

**LBRIS**

We know  
books

**Dem. Urmă**

**ACUSTICĂ ȘI MUZICĂ**

GRAFOART.

A stylized musical staff logo consisting of a treble clef and a vertical line, positioned behind the publisher's name.

©2022. Toate drepturile rezervate.

Copierea, chiar și parțială, se poate efectua exclusiv  
cu acordul scris al Editurii Muzicale GRAFOART<sup>®</sup>.

Ilustrația copertei: grafică vectorială proprietatea editurii.

În elaborarea prezentei ediții s-au utilizat volumul  
Dem. Urmă, *Acustică și Muzică*, Ed. științifică și enciclopedică, 1982.

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României  
**URMĂ DEM.**

*Acustică și muzică* / Dem. Urmă. - București : Grafoart, 2022

Conține bibliografie

Index

ISBN 978-606-747-142-7

78

**EDITURA MUZICALĂ GRAFOART<sup>®</sup>**

București, str. Brașov nr. 20

**LIBRĂRIA MUZICALĂ George Enescu**

București, piața Sfinții Voievozi nr. 1

TEL.: 0747 236 278 (07-GRAFOART); 021 315 07 12

E-MAIL: GRAFOART1991@GMAIL.COM

COMENZI ON-LINE: WWW.LIBRARIAMUZICALA.RO

## SUMARUL

Puncte de plecare . . . . .	7
<b>Cap. I. ELEMENTE RECAPITULATIVE DE ACUSTICĂ</b>	
§ 1. Acustica muzicală ca ramură a științei sunetelor . . . . .	11
§ 2. Oscilațiile — formă specială de mișcare a corpurilor și particulelor . . . . .	14
§ 3. Undele — formă de propagare a oscilațiilor . . . . .	31
<b>Cap. II. SUNETELE MUZICALE. CARACTERISTICI ȘI SCARĂ COMPLETĂ DE ÎNĂLȚIMI</b>	
§ 4. Spectre acustice . . . . .	51
§ 5. Caracteristicile generale ale categoriilor de sunete . . . . .	54
§ 6. Diferențierea frecvențelor și senzația de octavă . . . . .	59
§ 7. Octavele, sunetele muzicale și scara lor completă . . . . .	64
<b>Cap. III. PROPAGAREA UNDELOR SONORE ȘI PERCEPȚIA LOR</b>	
§ 8. Condițiile generale ale propagării . . . . .	74
§ 9. Viteza sunetului . . . . .	76
§ 10. Atenuarea și absorbția undelor sonore . . . . .	78
§ 11. Refracția și difracția . . . . .	80
§ 12. Reflexia undelor sonore . . . . .	82
§ 13. Acustica sălilor mari . . . . .	84
§ 14. De la vibrație la senzația și percepția auditivă . . . . .	88
§ 15. Aparatul auditiv — sistem psiho-fiziologic de recepție și prelucrare a semnalelor sonore . . . . .	95
§ 16. Sensibilitatea diferențială (discriminativă) a aparatului auditiv . . . . .	107
<b>Cap. IV. SUNETELE INSTRUMENTELOR MUZICALE</b>	
§ 17. Instrumentele muzicale și clasificarea lor . . . . .	118
§ 18. Vibrațiile coardelor . . . . .	123

§ 19. Vibrațiile aerului în tuburile sonore . . . . .	139
§ 20. Vibrațiile vergilor, plăcilor și membranelor . . . . .	169
§ 21. Sunete generate de oscilații electrice . . . . .	184

#### Cap. V. CARACTERISTICILE (CALITĂȚILE) SUNETULUI

§ 22. Înălțimea sunetului. Aspecte și implicații . . . . .	207
§ 23. Tăria sunetului, efect subiectiv al intensității unde sonore . . . . .	227
§ 24. Timbrul („culoarea”) sunetului . . . . .	242
§ 25. Durata sunetului. Percepere și măsurare . . . . .	259
§ 26. Alte caracteristici ale sunetului . . . . .	265

