

SUNETUL FIZICII

ACUSTICA FENOMENOLOGICĂ



NICOLAE SFETCU

Sunetul fizicii

Acustica fenomenologică

Nicolae Sfetcu

Publicat de Nicolae Sfetcu

Copyright 2018 Nicolae Sfetcu

PREVIZUALIZARE CARTE

Vibrații și unde

Vibrația este un fenomen mecanic prin care oscilațiile apar în jurul unui punct de echilibru. Cuvântul vine din latină, *vibrationem* ("zgâlțâire, agitare"). Oscilațiile pot fi periodice, cum ar fi mișcarea unui pendul, sau aleatorii, precum mișcarea unui pneu pe un drum pietruit. Practic, orice obiect care are o mișcare alternantă, periodică sau nu, produce vibrații.

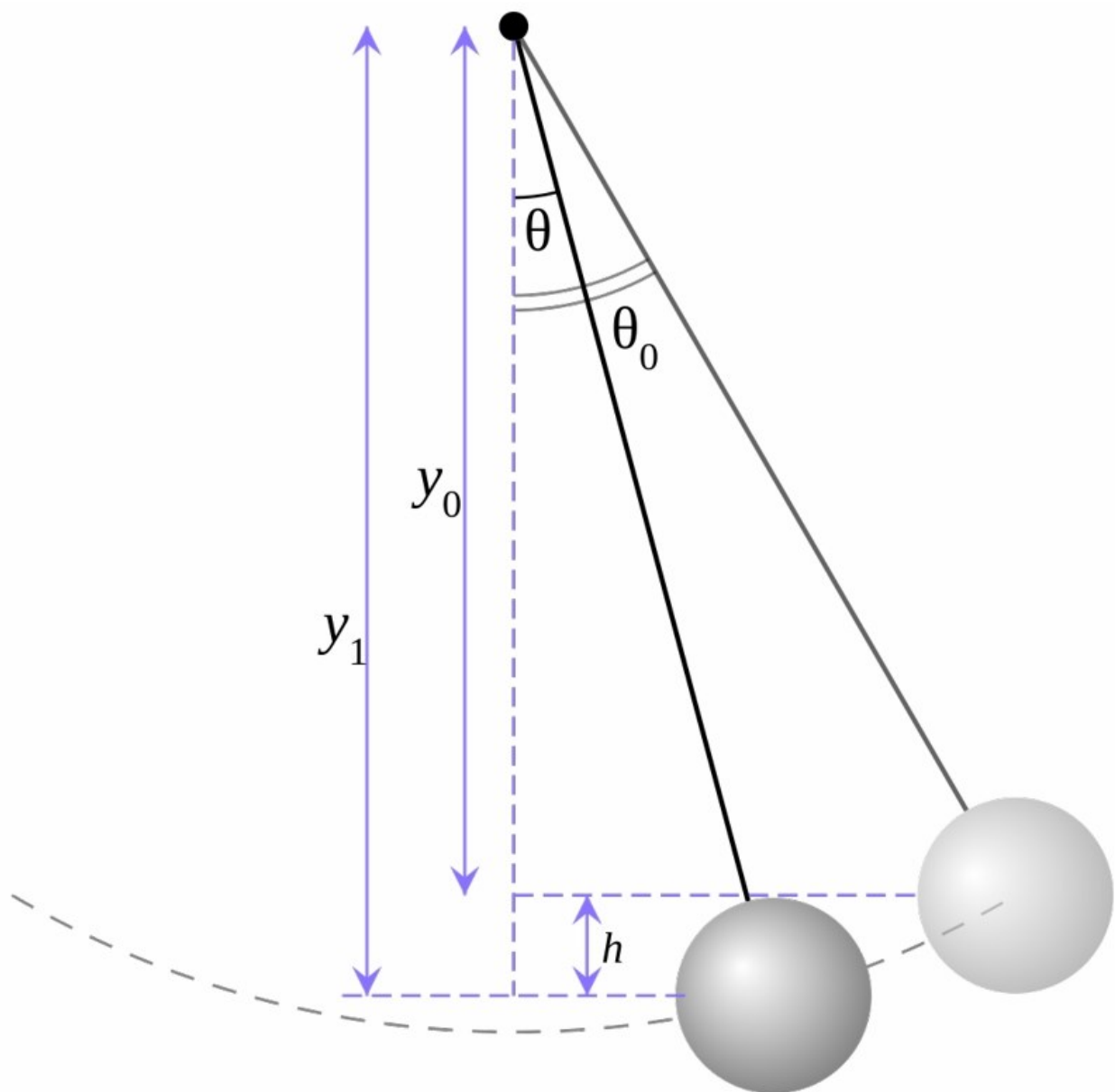
Vibrațiile pot fi de dorit: de exemplu, mișcarea unui diapazon, a unei trestii într-un instrument de cântat din lemn sau a unei armonici, a unui telefon mobil sau a conului unui difuzor.

