

CHAPTER I

SOUND AND HEARING

1. Since the music we propose shall be treated in the manner of a philosophical discipline, in which nothing is allowed to be advanced, unless the precepts and truth of which may be able to be demonstrated from what has preceded, thus before everything else, these principles are to be put in place regarding sound and hearing, of which the former concerns the principles on which the essence of music is based, but the goal and end of the latter is to embrace the pleasure of hearing. For music teaches how to produce and skillfully combine sounds, in order that a pleasing harmony may affect the sense of hearing pleasantly. And thus what is required to be put in place in our institution of sounds, are the nature, production, and the varieties of these ; concerning which matters, it is from physics and mathematics that we shall be able to acquire a sufficient understanding. If truly these particular organs of hearing may be considered, then we will understand the reasons for the perception of sounds. But just how much usefulness these are going to bring to the fundamental foundations and confirmation of music, thus it will be evident for each, how much the charm of sounds may depend on the account of these perceptions, and by which ought to be explained.

2. All those who have at least perhaps written about this, decide that sound to be present in air, and that as it were to be the vehicle by which it may be carried around from the source. Truly neither can this matter be had otherwise, since nothing except air is present, which surround our ears and may be able to produce the change in these. For whatever it may be objected, the account of hearing perhaps to be compared in the same way as smell and sight, which senses not the air, but are excited by the emissions flowing from the object, yet with the aid of pneumatic pumps, if the source of the sounds may be set up in a place with the air evacuated, thus so that hence it may have no communication with the air, clearly no sound can be perceived, however close you may approach. And immediately the inflow of air is permitted, sound is heard again. From which it follows that the air and the changes produced in that by the source of the sound, to be the true and nearest source of the sound.

3. So that truly it may be agreed, which shall be that the changes and modification of the air shall be exciting the sense of sound, it will be agreed that the particular cause be examined, by which sound is produced, and the effect on the air arising from that to be examined. *Hanc ob rem attendamus ad chordam tensam, quae pulsata sonum edit. At pulsu in chorda nihil aliud efficitur nisi motus tremulus, quo ea intra suos terminos nunc cis nunc ultra situm quietis velocissime extravagatur. In crassioribus quidem chordis hic motus etiam oculis facile percipitur, in tenuioribus vero etiamsi cemi nequeat, inesse tamen non dubitandum est. Praeterea qui vel manu campanam sonantem attingit, totam contremiscentem sentiet. Denique vero mox ex Mechanicae legibus ostendetur tam chordam quam campanam praeter motum tremulum a pulsu nil aliud recipere posse; et hanc ob rem statui debet soni rationem in solo motu tremulo esse quaerendam.*

4. Cum igitur aëris mutatio, quam corpus tremulum in eo producit, sensum soni immediate efficiat et excitet, inquirendum est, quomodo aër a corpore tremulo afficiatur. Videmus autem motum tremulum consistere in successivarum vibrationu In repetitione. Risee singulis vibrationibus aër corpus tremulum ambiens percutitur similesque vibrationes recipit, quas pari modo in posteriores particulas aëreas transfert. Hacque igitur ratione istiusmodi pulsus et vibrationes in toto circumfuso aëre excitantur atque ista pulsum in aërem translatio peragitur qualibet corporis tremuli vibratione. Ex quibus perspicitur singulas aëris particulas simili motu vibratorio contremiscere debere, quo ipsum corpus; hoc tantum discrimine, quod pulsus eo minores et debiliores fiant, quo longius a fonte distent, douce tandem in nimis magna distantia nil amplius percipi possit.

5. Ex his intelligitur praeter pulsus per aërem promotos a corpore sonante ad aures nihil deferri; quamobrem necesse est, ut hi ipsi pulsus in aëre excitati et in organum auditus incurrentes soni sensum producant. Hoc vero modo sensatio absolvitur: Exstat in interna auris cavitate membrana expansa a similitudine tympanum dicta, quae ictus aëris recipit eosque ulterius ad nervos auditorios promovet; hocque fit, ut, dum nervi affliuntur, sonus sentiatur. Est igitur sonus nihil aliud nisi perceptio ictuum successivorum, qui in particulis aëris, quae circa auditus organum versantur, eveniunt, ita ut, quaecunque res huiusmodi ictus in aëre producere valeat, ea etiam ad sonum edendum sit accommodata.

