

Sunetul

Sunetul este un fenomen fizic care stimuleaza simtul auzului. La oameni auzul are loc cand vibratiile de frecvente intre 15 si 20.000 de hertzi ajung la urechea interna. Hertzul, sau Hz, este unitatea de masura a frecventei egala cu o perioada pe secunda. Astfel de vibratii ajung la urechea interna cand sunt transmise prin aer, si termenul sunet este ceva restrictionat la astfel de unde care vibreaza in aer. Fizicienii moderni, insa, extind termenul pentru a include vibratii similare in medii lichide sau solide. Sunete de frecvente mai mari de 20.000 Hz sunt numite ultrasonice.

In general, undele se pot propaga transversal sau longitudinal. In ambele cazuri, doar energia miscarii undei este propagata prin mediu; nici o parte din mediu nu se misca prea departe. Ca exemplu, o sfoara poate fi legata de un stalp la un capat, iar celalalt capat este tras pana sfoara se intinde, iar apoi sfoara este scuturata o data. O unda va trece pe sfoara pana la stalp, iar aici va fi reflectata si ea se va intoarce la mana. Nici un punct de pe sfoara nu se misca longitudinal spre stalp, dar parti succesive din sfoara se misca transversal. Acest tip de miscare se numeste unda transversala. De asemenea, daca o piatra este aruncata intr-o piscina, o serie de unde transversale pleaca din punctul de impact al pietrei. Un dop de pluta plutind in apropiere se va misca in sus si in jos, adica se va misca transversal respectand si directia de miscare a undei, dar nu se va deplasa prea mult longitudinal. O unda sonora, insa, este o unda longitudinala. In timp ce energia miscarii undei se propaga in exteriorul sursei, moleculele de aer care duc sunetul se misca in fata si in spate, paralel la directia de miscare a undei. Asadar, o unda sonora este o serie de compresii si extensii alternative ale aerului. Fiecare molecula da energia moleculei vecine, dar dupa ce unda sonora a trecut, fiecare molecula ramane in aceeasi pozitie ca la inceput.

Amplitudinea

Amplitudinea este caracteristica undelor sonore pe care o percepem ca volum. Distanța maxima pe care o unda o parcurge de la pozitia normala, sau zero, este amplitudinea; aceasta corespunde cu gradul de miscare in moleculele de aer ale unei unde. Cand gradul de miscare in molecule creste, acestea lovesc urechea cu o forta mai mare. Din cauza aceasta, urechea percepe un sunet mai puternic. O comparatie de unde sonore la amplitudine scazuta, medie, si inalta demonstreaza schimbarea sunetului prin alterarea amplitudinii. Aceste trei unde au aceeasi frecventa, si ar trebui sa sune la fel doar ca exista o diferenta perceptibila in volum.

Amplitudinea unei unde sonore este gradul de miscare al moleculelor de aer din unda. Cu cat amplitudinea unei unde este mai mare, cu atat moleculele lovesc mai puternic timpanul urechii si sunetul este auzit mai puternic. Amplitudinea unei unde sonore poate fi exprimata in unitati masurand distanta pe care se intind moleculele de aer, sau diferenta de presiune intre compresie si extensie ale moleculelor, sau energia implicata in proces. Cand cineva vorbeste normal, de exemplu, se produce energie sonora la o rata de aproximativ o suta de miime dintr-un watt. Toate aceste masuratori sunt extrem de dificil de facut, si intensitatea sunetului este exprimata, in general, prin compararea cu un sunet standard, masurat in decibeli.

Caracteristici fizice:

Orice sunet simplu, cum ar fi o nota muzicala, poate fi descrisa in totalitate, specificand trei caracteristici perceptive: inaltime, intensitate, si calitate (timbru). Aceste caracteristici corespund exact a trei caracteristici fizice: frecventa, amplitudine, si constitutia armonica, sau respectiv forma undei. Zgomotul este un sunet complex, o mixare de multe diferite frecvente, sau note care nu sunt legate armonic.

Frecventa:

Noi percepem frecventa ca sunete mai "inalte" sau sunete mai "joase". Frecventa unui sunet este numarul de perioade, sau oscilatii, pe care o unda sonora le efectueaza intr-un timp dat. Frecventa este masurata in hertzi, sau perioade pe secunda. Undele se propaga si la frecvente mari si la frecvente joase, dar oamenii nu sunt capabili sa le auda in afara unei raze relativ mici. Sunetele pot fi produse la frecvente dorite prin metode diferite. De exemplu, un sunet de 440 Hz poate fi creat activand o boxa cu un oscilator care actioneaza pe aceasta frecventa. Un curent de aer poate fi intrerupt de o roata dintata cu 44 de dinti, care se roteste cu 10 rotatii/secunda; aceasta metoda este folosita la sirena. Sunetul produs de boxa si cel produs de sirena, la aceeasi frecventa este foarte diferit in calitate dar corespund la inaltime.