În multe cazuri, totuși, vibrația este nedorită, se pierde energia și se creează un sunet nedorit. De exemplu, mișcările vibraționale ale motoarelor, motoarelor termice și electrice, sau ale oricărui dispozitiv mecanic în funcționare, sunt de obicei nedorite. Asemenea vibrații ar putea fi cauzate de dezechilibre în părțile rotative, frecare inegală sau uzura dinților roților dințate. O proiectare atentă atențe minimizează vibrațiile nedorite.

Studiul sunetelor și cel al vibrațiilor sunt strâns legate. Undele sonore sau de presiune sunt generate de structuri vibrante (de exemplu corzile vocale); aceste unde de presiune pot induce și vibrații în structuri (de exemplu, în tamburul urechii). Prin urmare, încercările de reducere a zgomotului sunt adesea legate de problemele legate de vibrații.

Atât sunetul cât și lumina sunt vibrații care se propagă sub formă de unde, dar au cauze și moduri de propagare diferite. În timp ce lumina este determinată de vibrațiile câmpurilor electromagnetice, se poate propaga printr-un mediu sau în vid, și oscilează într-un plan perpendicular pe direcția de deplasare, sunetul este o undă propagată prin diferențe de presiune, se poate propaga numai printr-un mediu (solid, lichid sau gazos), iar undele sale oscilează longitudinal, pe direcția de propagare.

Pendul



(Un pendul simplu prezintă o mișcare armonică aproximativ simplă, în condițiile fără amortizare și amplitudine mică.)

Un pendul este o greutate suspendată de un pivot astfel încât să se poată balans liber. Atunci când un pendul este deplasat lateral de la poziția de echilibru în repaus, acesta este supus unei forțe de restaurare datorată gravitației, care îl va accelera înapoi către poziția de echilibru. Forța de restaurare care acționează asupra masei pendulului determină oscilația acestuia în jurul poziției de echilibru, balansându-l înainte și înapoi. Timpul pentru un ciclu complet, o balansare stânga și una dreapta, se numește perioadă. Perioada de balansare a unui pendul gravitațional simplu depinde de lungimea sa, de puterea locală a gravitației și, într-o măsură mai mică, de

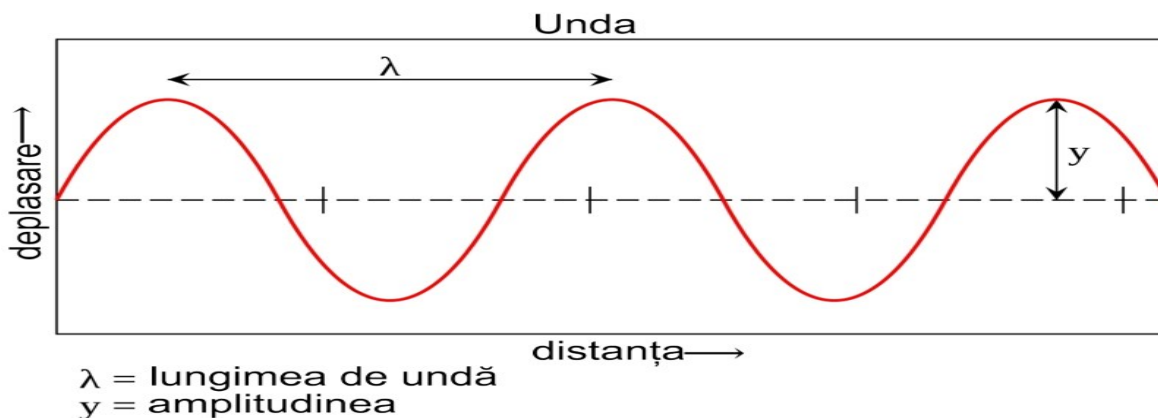
unghiul maxim al abaterii balansului de la poziția verticală, θ_0 , numit amplitudine. Perioada este independentă de masa corpului.