6. Propagatio soni per aërem non perficitur puncto temporis, sed determinato tempore opus habet, quo per datum spatium propellatur. Motus autem, quo progreditur, est aequabilis et neque a vehementia soni neque eius qualitate pendet. Progreditur vero omnis sonus, ut tam ex experimentis apparet, quam ex computatione theoretica aëris et pulsum natura colligera licet, tempore minuti secundi per spatium 1100 pedum Rhenanorum, duo busque minutis secundis percurrit 2200 pedes, tribus 3300 et ita porro. Observamus etiam hanc sonorum tarditatem quotidie; longius enin1 distantis tormenti, cum exploditur, sonitum aliquanto post fulgetrum percipimus, cum tamen tormento propius adstantes utrumque simul sentiamus. Ob similem caussam etiam tonitru demum post fulgur audimus, et vocum repetitiones nonnullis In lacis, quae echo dicuntur, tardius ipsum clamorem sequuntur.

7. Quidquid igitur minimas aëris particulas ita commovere valet, ut huiusmodi motum tremulum recipiant, id etiam sonum producet. Ad hoc vero efficiendum non solum corpora dura sunt idonea, sed praeter ea duo alii reperiuntur modi sonos edendi; ex quo etiam tria sonorum genera, si ad caussas respiciatur, nascuntur. Primum est eorum, qui a corpore tremulo oriuntur, cuiusmodi sunt chordarum campanarumque soni. Alterum genus eos comprehendit, qui ab aëre vehementer compressa seseque subito restituente proficiscuntur, ut soni sclopetorum, tormentorum, tonitru et virgae per aërem celerrime vibratae. Ad tertium referuntur soni instrumentorum, quae inflata tinniunt, ut fistulae, tibiae etc., quorum sonorum caussam non a motu tremulo materiae, ex qua tibiae constant, pendere infra docebitur.

8. Ex primo genere praecipue considerandae sunt chordae tensae sive ex metallo sive ex intestinis animalium confectae, quae vel pulsatione vel attritione ad sonum edendum cientur. Pulsantur et vellicantur quoque in clavicyrnbalis, cytharis aliisque huius generis instrumentis; atteruntur vero in panduris, violinis ope pilorum equinorum tensorum, quibus colophonio scabrities est inducta. Utroque modo chordae motum tremulum recipiunt; etenim primo ex quiete si tuque naturali detorquentur, quo facto se in situm naturalem restituere conantur et revera mo tu accelerato in eum properant. At ingentem celeritatem, quam acquisiverunt, cum eo pervenerunt, subito amittere non possunt, neque ideo in eo statu quiescere. Quamo brem eas ultra excurrere necesse est similique modo eo reverti; atque hae oscillationes tamdiu durahunt, quoad ob resistantiam plane evanescant.

9. Quot autem huiusmodi oscillationes chorda pulsata seu quovis modo tremula facta dato tempore absolvat, ex legibus motus calculo definiri potest, si ad longitudinem chordae eiusque pondus et vim tendentem respiciatur. At longitudo pondusque non sumi debent totius chordae, sed eius solum partis, quae tremula redditur sonumque edit et quae duobus hypomochliis ab integra chorda separari solet. His scilicet impeditur, quominus tota chorda vibrationes perficiat, sed tanta eius solum portio, quanta placet. Quo autem vis tendens cognoscatur, maxime expedit, chordae altero termino fixo, alteri pondus appendere, locum vis tendentis sustinens. His positis si longitudo chordae sonantis sit a partium millesimarum pedis Rhenani pondusque appensum se habeat ad pondus chordae ut n ad 1, erit numerus oscillationum, quem haec chorda minuto secundo absolvit, hic

$$\frac{355}{113} \sqrt{\frac{3166n}{a}},$$

ubi 113: 355 denotat rationem diametri ad peripheriam circuli, 3166 scrupuli praebent longitudinem penduli singulis secundis oscillantis.

10. Oscillationes hae, quoad durant, sunt isochronae seu omnes absolvuntur aequalibus temporis intervallis, neque magnitudo earum hanc regulam turbat, nisi forte, cum chorda nimis vehementer pulsatur, ipso principio vibrationes sunt celeriores. Chordarum scilicet eadem est ratio quae pendulorum, quorum oscillationes, si sunt admodum exiguae, omnes sunt aequitemporaneae. Ut regulam superiori paragrapho datam exemplo illustrarem, sumsi chordam longitudinis 1510 part. milles. ped. Rh., quae ponderabat $6\frac{1}{5}$ gr.; tetendi hanc pondere 6 libr. seu 46080 gran. Quibus cum paragrapho praecedente comparatis erit

$$a = 1510$$

et

$$n = 46080 : 6\frac{1}{5} = 7432.$$

Quare numerus minuto sec. editarum vibrationum erit

$$\frac{355}{113} \sqrt{\frac{3166 \cdot 7432}{1510}} \text{ i.e. } 392.$$

Huic autem sono congruere deprehendi in instrumento clavem signatam *a*.