#### Cap. VI. ACUSTICA INTERVALELOR MUZICALE

§ 27. Senzația de interval muzical. Definiții . . . . .	268
§ 28. Clasificările și caracteristicile intervalelor . . . . .	271
§ 29. Procedee de exprimare a valorii intervalelor . . . . .	281
§ 30. Intervalele muzicale și sunetele armonice . . . . .	303

#### Cap. VII. CONSONANȚA ȘI DISONANȚA INTERVALELOR MUZICALE

§ 31. O problemă veche și spinoasă . . . . .	310
§ 32. Încercări de explicare a contrastului consonanță-disonanță . . . . .	316
§ 33. Aspecte speciale ale dualității consonanță-disonanță . . . . .	332

#### Cap. VIII. REALITATEA SONORĂ MUZICALĂ FAȚĂ DE CEA ACUSTICĂ

§ 34. Spectre de benzi — nu de linii . . . . .	339
§ 35. Procesele tranzitorii ale sunetelor . . . . .	341
§ 36. Principiul incertitudinii și constanta de timp a sistemelor oscilatorii . . . . .	348
§ 37. Precizia de intonație a sunetelor și intervalelor . . . . .	352
§ 38. Factorul zgomot în muzică — inevitabil și necesar . . . . .	357
§ 39. Legile expresivității sînt mai tari decît legile acusticii . . . . .	361

#### Cap. IX. STRUCTURA SISTEMELOR NETEMPERATE

§ 40. Sistem temperat și netemperat. Recapitulări . . . . .	368
§ 41. Structura modurilor antice și a gamei pitagorice . . . . .	371
§ 42. Gama naturală sau armonică (gama fizicilor) . . . . .	401

#### Cap. X. SUNETE ȘI SISTEME TEMPERATE

§ 43. Ce se înțelege prin temperare? . . . . .	440
§ 44. De la diatonie la semitonie . . . . .	443

§ 45. Sisteme de temperare neegală (prin sunete medii și prin sunete selectate) . . . . .	455
§ 46. Sistemele egal temperate cu 53 și 41 de trepte . . . . .	469
§ 47. Sistemul egal temperat cu 12 trepte . . . . .	489
§ 48. Caracterul expresiv al tonalităților și acordurilor . . . . .	509
Anexa I. Valoarea principalelor intervale din cuprinsul octavei, exprimată în sistemele uzuale de măsurare . . . . .	513
Anexa II. Autori și lucrări de acustică muzicală . . . . .	519
Indice de termeni . . . . .	531
Indice de nume . . . . .	540

a aborda problemele din punct de vedere științific este să nu uiți conexiunea istorică fundamentală, să privești fiecare problemă din punctul de vedere al modului în care a apărut în istorie un fenomen dat și să vezi, prin prisma acestei dezvoltări, ce a devenit acest fenomen în prezent.<sup>5</sup>

Pentru a putea da o pondere mai mare laturii specifice a materiei, în limitele spațiului disponibil, autorul a considerat cunoscute datele principale ale acusticii experimentale și teoretice, cu aparatajul și demonstrațiile respective.<sup>6</sup> Acestea se găsesc în destule cărți de nivel mediu și superior apărute la noi în ultimele decenii, la care se adaugă manualele de fizică utilizate în învățământ. De aceea, în primul capitol al lucrării de față s-au expus, în formă doar recapitulativă, noțiunile generale de acustică necesare în continuare. La fel, s-au presupus cunoscute datele de bază ale teoriei muzicale.

Pornind să sistematizeze și să sintetizeze cunoștințele care formează bazele acustice ale artei sunetelor, autorul a găsit ispitire și îndemn într-o idee a fondatorului celebrei „Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers“, Denis Diderot, care a scris că la dezvoltarea științei se poate contribui prin două mijloace. Primul aparține inventatorilor din orice domeniu, care sporesc masa cunoștințelor prin descoperiri proprii, iar al doilea, mai modest, celor care ordonează cunoștințele existente, făcându-le mai clare pentru un număr cât mai mare de oameni și astfel ajutându-i să participe la lumina secolului lor.