În timpul cercetărilor științifice ale pendulului din jurul anului 1602, Galileo Galilei a descoperit proprietatea crucială care face ca pendurile să fie utile în calitate de observatori de timp, numită izocronism; perioada pendulului este aproximativ independentă de amplitudinea sau lățimea balansului. De asemenea, a constatat că perioada este independentă de masa corpului și proporțională cu rădăcina pătrată a lungimii pendulului. El a folosit mai întâi penduri cu balansare liberă în aplicații simple de sincronizare. A fost cea mai exactă tehnologie de ceasornicărie din lume până în anii 1930. Ceasul cu pendulul inventat de Christian Huygens în 1658 a devenit cronometrul standard al lumii, folosit în case și birouri timp de 270 de ani, și a ajuns la o precizie de aproximativ o secundă pe an înainte de a fi înlocuit ca standard de timp de către ceasul cu cuarț în anii 1930. Pendurile sunt de asemenea utilizate în instrumente științifice, cum ar fi accelerometrele și seismometrele. Din punct de vedere istoric, ele au fost folosite ca gravimetre pentru măsurarea accelerației gravitației în sondaje geofizice și chiar ca standard de lungime. Cuvântul "*pendulum*" este din latina nouă, și are originea în cuvântul latin *pendulus*, însemnând "atârnat".

Pendulul gravitațional simplu este un model matematic ideal pentru un pendul. Aceasta este o greutate (sau corp sferic de dimensiuni mici) la capătul unui cordon masiv suspendat de un pivot, fără frecare. Când i se imprimă o forță inițială, se va mișca înainte și înapoi cu o amplitudine constantă. Pendurile reale sunt supuse la frecare și rezistența aerului, astfel încât amplitudinea balansurilor lor scade în timp.

Deoarece accelerația gravitației este constantă într-un anumit punct de pe Pământ, perioada unui pendul simplu într-o anumită locație depinde numai de lungimea sa. În plus, gravitația variază foarte puțin în locații diferite. Aproape încă de la descoperirea pendulului și până la începutul secolului al XIX-lea, această proprietate a determinat oamenii de știință să sugereze utilizarea unui pendul de o anumită perioadă ca standard de lungime.

Unde



Sursa: Oleg Alexandrov, <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Wave.png>, CC Attribution-Share Alike 3.0 Unported license, Traducere Nicolae Sfetcu

În fizică, o undă este o oscilație însoțită de un transfer de energie. Frecvența este numărul de repetări pe unitatea de timp. Mișcarea unei transferă energia de la un punct la altul, ceea ce elimină particulele ca mediu de transmisie - adică se realizează cu transport de masă asociat puțină sau deloc. Undele constau, în schimb, din oscilații sau vibrații (a unei cantități fizice) în jurul unor locații aproape fixe.

O undă este o perturbație care transferă energia prin materie sau spațiu. Există două tipuri principale de unde. Undele mecanice se propagă printr-un mediu, iar substanța acestui mediu este deformată. Refacerea forțelor, apoi, inversează deformarea. De exemplu, undele sonore se propagă prin intermediul moleculelor de aer care se ciocnesc cu vecinii lor. Atunci când moleculele se ciocnesc, ele au, de asemenea, un recul (o forță de reacție). Acest lucru împiedică moleculele să continue să se deplaseze în direcția undei.

Al doilea tip principal, undele electromagnetice, nu necesită un mediu. În schimb, ele constau din oscilații periodice ale câmpurilor electrice și magnetice generate inițial de particulele încărcate și, prin urmare, pot călători în vid. Aceste tipuri variază în lungime de undă și includ undele radio, microunde, radiații infraroșii, lumină vizibilă, radiații ultraviolete, raze X și raze gamma.

Undele sunt descrise printr-o ecuație de undă care stabilește modul în care perturbarea are loc în timp. Forma matematică a acestei ecuații variază în funcție de tipul undei. Mai mult, comportamentul particulelor în mecanica cuantică este descris de unde. În plus, undele gravitaționale călătoresc prin spațiu, fiind rezultatul unei vibrații sau mișcări în câmpurile gravitaționale.