Intensitatea sunetului:

Intensitatile sunetului sunt masurate in decibeli(dB). De exemplu, intensitatea la minimul auzului este 0 dB, intensitatea soaptelor este in medie 10 dB, si intensitatea fosnetului de frunze este de 20 dB. Intensitatile sunetului sunt aranjate pe o scara logaritmica, ceea ce inseamna ca o marire de 10 dB corespunde cu o crestere a intensitatii cu o rata de 10. Astfel, fosnetul frunzelor este de aproape 10 ori mai intens decat soapta. Distanta la care un sunet poate fi auzit depinde de intensitatea acestuia, care reprezinta rata medie a cursului energiei pe unitatea de suprafata perpendiculara pe directia de propagare. In cazul undelor sferice care se raspandesc de la un punct sursa, intensitatea variaza invers proportional cu patratul distantei, cu conditia sa nu se piarda energie din cauza vascozitatii, caldurii, sau alte efecte de absorbtie. Astfel, intr-un mediu perfect omogen, un sunet va fi de 9 ori mai intens la distanta de 1 unitate de origine decat la 3 unitati. In propagarea sunetului in atmosfera, schimbarile in proprietatile fizice ale aerului, cum ar fi temperatura, presiune si umiditate, produc scaderea amplitudinii undei sau imprastierea acesteia, asa ca legea de mai sus nu este aplicabila in masurarea intensitatii sunetului in practica.

Perceptia notelor:

Daca urechea unei persoane tinere este testata de un audiometru, se va observa ca este sensibila la toate sunetele de la 15-20 Hz pana la 15.000-20.000 Hz. Auzul persoanelor in virsta este mai putin acut, mai ales la frecvente mai inalte. Gradul in care o ureche normala poate separa doua note de volum putin diferit sau de frecventa putin diferita variaza in diferite raze de volum si frecventa a notelor. O diferenta in inaltime de aproape 20%(1 decibel,dB), si o diferenta in frecventa de 1/3%(aproximativ 1/20 dintr-o nota) poate fi distinsa in sunete de intensitate moderata la frecventele la care urechea este sensibila (intre 1.000-2.000 Hz). Tot in acest interval, diferenta intre cel mai mic sunet care poate fi auzit si cel mai puternic sunet care poate fi perceput ca sunet (sunetele mai puternice sunt "simtite", sau percepute ca stimuli durerosi) este de aproape 120 dB(de aproximativ 1 trilion de ori mai puternic).

Toate aceste teste de senzitivitate se refera la note pure, cum ar fi cele produse de un oscilator electronic. Chiar si pentru astfel de note urechea este imperfecta. Note de frecventa identica

dar cu intensitate foarte diferita par ca difera putin in inaltime. Mai importanta este diferenta intre intensitati aparent relative cu frecvente diferite. La volum inalt urechea este aproximativ la fel de sensibila la toate frecventele, dar la volum mai mic urechea este mai sensibila la frecventele mijlocii decat la cele mari sau mici. Astfel, aparatele care reproduc sunetele si functioneaza perfect, par ca nu reproduc corect notele cele mai mici si cele mai mari, daca volumul este scazut.

Reflexia:

Sunetul este guvernat de reflexie de asemenea, respectand legea fundamentala ca unghiul de reflexie este egal cu cel de incidenta. Rezultatul reflexiei este ecoul. Sistemul de radar subacvatic depinde de reflexia sunetelor propagate in apa. Un megafon este un tub tip cornet care formeaza o raza de unde sonore reflectand unele dintre razele divergente din partile tubului. Un tub similar poate aduna undele sonore daca se indreapta spre sursa sonora capatul mai mare; astfel de aparat este urechea externa a omului.

Refractia:

Sunetul, intr-un mediu cu densitate uniforma, se deplaseaza inainte intr-o linie dreapta. Insa, ca si lumina, sunetul este supus refractiei, care indeparteaza undele sonore de directia lor originala. In regiuni polare, de exemplu, unde aerul de langa pamant este mai rece decat cel ce se afla la inaltime mai ridicate, o unda sonora indreptata in sus care intra in zona mai calda din atmosfera este refractata inspre pamant. Receptia excelenta a sunetului in directia in care bate vantul si receptia proasta invers directiei vantului se datoreaza tot refractiei. Viteza vantului este, de obicei, mai mare la altitudini ridicate decat la nivelul pamantului; o unda sonora verticala care se deplaseaza in directia vantului este refractata inspre pamant in timp ce aceeași unda indreptata invers directiei vintului, este refractata in sus.

Trei tipuri importante de sunete obisnuite:

In discutie, muzica, si zgomot, notele pure sunt rareori auzite. O nota muzicala contine in plus de o frecventa fundamentala, tonuri mai inalte care sunt armonici ale frecventei fundamentale. Vocea contine un amestec complex de sunete, dintre care unele (nu toate) sunt in relatie armonica intre ele. Zgomotul consta intr-un amestec de multe frecvente diferite intr-un anumit interval; este astfel comparabil cu lumina alba, care consta intr-un amestec de lumini de culori diferite. Zgomote diferite sunt distinse prin diferite distributii ale energiei in mai multe intervale de frecventa.

