

Sunetul in fizica

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, inasa, 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, inasa, 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. Distanta 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 aceeași frecvență, și ar trebui să sune la fel doar că există o diferență perceptibilă în volum.

Amplitudinea unei unde sonore este gradul de mișcare al moleculelor de aer din undă. Cu cât amplitudinea unei unde este mai mare, cu atât moleculele lovesc mai puternic timpanul urechii și sunetul este auzit mai puternic. Amplitudinea unei unde sonore poate fi exprimată în unități măsurând distanța pe care se întind moleculele de aer, sau diferența de presiune între compresie și extensie ale moleculelor, sau energia implicată în proces. Când cineva vorbește normal, de exemplu, se produce energie sonoră la o rată de aproximativ o sută de miime dintr-un watt. Toate aceste măsurători sunt extrem de dificil de făcut, și intensitatea sunetului este exprimată, în general, prin compararea cu un sunet standard, măsurat în decibeli.

Caracteristici fizice:

Orice sunet simplu, cum ar fi o notă muzicală, poate fi descrisă în totalitate, specificând trei caracteristici perceptive: înălțime, intensitate, și calitate (timbru). Aceste caracteristici corespund exact a trei caracteristici fizice: frecvență, amplitudine, și constituția armonică, sau respectiv forma undei. Zgomotul este un sunet complex, o mixare de multe diferite frecvențe, sau note care nu sunt legate armonic.

Frecvența:

Noi percepem frecvența ca sunete mai "înalte" sau sunete mai "joase". Frecvența unui sunet este numărul de perioade, sau oscilații, pe care o undă sonoră le efectuează într-un timp dat. Frecvența este măsurată în hertzi, sau perioade pe secundă. Undele se propaga și la frecvențe mari și la frecvențe joase, dar oamenii nu sunt capabili să le audă în afara unei game relativ mici. Sunetele pot fi produse la frecvențe dorite prin metode diferite. De exemplu, un sunet de 440 Hz poate fi creat activând o boxă cu un oscilator care acționează pe această frecvență. Un curent de aer poate fi întrerupt de o roată dintată cu 44 de dinți, care se rotește cu 10 rotații/secundă; această metodă este folosită la sirena. Sunetul produs de boxă și cel produs de sirena, la aceeași frecvență este foarte diferit în calitate dar corespunde la înălțime.

Intensitatea sunetului:

Intensitățile sunetului sunt măsurate în decibeli (dB). De exemplu, intensitatea la minimul auzului este 0 dB, intensitatea șoaptelor este în medie 10 dB, și intensitatea foșnetului de frunze este de 20 dB. Intensitățile sunetului sunt aranjate pe o scară logaritmică, ceea ce înseamnă că o creștere de 10 dB corespunde cu o creștere a intensității cu o rată de 10. Astfel, foșnetul frunzelor este de aproape 10 ori mai intens decât șoapta.

Distanța la care un sunet poate fi auzit depinde de intensitatea acestuia, care reprezintă rata medie a cursului energiei pe unitatea de suprafață perpendiculară pe direcția de propagare. În cazul undelor sferice care se răspândesc de la un punct sursă, intensitatea variază invers proporțional cu pătratul distanței, cu condiția să nu se piardă energie din cauza vascozității, căldurii, sau alte efecte de absorbție. Astfel, într-un mediu perfect omogen, un sunet va fi de 9 ori mai intens la distanța de 1 unitate de origine decât la 3 unități. În propagarea sunetului în atmosferă, schimbările în proprietățile fizice ale aerului, cum ar fi temperatura, presiunea și umiditatea, produc scăderea amplitudinii undei sau împrăștierea acesteia, așa că legea de mai sus nu este aplicabilă în măsurarea intensității sunetului în practică.

Percepția notelor:

Dacă urechea unei persoane tinere este testată de un audiometru, se va observa că este sensibilă la toate sunetele de la 15-20 Hz până la 15.000-20.000 Hz. Auzul persoanelor în vârstă este mai puțin acut, mai ales la frecvențe mai înalte. Gradul în care o ureche normală poate separa două note de volum puțin diferit sau de frecvență puțin diferită variază în diferite rații de volum și frecvență a notelor. O diferență în înălțime de aproape 20% (1 decibel, dB), și o diferență în frecvență de 1/3% (aproximativ 1/20 dintr-o notă) poate fi distinsă în sunete de intensitate moderată la frecvențele la care urechea este sensibilă (între 1.000-2.000 Hz). Tot în acest interval, diferența între cel mai mic sunet care poate fi auzit și cel mai puternic sunet care poate fi perceput ca sunet (sunetele mai puternice sunt "simțite", sau percepute ca stimuli dureroși) este de aproape 120 dB (de aproximativ 1 trilion de ori mai puternic).

Toate aceste teste de sensibilitate se referă la note pure, cum ar fi cele produse de un oscilator electronic. Chiar și pentru astfel de note urechea este imperfectă. Note de frecvență identică dar cu intensitate foarte diferită par că diferă puțin în înălțime. Mai importantă este diferența între intensități aparent relative cu frecvențe diferite. La volum înalt urechea este aproximativ la fel de sensibilă la toate frecvențele, dar la volum mai mic urechea este mai sensibilă la frecvențele mijlocii decât la cele mari sau mici. Astfel, aparatele care reproduc sunetele și funcționează perfect, par că nu reproduc corect notele cele mai mici și cele mai mari, dacă volumul este scăzut.

Reflexia:

Sunetul este guvernat de reflexie de asemenea, respectând legea fundamentală că unghiul de reflexie este egal cu cel de incidență. 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 inaltimi 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 aceeaasi unda indreptata invers directiei vantului, 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 consista 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, cântau 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

proportional cu radacina patrata a elasticitatii. Viteza sunetului in apa, de exemplu, este aproximativ 1525 m/sec la temperaturi normale dar creste foarte mult cand creste temperatura. Viteza sunetului in cupru este de aproape 3353 m/sec la temperaturi normale si scade odata cu cresterea temperaturii (din cauza elasticitatii care scade); in otel, care este mult mai elastic, sunetul se propaga cu o viteza de aproape 4877 m/sec, propagandu-se foarte eficient. Undele sonore calatoresc mai rapid si mai eficient in apa decat in aer uscat, permitand animalelor cum ar fi balenele sa comunice intre ele de la distante foarte mari. Balenele si casalotii folosesc undele sonore si pentru a le ajuta sa navigheze in ape intunecate, directionand si primind undele sonore la fel ca un radar al unei nave sau submarin.