O undă poate fi transversală, când o perturbație creează oscilații care sunt perpendiculare pe propagarea transferului de energie, sau longitudinale: oscilațiile sunt paralele cu direcția propagării energiei. În timp ce undele mecanice pot fi atât transversale cât și longitudinale, toate undele electromagnetice sunt doar transversale în spațiul liber.

Un mediu este numit:

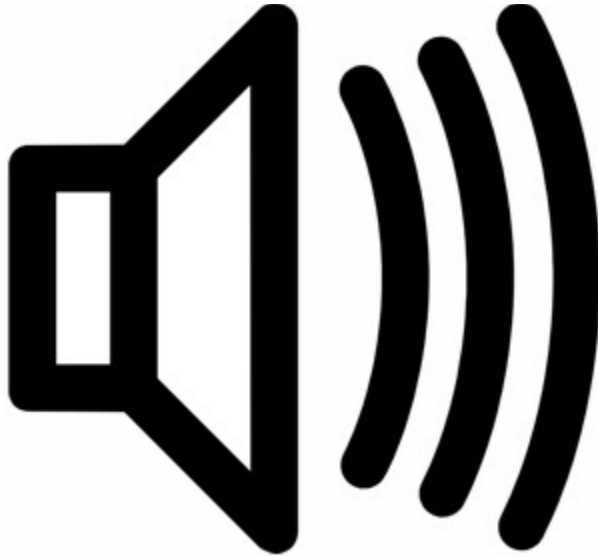
- **liniar**, dacă pot fi adăugate diferite unde în orice punct special în mediu,
- **limitat**, dacă are o măsură finită, altfel este nelimitat.
- **uniform**, dacă proprietățile sale fizice sunt neschimbate pentru diferite puncte,
- **izotrop**, dacă proprietățile sale fizice sunt aceleași în diferite direcții.

Exemple de unde

- *Unde acvative*, care sunt perturbații care se propagă prin apă (provocate de surfing, tsunami, etc.)
- *Unde sonore* - o undă mecanică propagându-se prin aer, lichide sau solide, cu o frecvență detectată de sistemul auditiv. Similar sunt undele seismice la cutremure, din care fac parte tipurile S, P și L.

.....

Sunete



În fizică, sunetul este o vibrație care se propagă de obicei ca o undă de presiune audibil, printr-un mediu de transmisie, cum ar fi un gaz, lichid sau solid.

În fiziologia și psihologia umană, sunetul este recepția unor astfel de unde și percepția lor de către creier. Oamenii pot auzi undele sonore cu frecvențe cuprinse între aproximativ 20 Hz și 20 kHz. Sunetele peste 20 kHz sunt ultrasunete și cele sub 20 Hz sunt infrasunete. Animalele au diferite intervale de auz.

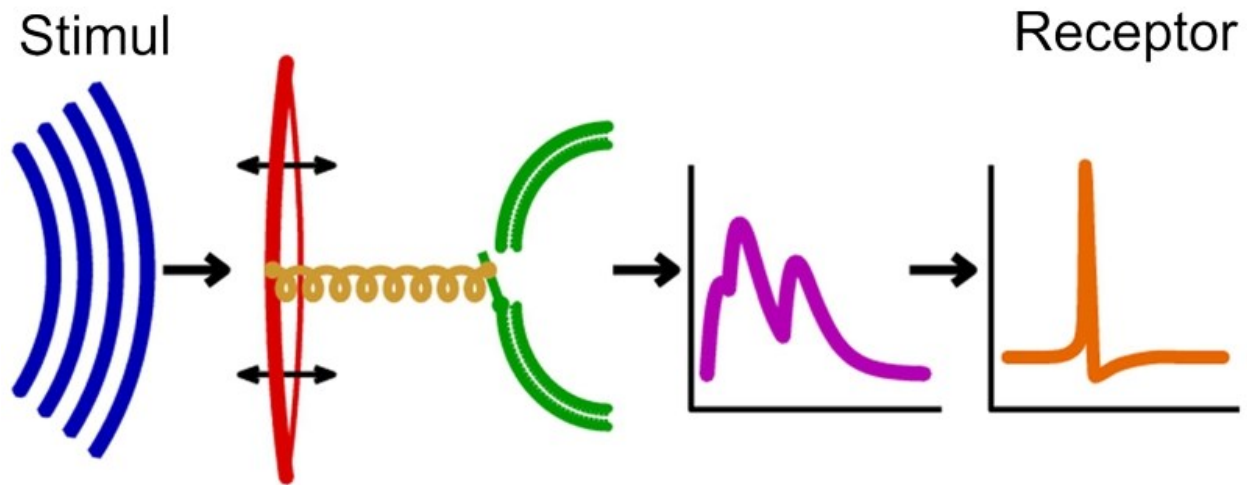
Sunetul este definit ca "(a) Oscilația în presiune, efort, deplasarea particulelor, viteza particulelor etc., propagată într-un mediu cu forțe interne (de exemplu elastice sau vâscoase), sau suprapunerea unei astfel de oscilații propagate. (b) Senzația evocată de oscilația descrisă în (a)." Sunetul poate fi privit ca o mișcare a undelor în aer sau în alte medii elastice. În acest caz, sunetul este un stimul. Sunetul poate fi, de asemenea, privit ca o excitație a mecanismului auditiv care are ca rezultat percepția sunetului. În acest caz, sunetul este o senzație.