Expunerea care urmează a rezultat din compulsarea unui însemnat număr de lucrări din mai multe ramuri, pentru compararea afirmațiilor, demonstrațiilor și a cifrelor și pentru detectarea de fapte și exemple puțin cunoscute, eventual uitate. În orice carte, chiar mai puțin valoroasă, se poate găsi o idee sau un detaliu util — lucru observat mai întâi de Plinius cel Bătrîn acum peste 19 secole și redat de Plinius cel Tânăr, nepotul său, într-o scrisoare<sup>7</sup> prin cuvintele: „Nullus liber est tam malus ut non aliqua parte prosit“ (nici o carte nu este atât de proastă încât vreoa parte din ea să nu fie utilă). Această părere a fost nu atât un imbold, cât o încurajare pentru alcătuirea volumului de față...

<sup>5</sup> V. I. Lenin, *Opere complete*, București, 1956, vol. 29, p. 457.

<sup>6</sup> De aceea nu se va vorbi despre soneria pusă sub un clopot de sticlă din care s-a scos aerul, despre sirena lui Cagniard de Latour, despre roata lui Savart sau despre modul în care Sturm și Colladon au determinat (în 1827) viteza sunetului în apa lacului Léman...

<sup>7</sup> În Plinius cel Tânăr, *Opere complete* (traducere de Liliana Manolache, București, 1977) scrisoarea se găsește la p. 95—97.

## Cap. 1

### ELEMENTE RECAPITULATIVE DE ACUSTICĂ

§ 1. **Acustica muzicală ca ramură a științei sunetelor.** Se știe că sub denumirea de *acustică*<sup>1</sup> se înțelege acea parte a fizicii care se ocupă cu studiul vibrațiilor<sup>2</sup> mediilor elastice, din diferite puncte de vedere: producere, caracteristici, propagare, utilizare etc.

O bandă foarte largă (peste 10 octave) din aceste vibrații — care se manifestă sub formă de sunet (< lat. *sonitus*) — este studiată și din alte puncte de vedere: percepere, efecte fiziologice și psihologice, utilizare în muzică, înregistrare, redare etc. Trebuie avut în vedere că termenul *sunet* are o accepțiune bisemantică, însemnând și o cauză și un efect, adică:

— atât o vibrație acustică capabilă să producă o senzație auditivă prin unda sonoră propagată (fenomen obiectiv),

— cât și efectul acestei unde asupra aparatului auditiv, senzația însăși (fenomen subiectiv).

Datorită acestui bisemantism, se poate vorbi cu egală îndreptățire despre „sunete audibile“ și „sunete neaudibile“, ca și despre „sunete (armonice) auriculare“, pe care urechea le aude, fără a fi totuși produse de vibrații exterioare ei (§ 22).

Clasificarea sunetelor în audibile și neaudibile pleacă de la considerente subiective legate de simțul auzului. Într-o clasificare bazată pe *frecvența de vibrație*,<sup>3</sup> sunetele se împart obiectiv în:

<sup>1</sup> După fr. *acoustique* < gr. *akoustikos* „care se referă la auz“, provenit din gr. *akouein* „a auzi“.

<sup>2</sup> Prin *vibrație acustică* se înțelege mișcarea particulelor unui mediu elastic de o parte și de alta a poziției de echilibru. După STAS 1957/1—74 (Acustică fizică, terminologie), *vibrație* este sinonim cu *oscilație*. Ca și marea majoritate a sinonimiilor, aceasta este parțială, fiind valabilă numai pentru frecvențe relativ înalte. Dovadă: nu se poate spune, de exemplu, „pendulul sau leagănul *vibrează*“, ci *oscilează*.

<sup>3</sup> Frecvența este numărul de oscilații (vibrații) complete (dus-întors) efectuate într-o secundă de un corp care vibrează. Se măsoară în cicli/secundă sau în *herți*, simbol Hz (1 Hz = 1 oscilație completă pe secundă). Denumirea ultimă a fost dată în amintirea fizicianului german H. R. Hertz (1857—1894), care a descoperit existența undelor electromagnetice.