11. Si plures habeantur chordae tensae, facile ratio, quam earum vibrationes inter se habent, determinatur; est scilicet in qualibet chorda numerus vibrationum dato tempore editarum ut $\sqrt{\frac{n}{a}}$ i. e. ut *radix quadrata ex pondere a tendente diviso et per pondus chordae et per eius longitudinem*. Si ergo chordae fuerint eiusdem longitudinis, erunt vibrationum eodem tempore editarum numeri ut *radices quadratae ex ponderibus tendentibus divisus per pondera chordarum*. Si chordae et longitudine et pondere fuerint aequales, erunt vibrationum numeri ut *radices quadratae ex ponderibus tendentibus*. Atque si pondera tendentia sint aequalia et ipsae chordae tantum longitudine differant, erunt vibrationum numeri reciproce ut *radices quadratae ex longitudine ducta in pondus, i. e. reciproce ut longitudines chordarum*, quia pondera longitudinibus sunt proportionalia.

12. A tarditate et celeritate vibrationum pendet sonorum distinctio in graves et acutos, eoque sonum graviorem esse dicimus, quo pauciores vibrationes eodem tempore auditus organum feriunt, eoque acutiorem, quo plures eiusmodi vibrationes eodem tempore sentiuntur. Veritas huius ex ipsa experientia constat; si enim eidem chordae successive varia pondera appendantur, sonos ab iis editos acutiores percipimus, si maiora sint pondera appensa, at graviore erunt, quo pondera sunt minora. Certum autem est ex praecedentibus maiora pondera celeriores vibrationes producere. Hanc ob rem, cum in musica praecipue sonorum gravitatis et acuminis discrimen spectetur, ipsos sonos secundum vibrationum certo quodam tempore editarum numerum metiemur, seu sonos ut quantitates considerabimus, quarum mensuras vibrationum determinato tempore editarum numeri constituunt.

13. Quemadmodum vero nostris sententibus res neque nimis magnas neque nimis parvas concipere possumus, ita etiam in sonis quae pianissimo mediocritas requiritur; sonique omnes sensibiles intra certos terminos erunt constituti, quos qui transgrediuntur, propter nimiam vel gravitatem vel acumen auditus sensum amplius non afficiant. Termini isti quodammodo possunt determinari; cum enim sonus *a* inventus sit edere 392 vibrationes minuto secundo, sonus littera *C* signatus interim 118 absolvit et sonus $\overset{=}{c}$ 1888. Si iam ponamus sonos duabus octavis et acutiores et graviore audiri adhuc vix posse, habebimus extremos perceptibiles sonos numeris 30 et 7520 expressos; quod intervallum satis est amplum et ingentem sonorum variationem admittit, quippe quod octo intervalla octavas dicta complectitur.

14. Post discrimen sonorum gravium et acutorum consideranda est eorum vehementia et debilitas. Est autem vehementia eiusdem soni diversa pro auditoris loco; quo enim longius auditor a chorda pulsata distat, eo debiliorem percipit sonum, cum propagatio

pulsuum uti luminis per aërem perpetuo fiat languidior. Ratio huius decrementi est, quod in maioribus distantiiis sonus in mains spatium diffundatur; scilicet in dupla distantia spatium, quo est perceptibilis, est quadruplo maius quam in simpla; quamobrem cum ibi aggregatum omnium pulsuum aequae est magnum ac hic, sequitur sonum in dupla distantia esse quadruplo debiliorem. Similiter in tripla distantia noncuplo debiliorem esse oportet et ita porro, ita ut vehementia soni in duplicata ratione distantiarum decrescere debeat.

15. Haec ita se habent, si sonus quaquaversus se aequaliter expandit. At si eiusmodi fuerint circumstantiae, ut sonus in unam plagam magis propellatur quam in aliam, fortior quoque ibi percipietur, quare iuxta regulam oporteret. Ut si quis per tubum vociferatur, is, qui aurem ad alteram extremitatem tubi admovet, sonum propemodum tam vehementem sentiet, quare si ex ipso ore clamantis vocero excepisset. Similis est ratio tubarum stentoreoponicarum, per quas sonus potius in eam regionem, in qua tuba dirigitur, propellitur quare in aliam ob eamque causam fortior evadit. Heflectuntur enim etiam soni ut radii luminis a superficie laevi et dura, atque hoc modo radiorum sonorum, quos ad similitudinem radiorum lucidorum ita appellare liceat, directio immutatur, quo fieri potest, ut plures in eundem locum coniciantur.