Acustica

Acustica este știința interdisciplinară care se ocupă cu studierea undelor mecanice în gaze, lichide și solide, inclusiv vibrații, sunete, ultrasunete și infrasunete. Un om de știință care lucrează în domeniul acustic este un acustician, în timp ce cineva care lucrează în domeniul ingineriei acustice poate fi numit un inginer acustic. Un inginer audio, pe de altă parte, este preocupat de înregistrarea, manipularea, amestecarea și reproducerea sunetelor.

Auzul este unul dintre mijloacele cele mai importante caracteristici de supraviețuire în lumea animală, și vorbirea este una dintre caracteristicile cele mai distinctive ale dezvoltării umane și a culturii. În consecință, știința acusticii se răspândește în multe aspecte ale societății umane: muzică, medicină, arhitectură, producția industrială, război, etc. Arta, meseriile, știința și

tehnologia, s-au provocat reciproc pentru a avansa în ansamblu, ca și în multe alte domenii ale cunoașterii. "Roata acusticii" a lui Robert Bruce Lindsay este o imagine de ansamblu bine acceptată de diversele domenii în acustică.



(Reprezentarea schematică a urechii, propagarea sunetului. Albastru: undele sonore. Roșu: timpan Galben: cochlea. Verde: celulele receptorilor auditivi. Purpuriu: spectrul frecvenței de răspuns la ureche. Portocaliu: impulsul nervos. Sursa: Quadell / Argmda, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Processing_of_sound-es.jpg, CC Attribution 2.5 Generic license)

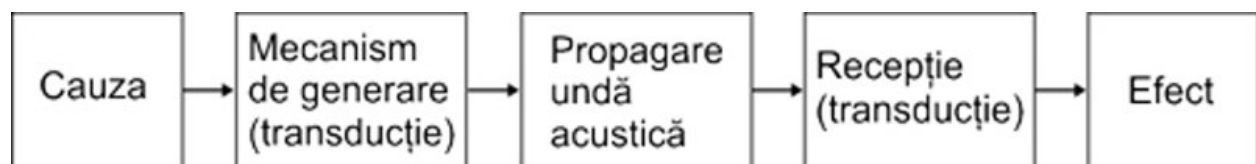
Cuvântul "acustic" este derivat din cuvântul grecesc ἀκουστικός (*akoustikos*), însemnând "de sau pentru auz, gata să audă" și de la ἀκουστός (*akoustos*), "auzit, sonor", care la rândul său provine de la verbul ἀκούω (*akouo*), "a auzi".

Sinonimul latin este "*sonic*", un sinonim pentru acustică, și o ramură acusticii. Frecvențele superioare și inferioare domeniului audibil sunt numite "ultrasonice" și respectiv "infrasonice".

Aplicațiile acustice se regăsesc în aproape toate aspectele societății moderne, subdiscipinele includ aeroacustică, procesarea semnalelor audio, acustică arhitecturală, bioacustică, electroacustică, zgomot ambiental, acustică muzicală, controlul zgomotului, psihoacustică, vorbire, ultrasunete, acustică subacvatică și vibrații.

Concepte fundamentale ale acusticii

Studiul acusticii se ocupă cu producerea, propagarea și recepția undelor mecanice și vibrațiilor.