— *infrasunete*, cu frecvența sub 16 Hz; undele seismice, bătaile inimii sau oscilațiile pendulului intră în această categorie;

— *sunete*, cu frecvența cuprinsă între 16—20 și 16 000—20 000 Hz;

— *ultrasunete*, cu frecvența peste 20 000 Hz; sint produse și utilizate în tehnică, iar în natură le emite botul liliacului și al delfinului etc.;

— *hipersunete*, cu frecvență mult mai mare, comparabilă cu aceea a luminii, adică a oscilațiilor electromagnetice.

Noțiunea de frecvență a fost introdusă după ce Galileo Galilei (1564—1642) a descoperit că înălțimea sunetului depinde de numărul de vibrații al sursei sonore. Fostul său discipol, Marin Mersenne (1588—1648), a determinat pentru prima dată frecvența absolută a două sunete care formează un interval muzical, sunete a căror înălțime era pînă atunci considerată în lungimi de coardă sonoră (jumătatea coardei dă octava, o treime de coardă dă cvinta perfectă a octavei etc., § 18, b—e). Mai târziu, grație lui Joseph Sauveur considerat creatorul acusticii muzicale, noțiunea de frecvență a devenit de utilizare generală, odată cu aparatele respective de măsurare.

Senzații auditive se obțin numai de la ceea ce am numit aici „sunete”. Hotarul dintre acestea și categoriile vecine depinde de vîrsta și însușirile individuale ale ascultătorilor. Cifrele date, care nu sînt absolute, se referă la ascultători otologici normali (persoane sănătoase, cu aparatul auditiv normal, în etate de 18—25 de ani). Pentru scopurile noastre vom considera — simplificînd fără inconveniente — că domeniul audibil are întinderea de 16—16 000 Hz. Notăm că benzile sonore de la marginile acestui domeniu sînt ca și lipsite de caracter muzical. Urechea nu percepe cu exactitate înălțimea sunetelor respective și cu atît mai puțin valoarea intervalelor muzicale dintre ele.

\*

Îmbogățirea continuă a conținutului acusticii și necesitățile specializării, impuse de scopurile urmărite și de cerințele vieții, au făcut ca din această știință să se desprindă cu timpul, și în deosebi de pe la începutul secolului trecut, mai multe ramuri:

— *acustica fizică*, studiul general al fenomenelor de producere, propagare și receptare a oscilațiilor sonore, în funcție de caracteristicile mecanice ale mediului în care se dezvoltă aceste fenomene;

— *acustica arhitectonică*, asigurarea calităților cerute construcțiilor și unor încăperi cu destinație specială, săli de spectacole studiouri de radio și altele;

— *acustica fiziologică și psihologică*, aspectele fiziologice și psihologice ale fenomenelor studiate de acustica fizică, ca de exemplu cercetarea mecanismului de percepere și conștientizare a sunetelor, condițiile de emisie a vocii și calitățile acesteia, acțiunea sunetelor asupra fizicului și psihicului uman etc.;

— *electroacustica*, producerea, înregistrarea, reproducerea, prelucrarea etc. sunetelor prin mijloace electrice și electronice;

— *acustica tehnică*, construcția aparatajului necesar studiilor și aplicațiilor acusticii, construcția instrumentelor muzicale etc.;

— *acustica muzicală*, al cărei obiect îl constituie studiul fenomenelor sonore care stau la baza artei sunetelor,<sup>4</sup> în măsura în care analiza, teoria și practica lor pot contribui la fundamentarea laturii obiective (și în parte subiective) a muzicii, explicînd ceea ce este posibil și contribuind la progresul unora din componentele ei. În acest cadru de principiu, acustica muzicală studiază producerea sunetelor<sup>5</sup> la instrumentele muzicale, caracteristicile unora și ale altora, caracteristicile fizice și psiho-fiziologice ale sunetelor muzicale, structura intervalelor muzicale (din punct de vedere fizico-matematic) cu implicațiile psiho-fiziologice corespunzătoare, organizarea intervalelor în moduri, game și acorduri din punct de vedere obiectiv etc.