16. Cum chorda pulsata quavis oscillatione pulsus per aërem transmittat, necesse est, ut eius motus perpetuo fiat remissior ideoque sonus debilior. Utique observatur hoc in chordis vibrantibus; initio enim sonus est maxime intensus, tum vero pedetentim fit languidior, donec tandem prorsus cesset; interim tamen oscillationes manent isochronae sonusque nihilominus eundem gravitatis et acuminis gradum retinet. Pendet haec intensitas ipso initio in eadem chorda a vi pulsante, ut, quo maior haec sit, eo fortior quoque prodeat sonus. Initio tamen, si pulsatio fuerit nimis vehemens chordaeque detorsio ex situ naturali nimis magna, sonus acutior editur quam postea; atque cum oscillationes maius spatium occupent, aëri non tam regulares vibrationes imprimuntur; quo fit, ut soni tum minus grati minusque distincti edantur.

17. Evenit hoc potissimum, si chorda nimis est laxa neque satis tensa; tum enim maiores in oscillando redduntur excursionses <sonusque neque aequabilis neque gratus existit. Hanc ob causam ad sonos suaves et aequabiles producendos requiritur, ut chordae, quantum fieri potest, tendantur tantaque pondera appendantur, ut tantum non disrumpantur. Vis autem chordarum ex eadem materia confectarum est crassitie proportionalis, quare et pondera tendentia chordas ad ruptionem usque sunt ut crassities. Sed chordarum crassities sunt suis ponderibus per longitudinem divisas proportionales, propterea pondera tendentia debent esse in chordarum ponderum ratione directa et longitudinum inversa. Id est, si ponatur chordae pondus q , longitudo a pondusque tendens p , oportet sit p ut $\frac{q}{a}$, seu $\frac{ap}{q}$ debet esse constantis magnitudinis.

18. Quo autem soni proveniant aequaliter fortes, oportet praeter longitudinem chordae pondusque tendens attendere ad vim pulsanter. Locus etiam, quo chorda vellicatur vel

pulsatur, considerandus esset; sed si ponamus chordas omnes in medio vel, quod eodem redit, in locis similibus impelli, haec conditio in computum non ingredietur. Ex hoc fit, ut, quo maior sit vis pulsans, eo fortior evadat sonus. Soient autem omnia fere instrumenta musica ita esse confecta, ut cunctae chordae aequaliter percutiantur, quamobrem vim pulsantem semper eandem ponemus. Vehementia deinde soni pendet a celeritate, qua aëris particulae quavis chordae vibratione in aurem impingunt, haecque ex celeritate chordae maxima est aestimanda. Est vero haec celeritas proportionalis radici quadratae ex pondere chordam tendente diviso per longitudinem eius. Consequenter, quo soni fiant aequabiles, necesse est, ut pondus tendens semper sit ut chordae longitudo.

19. Manentibus ergo superioribus litteris a , p et q debet esse $\frac{p}{a}$ ubique eiusdem magnitudinis. Ante vero iam est inventum $\frac{ap}{q}$ constans esse oportere, quare hoc per illud diviso quotus prodiens aa debet esse constans seu $\frac{q}{a}$ ad a eandem in omnibus chordis tenere rationem. Sed $\frac{q}{a}$ est chordae crassitiei proportionalis, adeoque chordae crassities longitudini proportionalis esse debet, similiterque etiam eidem longitudini pondus tendens. Ipse autem sonus editus est ut $\sqrt{\frac{p}{aq}}$; in quo si loco p et q proportionalia a et a^2 substituantur, erit sonus reciproce ut chordae longitudo. Hanc ob rem et pondus tendens et longitudinem et pondus chordae proportionalia esse oportet reciproce ipsi sono edendo seu numero vibrationum dato tempore absolvendarum. Quae regula in conficiendis instrumentis musicis eximium habebit usum.

20. Diximus sonum minus fore gratum, si chorda non fuerit satis tensa, propterea quod excursions inter vibrandum factae sint nimis amplae ab iisque aër potius instar venti promoveatur, quam ad oscillationes peragendas incitetur. Nisi enim subito ingenti celeritate aër percutiatur, non facile motum tremulum, qualis ad sonum requiritur, recipit; quo autem magis chorda est tensa, eo maiorem statim post pulsum habet celeritatem. Accedit ad hoc, quod iam est notatum, ampliores vibrationes minoribus non esse isochronas, unde sonus pedetentim fit gravior neque idem permanet. Deinde facile evenit, ut tota chorda non simul oscillationes absolvat, sed alia eius pars citius, alia tardius tam ad maximam celeritatem quam ad quietem perveniat, ex quo sonus inaequabilis et asper existit.