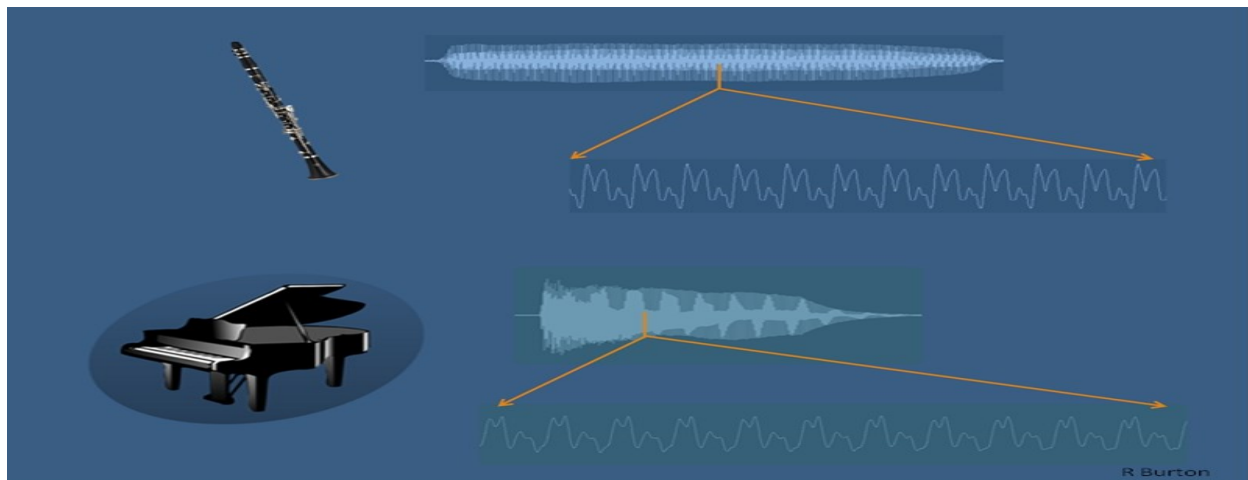


Etapele prezentate în diagrama de mai sus pot fi găsite în orice eveniment sau proces acustic. Există mai multe tipuri de cauze, atât naturale cât și volitive. Există mai multe tipuri de procese de transducție care convertesc energia dintr-o altă formă în energie sonică, producând o undă sonoră. Există o ecuație fundamentală care descrie propagarea undelor sonore, ecuația undelor acustice, dar fenomenele care decurg din aceasta sunt variate și adesea complexe. Unda poartă energie prin mediul de propagare. În cele din urmă această energie este transdusă din nou în alte forme, în moduri care din nou pot fi naturale și/sau volitive. Efectul final poate fi pur fizic sau se poate ajunge departe în domeniile biologice sau volitive. Cei cinci pași de bază se regăsesc la fel de bine dacă vorbim despre un cutremur, un submarin folosind sonar pentru a localiza dușmanul, sau o formație într-un concert rock.

Etapa centrală în procesul acustic este propagarea undei. Aceasta se încadrează în domeniul acusticii fizice. În fluide, sunetul se propagă în primul rând ca o undă de presiune. În solide, undele mecanice pot lua multe forme, inclusiv unde longitudinale, transversale, și de suprafață.

Acustica se uită în primul rând la nivelurile de presiune și frecvențele undelor sonore. Procesele de transducție sunt, de asemenea, de o importanță deosebită.

Sunete muzicale



(Percepția timbrului sunetului, Sursa: Rburtonresearch, https://en.wikipedia.org/wiki/File:Timbre_perception.png, CC Attribution-Share Alike 4.0 International license)

În mod tradițional, un ton muzical este un sunet periodic constant. Un ton muzical se caracterizează prin durată, înălțime, intensitatea (sau presiunea) și timbrul (sau calitatea). Notele folosite în muzică pot fi mai complexe decât tonurile muzicale, deoarece ele pot include aspecte aperiodice, cum ar fi elementele tranzitorii de atac, vibrato și modularea anvelopei.

Un ton simplu, sau un ton pur, are o formă de undă sinusoidală. Un ton complex este o combinație de două sau mai multe tonuri pure care au un model periodic de repetare.

