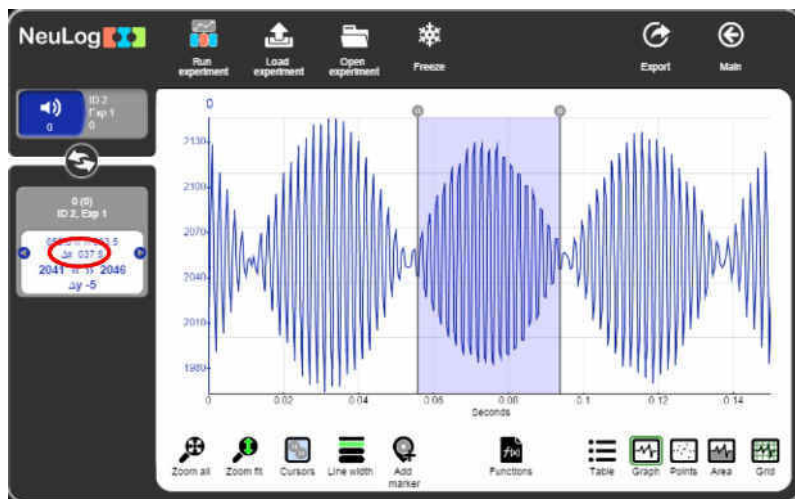


Figura 7. Graficul bătăilor la interferența undelor sonore de 480 Hz și 512 Hz

23. Numărați numărul de unde și împărțiți-l la diferența de timp dintre cursoare. Introduceți această valoare în partea „Frecvență înaltă măsurată în interiorul unei băți [Hz]” din tabel.

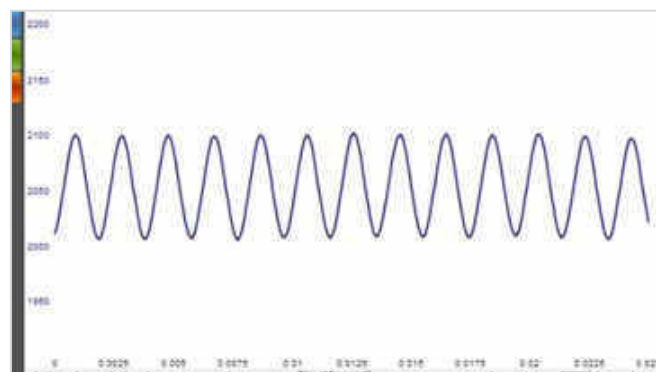




Figura 8. Graficul undei sonore de la primul diapazon

24. Schimbați durata experimentului la 25 de milisecunde și rata la 10.000 măsurări pe secundă făcând clic pe pictograma „Run experiment” (Executare experiment). 

25. Loviți unul dintre diapazoane.

26. Imediat, faceți clic pe pictograma „**Record**” (Înregistrare măsurare). pentru a începe înregistrarea experimentului. 
27. Determinați frecvența ca în secțiunea anterioară.
28. Introduceți valoarea frecvenței în tabelul anterior.

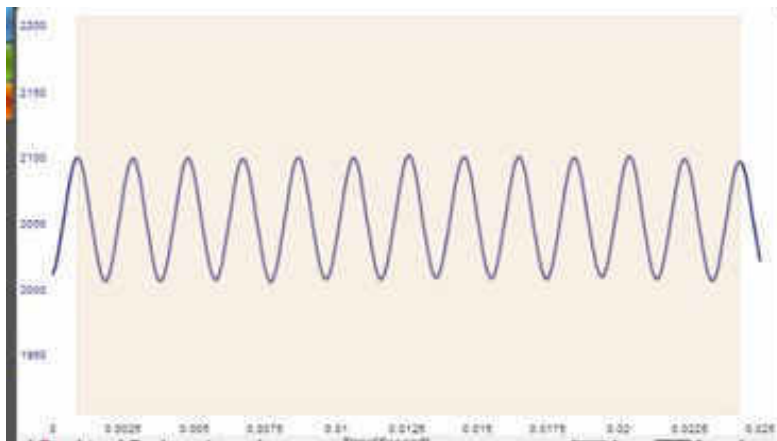


Figura 9. Graficul unei sonore de la al doilea diapazon

29. Repetați această procedură cu celălalt diapazon și scrieți frecvența măsurată în tabel.

Întrebări de consolidare

1. Explicați semnificația interferenței constructive și distructive.
2. Frecvența bătailor trebuie să fie egală cu $(f_1 - f_2)/2$; unde f_1 și f_2 sunt frecvențele originale ale diapazonului pe care le-ați măsurat. Calculați frecvența grupului de unde și introduceți valoarea în tabel. Cele două valori ale frecvenței calculate și determinate experimental sunt similare între ele?
3. Frecvența înaltă din interiorul grupului de unde ar trebui să fie media celor două frecvențe originale $(f_1 + f_2)/2$. Calculați frecvența înaltă și introduceți valoarea în tabelul din secțiunea 23. Cele două valori de înaltă frecvență sunt similare între ele?

Articolul este elaborat în cadrul proiectului de cercetări științifice „Metodologia implementării TIC în procesul de studiere a științelor reale în sistemul de educație din Republica Moldova din perspectiva inter/transdisciplinarității (concept STEAM)”, inclus în „Program de stat” (2020-2023), Prioritatea IV: Provocări societale, cifrul 20.80009.0807.20, cu suportul financiar oferit de Agenția Națională pentru Dezvoltare și Cercetare.

Bibliografie

1. Fizică. Astronomie. Cl. X-XII. Ghid de implementare a curriculumului. Chișinău, 2019.
2. MARINCIUC, M.; RUSU, S. Fizică. Manual pentru clasa 10-a. Știința, 2012. 180 p.
3. Neuron Logger. Sensor Network Technology. User Guide. https://neulog.com/Downloads/NeuLog_User_Guide_Ver_6_21_EN.pdf
4. <https://www.physics-and-radio-electronics.com/physics/beats-waves-physics.html>