\*

Experimental și teoretic, încă din antichitatea îndepărtată acustica muzicală (denumire care datează abia din secolul trecut) a constituit punctul de plecare al cercetărilor din care avea să se nască și să se dezvolte, după Renaștere, acustica generală. În antichitate erau cunoscute și aplicate elemente de acustică tehnică (construcția de instrumente muzicale) și chiar arhitectonică.<sup>6</sup> Teo-

După STAS 1957/4—74, acustica muzicală reprezintă un domeniu al acusticii care se ocupă de studiul legilor de combinare melodică a sunetelor. S-ar înțelege de aici că acustica muzicală poate forma un capitol dintr-un tratat de compoziție...

<sup>4</sup> Urmînd a defini mai departe sunetul muzical, notăm aici că vechea distincție între acesta și zgomot este astăzi depășită. Motivul: orice eveniment sonor poate crea o informație estetică, în dependență de diverși factori și mai ales de relația psihologică stabilită între destinatarul mesajului acustic și sursa material-ideatică a acestuia din urmă.

<sup>6</sup> În „De architectura (libri X)”, scrisă de Vitruvius Pollio cu vreo sfert de secol înainte de erea noastră, se dau detalii privind construcția teatrelor cu acustică bună, se descriu procedee de îmbunătățire a audicienței în teatrele existente și se arată construcția orgilor hidraulice. În legătură cu toate acestea se expun elemente de teorie muzicală preluate de la Aristoxenos din Tarent (sec. IV î.e.n.), un discipol al lui Aristotel. Cartea lui Vitruviu a fost tradusă în limba română în 1964 sub titlul „Despre arhitectură” (Ed. Acad. R.S.R.).

ria sunetelor și a intervalelor se studia pe monocord cel puțin din timpul lui Pitagora. În templele și piramidele egiptene sînt reprezentați muzicanți care cîntă la flaut și la harpă.

Primele experiențe de acustică despre care avem cunoștință, opera școlii pitagorice, au avut ca obiect determinări relative la teoria muzicală. Se întîlnesc destule exemple de cercetări și aplicații acustice cu finalitate muzicală și la alte popoare ale antichității (chinezi, indieni, sumerieni, babilonieni etc.). Singura acustica psiho-fiziologică și electroacustica sînt creații mai aproape de vremea noastră: prima după 1800, iar a doua după 1900.

Se poate afirma lapidar: *în acustica generală, la început a fost teoria muzicală* — adevăr tot atît de uitat astăzi ca și cel al judecății inverse: *în teoria muzicală, la început a fost acustica*.

Unul dintre scopurile urmărite de autor este acela de a scoate din uitare aceste două adevăruri și a le prezenta cititorilor în aspectele lor esențiale, acelea care leagă știința vibrațiilor audibile de arta sunetelor.

§ 2. **Oscilațiile — formă specială de mișcare a corpurilor și a particulelor.** În acest paragraf și în cel următor se recapitulează o serie de noțiuni fundamentale de acustică generală, constînd mai mult din definiții, cu explicațiile și comentariile considerate indispensabile. De asemenea, se arată unele aplicații la teoria și practica muzicală, rămînd ca în cursul lucrării acestea să fie completate după necesitate.

a) *Scurtă analiză a fenomenului oscilațiilor.* Diapazonul se obține dintr-o vergea de oțel prin îndoire treptată (fig. 1). Se construiesc de diferite dimensiuni, mai mici și mai mari decît ale diapazonului dirijorului de cor. Lovind unul din brațe, se constată

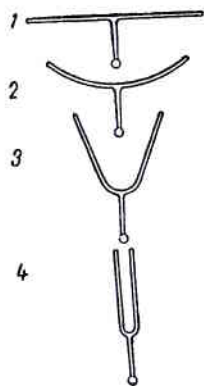
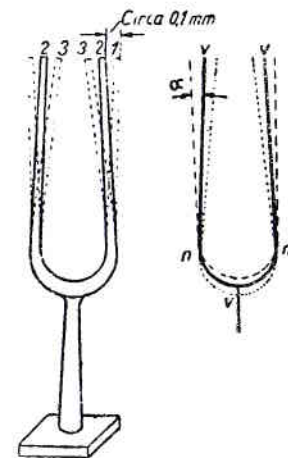


Fig. 1. Obținerea diapazonului dintr-o vergea.