Tonul pur

Un ton pur este un ton cu o formă de undă sinusoidală, de ex. o undă sinusoidală sau cosinusoidală. Aceasta înseamnă că, indiferent de alte proprietăți caracteristice, cum ar fi amplitudinea sau faza, undele constau dintr-o singură frecvență. Undele sinusoidale și cosinusoidale sunt cele mai elementare blocuri ale unor unde mai complexe, iar frecvențele suplimentare (adică undele sinusoidale și cosinusoidale cu frecvențe diferite) sunt combinate, forma de undă se transformă dintr-o formă sinusoidală într-o formă mai complexă.

O undă sinusoidală este caracterizat de *frecvența* sa, numărul de cicluri pe secundă - sau *lungimea de undă*, distanța pe care forma de undă se deplasează în mediul său într-o perioadă - și *amplitudinea*, mărimea fiecărui ciclu. Un ton pur are proprietatea unică că forma de undă și sunetul sunt modificate numai în amplitudine și fază de sisteme acustice liniare.

O undă sinusoidală pură este un sunet artificial. Hermann von Helmholtz este creditat ca primul creator al unei unde sinusoidale, folosind "sirena Helmholtz", un dispozitiv mecanic care trimite aer comprimat prin orificii pe o placă rotativă. Acesta este probabil cel mai apropiat rezultat de o undă sinusoidală care a fost auzit înainte de inventarea oscilatoarelor electronice.

Undele sinusoidale sunt în general incomode pentru ureche, și pot cauza pierderea auzului indusă de zgomot la volum mai mic decât alte zgomote. Localizarea sunetului este adesea mai dificilă cu undele sinusoidale decât cu alte sunete; acestea par să "umple camera".

Elemente

Muzica are multe fundamente sau elemente diferite. În funcție de definiția elementului folosit, acestea pot include: înălțime, puls, tempo, ritm, melodie, armonie, textură, stil, alocarea vocii, timbru sau culoare, dinamică, expresie, articulare, formă și structură. Elementele muzicii apar în mod proeminent în curriculum-urile de muzică din Australia, Marea Britanie și SUA. Toate cele trei curriculum-uri identifică înălțimea, dinamica, timbrul și textura ca elemente, dar celelalte elemente de muzică identificate sunt departe de a fi convenite universal.

Expresia "elementele muzicii" este folosită în mai multe contexte diferite. Cele două contexte cele mai comune pot fi diferențiate prin descrierea lor ca "elemente rudimentare ale muzicii" și "elemente perceptuale ale muzicii".

Înălțimea sunetelor

Înălțimea sunetelor (*pitch*) este o proprietate perceptuală a sunetelor care permite ordonarea lor pe o scală în funcție de frecvență sau, mai bine spus, înălțimea este calitatea care face posibilă judecarea sunetelor ca "mai sus" și "mai jos" în sensul asociat melodiilor muzicale. Înălțimea poate fi determinată numai în sunete care au o frecvență suficient de clară și stabilă pentru a se

distinge de zgomot. Înălțimea este un atribut major de audiție a tonurilor muzicale, împreună cu durata, volumul și timbrul.



(În notația muzicală, diferitele poziții verticale ale notelor indică înălțimi diferite.)

Înălțimea poate fi cuantificată ca o frecvență, dar nu este o proprietate fizică pur obiectivă; este un atribut psihoacustic subiectiv al sunetului. Din punct de vedere istoric, studiul percepției înălțimii a reprezentat o problemă centrală în psihoacustică și a contribuit la formarea și testarea teoriilor de reprezentare, prelucrare și percepție a sunetului în sistemul auditiv.

Cartea

Explorați lumea sunetelor - cum se generează, se propagă, se percep și se înregistrează sunetele, în natură și în activitatea umană. Informații utile, la nivel fenomenologic, despre vibrații și unde, acustică, și sunete muzicale: caracteristici, descrieri fizice, fenomene specifice. Despre muzică și acustica instrumentelor muzicale.