Cand o nota muzicala continand niste armonici ale unei note fundamentale, dar lipsindu-i unele armonici sau chiar fundamentala insasi, este transmisa la ureche, urechea formeaza diferite sunete sub forma sumei sau diferentei frecventelor, astfel producand armonicile sau fundamentala lipsa in sunetul original. Aceste note sunt si ele armonici ale notei fundamentale. Aceasta anomalie a urechii poate fi folositoare. Aparatele ce reproduc sunete si nu au boxe foarte mari, de exemplu, nu pot produce, in general, sunete de inaltime mai mica de anumite valori; totusi, o ureche umana ce asculta la astfel de echipament poate reda nota fundamentala rezolvand frecventele sunetului din armonicile sale. O alta imperfectie a urechii in prezenta sunetelor normale este incapacitatea de a auzi note de frecventa inalta cand este prezent sunet de frecventa joasa de intensitate considerabila. Acest fenomen se numeste mascare.

În general, vocea este inteligibilă și cântecele pot fi satisfăcător înțelese dacă sunt reproduse doar frecvențele între 250 și 3.000 Hz, intervalul de frecvență a telefoanelor, chiar dacă unele sunete din limbajul nostru au frecvențe de aproape 6.000 Hz. Pentru natură, însă, trebuie reproduse frecvențele de la 100 la 10.000 Hz. Sunetele produse de unele instrumente muzicale, pot fi reproduse natural doar la frecvențe relativ scăzute, și unele zgomote pot fi reproduse doar la frecvențe relativ înalte.

Unde sonore caracteristice:

Fiecare instrument produce o anumită vibrație caracteristică. Vibrațiile calatoresc prin aer sub forma undelor sonore care ajung la urechile noastre, dându-ne posibilitatea să identificăm instrumentul chiar și dacă nu îl vedem. Cele patru unde sonore arătate în poza arată forma vibrațiilor unor instrumente comune. Un diapazon scoate un sunet pur, vibrând regulat într-o formă curbă. O vioară generează un sunet voios și o undă sonoră cu forme ascuțite. Flautul produce un sunet tandru, adevărat, și o formă relativ curbă. Diapazonul, vioara, și flautul, cântău toate aceeași notă, de aceea, distanța dintre punctele înalte ale undei este aceeași pentru fiecare undă. Un gong nu vibrează într-un șablon obișnuit ca celelalte trei instrumente. Forma undei este ascuțită și liberă, iar înălțimea sa nu este, în general, recunoscută.

Viteza sunetului:

Frecvența unei unde sonore este o măsură a numărului de unde care trec printr-un punct dat într-o secundă. Distanța dintre două varfuri succesive ale undei (ventre) se numește lungime de undă. Produsul dintre lungimea de undă și frecvență este egal cu viteza de propagare a undei, și este aceeași pentru sunetele de orice frecvență (dacă sunetul se propagă în același mediu la aceeași temperatură). Viteza de propagare în aer uscat la temperatura de 0° C (32° F este de 331,6 m/sec). Dacă temperatura este mai mare, viteza sunetului crește; astfel, la 20° C, viteza sunetului este 344 m/sec. Schimbările presiunii la o densitate controlată, nu au nici un efect asupra vitezei sunetului. Viteza sunetului în alte gaze depinde doar de densitatea acestora. Dacă moleculele sunt grele, se mișcă mai greu, iar sunetul se propagă mai încet. De aceea sunetul se propagă puțin mai repede în aer mai umed decât în aer uscat, deoarece aerul umed conține un număr mai mare de molecule mai ușoare. Viteza sunetului în cele mai multe gaze depinde de asemenea de un alt factor, căldura specifică, care afectează propagarea undelor sonore. Sunetul se propagă, în general, mult mai repede în lichide și solide decât în gaze. Și în lichide și în solide, densitatea are același efect ca în gaze; adică, viteza este invers proporțională cu rădăcina pătrată a densității. Viteza mai variază și direct proporțional cu rădăcina pătrată a elasticității. Viteza sunetului în apă, de exemplu, este aproximativ 1525 m/sec la temperaturi normale dar crește foarte mult când crește temperatura. Viteza sunetului în cupru este de aproape 3353 m/sec la temperaturi normale și scade odată cu creșterea temperaturii (din cauza elasticității care scade); în oțel, care este mult mai elastic, sunetul se propagă cu o viteză de aproape 4877 m/sec, propagându-se foarte eficient. Undele sonore calatoresc mai rapid și mai eficient în apă decât în aer uscat, permițând animalelor cum ar fi balenele să comunice între ele de la distanțe foarte mari. Balenele și cașalotii folosesc undele sonore și pentru a le ajuta să navigheze în ape întunecate, direcționând și primind undele sonore la fel ca un radar al unei nave sau submarin.