Fig. 2. Oscilațiile maxime ale brațelor diapazonului (pe figură sînt exagerate; în realitate sînt de circa 0,1 mm între punctele extreme). Distanța 2—1 = 2—3 este amplitudinea liniară; unghiul  $\alpha$  este amplitudinea unghiulară.



că — datorită elasticității oțelului — ambele brațe intră în oscilație (vibrație<sup>7</sup>), ele fiind de fapt cîte o jumătate de vergea.

Filmînd mișcarea oscilatorie și proiectînd pelicula respectivă cu viteză suficient de mică, s-ar vedea că cele două ramuri parcurg simultan drumurile 1—2—3—2—1 din fig. 2, adică se deplasează egal de o parte și de alta a poziției de echilibru (repaus), efectuînd astfel mișcarea vibratorie (oscilatorie).

Evident, depărtarea fiecărui braț de la poziția de echilibru variază moment cu moment. Ea se numește *elongație* și este maximă atunci cînd vîrfurile fiecărui braț a ajuns în punctele 1 și 3. În cursul vibrației, elongația maximă a unui punct oarecare scade treptat și în scurt timp se anulează. Este un lucru de așteptat, deoarece energia cinetică furnizată diapazonului o singură dată, prin lovire, este transformată continuu în căldură prin frecări interne și cu aerul și în energia necesară propagării undelor sonore.

Oscilația efectuată pe drumul 1—2—3 este *simplă* (un „dus“ sau un „întors“); cea de pe drumul 1—2—3—2—1 este *completă* (un „dus-întors“). Urmează că o oscilație completă este egală cu două oscilații simple. Spunînd că frecvența de vibrație a diapazonului este de 440 Hz, înțelegem că vorbim despre vibrații complete. În unele lucrări străine frecvența este măsurată prin vibrații simple și astfel citim, de exemplu, că sunetul *la* al diapazonului este

<sup>7</sup> Vorbînd în termeni de logică, sferile noțiunilor „vibrație“ și „oscilație“ nu sînt identice, ci ordinate: toate vibrațiile sînt oscilații, dar numai unele oscilații sînt vibrații (și anume cele cu frecvență relativ mare). Să se vadă și nota 2 din acest capitol.

produs de 880 de vibrații pe secundă.<sup>8</sup> Numărul este uneori imprimat pe instrument. Înălțimea sunetului este desigur aceeași. În țara noastră se consideră totdeauna vibrații complete.<sup>9</sup>

Timpul în care are loc deplasarea 1—2—3—2—1 (sau 2—1—2—3—2) se numește *perioada mișcării de oscilație* și se notează cu litera *T*. Deoarece diapazonul efectuează 440 de perioade pe secundă, rezultă că durata unei singure perioade este de  $1/440$  s, corespunzător formulei  $T=1/f$ . Frecvența fiind constantă, perioada va fi și ea constantă și de aceea mișcarea brațelor diapazonului este *periodică*. Ea intră deci în categoria generală a fenomenelor periodice, fenomene care se repetă identic la intervale egale de timp.

O caracteristică importantă a mișcării oscilatorii este mărimea maximă a deplasării punctelor care oscilează de o parte și de alta a poziției de echilibru. Pe fig. 2, deplasarea (elongația) maximă este 2—1=2—3, în primul moment al intrării în vibrație. Ea se numește *amplitudine liniară de oscilație*.

Amplitudinea liniară diferă de la un punct la altul al ramurilor diapazonului (la fel la coarde etc.). Ea scade de la vîrfuri spre punctele notate cu *n* pe fig. 2, unde este nulă (acolo nu există vibrație); punctele *n* sînt *noduri de amplitudine*. În punctele notate cu *v* (*ventre de amplitudine*) deplasarea este maximă. La o coardă se formează un centru de amplitudine la mijloc și două noduri de amplitudine la extremități, în punctele de fixare. Coarda ia astfel forma unui fus.