Cuprins

Vibrații și unde

- Pendul
- Unde
- - Exemple de unde
- - Caracteristici generale
- - Descriere fizică
- - - Unde de deplasare
- Unde mecanice
- - Unde transversale
- - Unde longitudinale
- - Unde de suprafață
- - Polarizarea
- Viteza undelor
- - Viteza de fază

- Unde transversale
- - Unde "polarizate"
- - Undele electromagnetice
- Unde longitudinale
- - Exemple
- - Unde sonore
- - - Unde de presiune
- Interferența undelor
- - Mecanisme
- - - Între două unde sferice
- - Interferometria radio
- - Interferometria acustică
- Unde staționare
- - Fizica undelor staționare
- Efectul Doppler
- - Istorie
- - Descriere
- Unde de șoc
- - Terminologie
- - În deplasările supersonice
- - Undele de șoc datorate stării abrupte neliniare
- - Tipuri de fenomene
- - - Șoc de mișcare
- - - Unde de detonare
- - - Unde frontale (șoc detașat)
- - - Șoc atașat

Sunete

- Acustica
- - Concepte fundamentale ale acusticii
- - Nivele de presiune
- - Transducția
- Cum se generează sunetele
- Natura sunetului în aer
- - Undele de compresie și de forfecare
- Fizica sunetelor
- - Undele longitudinale și transversale
- - Proprietăți și caracteristici ale undelor sonore
- Viteza sunetului
- Reflexia sunetului - Ecoul
- - Ecoul
- - - Fenomen acustic
- Refracția sunetului
- - Gradientul vitezei sonore
- - Acustica subacvatică
- - Canalul SOFAR
- Energia în undele sonore

- - Densitatea de energie sonoră
- - - Nivelul densității energiei sonore
- Vibrații forțate - Oscilații
- - Oscilații
- - - Oscilator armonic simplu
- - - Oscilații amortizate și forțate
- - - Oscilații cuplate
- - Testarea vibrațiilor
- Rezonanța
- - Rezonanță acustică
- - - Tonuri false
- Bătăi
- - Tonurile bătăilor
- - Bătăi binaurale
- Sunete muzicale
- Tonul pur
- Elemente
- Înălțimea sunetelor
- - Înălțimea definită și nedefinită
- - Standarde de înălțime și înălțimea standard
- Intensitatea și volumul sunetelor
- - Intensitatea sunetelor
- - - Definiție matematică
- - Volumul sonor (Loudness)
- - - Explicație
- - - Compensare și normalizare
- Calitatea sunetului
- - Audio digital
- Instrumente muzicale
- - Instrumente de alamă
- - Instrumente cu coarde
- - Instrumente de lemn
- - Instrumente de percuție
- - Instrumente cu claviatură
- Analiza Fourier
- - Aplicații
- - - Aplicații în procesarea semnalelor
- - Interpretarea în termeni de timp și frecvență
- Disc compact (CD)
- - Detaliile fizice
- Referințe
- Despre autor
- Nicolae Sfetcu
- - De același autor
- - Contact

Editura
- MultiMedia Publishing

Despre autor

Nicolae Sfetcu

Asociat și manager MultiMedia SRL și Editura MultiMedia Publishing.

Partener cu MultiMedia în mai multe proiecte de cercetare-dezvoltare la nivel național și european

Coordonator de proiect European Teleworking Development Romania (ETD)

Membru al Clubului Rotary București Atheneum

Cofondator și fost președinte al Filialei Mehedinți al Asociației Române pentru Industrie Electronica și Software Oltenia

Inițiator, cofondator și președinte al Asociației Române pentru Teleducare și Teleactivități

Membru al Internet Society

Cofondator și fost președinte al Filialei Mehedinți a Asociației Generale a Inginerilor din România

Inginer fizician - Licențiat în fizică, specialitatea Fizică nucleară. Master în Filosofie.

Contact

Email: nicolae@sfetcu.com

Facebook/Messenger: <https://www.facebook.com/nicolae.sfetcu>

Twitter: <http://twitter.com/nicolae>

LinkedIn: <http://www.linkedin.com/in/nicolaesfetcu>

YouTube: <https://www.youtube.com/c/NicolaeSfetcu>

Editura

MultiMedia Publishing

*web design, comerț electronic, alte aplicații web * internet marketing, seo, publicitate online,
branding * localizare software, traduceri engleză și franceză * articole, tehnoredactare*

*computerizată, secretariat * prezentare powerpoint, word, pdf, editare imagini, audio, video *
conversie, editare și publicare cărți tipărite și electronice, isbn*

Tel./ WhatsApp: 0040 745 526 896

Email: office@multimedia.com.ro

MultiMedia: <http://www.multimedia.com.ro/>

Online Media: <https://www.telework.ro/>

Facebook: <https://www.facebook.com/multimedia.srl/>

Twitter: <http://twitter.com/multimedia>

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/multimedia-srl/>