Unghiul  $\alpha$  maxim de pe fig. 2 măsoară *amplitudinea unghiulară de oscilație*. Ca și amplitudinea liniară a vîrfului diapazonului (0,1 mm la 100 mm lungime a brațului), amplitudinea unghiulară este foarte mică. Unghiul  $\alpha$  este mult mai mic decît  $1^\circ$ . În această situație, oscilațiile ramurilor diapazonului sînt *izocrone*<sup>10</sup> (gr. *isochronos* „cu aceeași durată”), adică perioada lor de oscilație este

<sup>8</sup> În asemenea lucrări se utilizează și expresiile *vibrații duble* (v.d.) sau *cicli pe secundă* (c/s). Frecvența sunetului dat de diapazon este atunci de 440 v.d. sau 440 c/s. Noi vom spune numai 440 Hz.

<sup>9</sup> STAS 6342—61 stabilește că frecvența sunetului de acordare (frecvența muzicală normală) este de 440 Hz. Acordarea instrumentelor muzicale trebuie realizată folosind mijloace care produc un sunet de  $440 \pm 0,5$  Hz. Variația în timp a frecvenței sunetului la de acordare este expusă în § 20, a.

<sup>10</sup> Fenomenul izocronismului micilor oscilații (sub  $4-5^\circ$ ) a fost descoperit de Galileo Galilei (1564—1642) în anul 1583, folosind drept măsură a timpului bătăile propriului puls. El observa, în domul din Pisa, oscilațiile unui candelabru susținut de un lanț cu lungimea de 12 m. Cu formula de calcul a pendulului, se găsește că perioada de oscilație era de 7 secunde.

constantă. Izocronismul oscilațiilor diapazonului se datorește forței elastice a metalului deformat prin lovire.<sup>11</sup>

Deoarece una din condițiile care se cer sunetelor muzicale este constanța spontană a frecvenței (înălțimii) lor, înseamnă că muzica nu ar fi posibilă fără fenomenul izocronismului. Variația frecvenței unui sunet muzical trebuie să fie posibilă numai prin voința executantului, la instrumentele care o permit (vocea, instrumentele cu coardă și arcuș etc.).

Mărimea amplitudinii de vibrație determină caracteristica obiectivă a sunetului numită *intensitate*, căreia îi corespunde caracteristica subiectivă numită *tărie* (a sunetului).

\*

Mișcarea ramurilor diapazonului între pozițiile 1 și 3 are loc cu viteză variabilă; aceasta crește în sensurile  $1 \rightarrow 2$  și  $3 \rightarrow 2$  și scade în sensurile  $2 \rightarrow 1$  și  $2 \rightarrow 3$ . În punctele 1 și 3 viteza este nulă, trebuind să-și schimbe sensul, pe cînd în 2 este maximă.

Variația de viteză descrisă implică existența unor accelerații pozitive și negative. În oscilația brațelor diapazonului, accelerația punctelor este proporțională cu elongațiile respective, dar de sens contrar acestora (cînd accelerația unui punct crește dinspre 1 spre 2, elongația punctului scade). Mișcarea de acest tip se numește *oscilație armonică simplă*. În general vorbind, *mișcarea oscilatorie armonică* este mișcarea periodică a unui punct material în care parametrul geometric (în cazul de față elongația) se exprimă printr-o funcție armonică liniară de timp (sinusoidală sau cosinusoidală), cum se va detalia mai jos.

Vibrațiile părților sonore ale instrumentelor muzicale sînt formate din concomitența mai multor oscilații armonice simple. Iau astfel naștere *sunete complexe*, formate din suprapunerea mai multor *sunete simple* (*pure*), de tipul celui al diapazonului.

Mai rămîne de adăugat că viteza (variabilă) cu care oscilează o particulă în jurul unei poziții medii nu trebuie confundată cu viteza cu care se propagă oscilația în mediul înconjurător. Sînt noțiuni cu totul deosebite. Prima, variabilă, cum s-a arătat, depinde de caracteristicile elementului oscilant și ale oscilației înseși — pe cînd a doua depinde de caracteristicile mediului de propagare. În condiții obișnuite, viteza de propagare este constantă într-un mediu dat și nu depinde nici de frecvență și nici de am-

<sup>11</sup> Unele oscilații izocrone sînt produse de o forță nelastică. În cazul pendulului ele iau naștere datorită forței de gravitație a pămîntului, pentru amplitudini unghiulare de pînă la  $4-5^\circ$ .