21. Praeter has sonorum differentias in musica etiam ad durationem sonorum respicitur. In multis quidem instrumentis sonos pro lubitu pralongare non licet, ut in iis, quibus chordae pulsu vel vellicatione excitantur. Namque in his soni pedetentim fiunt debiliores et mox penitus cessant; et hanc ob rem sonorum durationibus non tantum effici potest, quantum in iis instrumentis, quibus soni, quoad durant, eandem vim retinent et, quamdiu placet, produci possunt. Huiusmodi sunt ea, quorum chordae plectro atteruntur, atque quae tibiis sunt instructa aliisque, quae vento cientur, instrumentis, ut Organum Pneumaticum aliaque plura. Ista prae reliquis hanc habent praerogativam, ut

omnis suavitas, quae duratione sonorum existit, perfecte possit exprimi et produci.
Mensuratur autem soni duratio ex tempore inter initium et finem interiecto.

22. Hactenus ex primo sonorum genere, qui a corpore tremulo originem habent, sonos tantum chordarum contemplati sumus simulque etiam primarias sonorum differentias enumeravimus et exposuimus. Nunc igitur, antequam ad reliqua genera progrediamur, alia quoque instrumenta consideranda sunt, quae sonos ad hoc genus pertinentes edunt. Huiusmodi sunt campanae, quae pulsatae totae contremiscunt sonumque edunt. Difficillimum quidem esset ex campanae forma pondereque cognitis, qualem sonum datura sit, determinare; attamen, si campanae fuerint similes et ex eadem materia confectae, facile apparet sonos tenere rationem reciprocam triplicatam ponderum, ita ut campana octuplo levior edat sonum eodem tempore duplo plures oscillationes absolventem et, quae vicies septies fuerit levior, peragat vibrationes triplo frequentiores.

23. Habentur praeterea instrumenta musica baculis elasticis vel ex metallo, quibus campanarum sonos imitantur, vel ex ligno duriore confectis. De his, siquidem formam habent cylindricam vel prismaticam, facilius est certi quidpiam statuere; soni enim tantum a longitudine pendere videntur, cum quaelibet fibra in longitudinem extensa vibrationes seorsim perficere censenda sit. Erunt autem soni seu vibrationum eodem tempore editarum numeri reciproce ut quadrata longitudinum baculorum, siquidem baculi ex eadem materia fuerint fabricati. Ex diversa enim materia constantium prismatum soni non solum a gravitatis specificae ratione pendent, sed etiam cohaesionis et elateris materiae rationem nosse necesse est eum, qui ipsos sonos ex theoria determinare suscepit.

24. Ad secundam sonorum classem eos retuli sonos, qui vel notabili aëris vehementer compressi copia subito dimissa vel validiore aëris percussione oriuntur. Quorum quidem posterior modus priori fere est similis; propter celerrimam enim vibrationem aër e vestigio locum cedere non potest, ex quo fit, ut portio aëris ictum sustinens comprimatur seque, quam primum sibi est relicta, iterum expandat. At aërem compressum derepente se expandentem necesse est mains naturali spatium occupare, et idcirco erit coactus se rursus contrahere, id quod etiam nimium faciet. His igitur alternis contractionibus et expansionibus, corporis tremuli instar, in reliquo aëre pulsus atque in auditus organo sonus producet.

25. Quanquam hoc modo aër qualibet oscillatione in statum suum naturalem pervenit, tamen in eo prius consistere non potest, quam totum suum motum amiserit. Ex Mechanica enim constat corpus cum impetu in situm suum quietis perveniens in eo permanere non posse, sed mo tu iam concepto ultra eum transgredi oportere. Aequae est enim difficile corpus motum subito quiescere ac quiescens moveri; atque tanta vi opus est ad corporis motum tollendum, quanta ad eundem producendum. Hanc ob causam neque pendula oscillantia, cum in situm verticalem pervenerint, quiescere posse videmus neque chordas vibrantes, cum situm naturalem attigerint. Soni vero hoc exposito modo generati brevi tantum tempore durare possunt, nisi echo vel simile quid resonus adsit, quod eos

repetat et protrahat; aër enim motum in tam dissita loca diffundendo proprium motum statim amittat necesse est.

26. Omnes igitur caussae, quae aërem vel iam compressum dimittere vel naturalem comprimere, ita ut se subito possit relaxare, valent, eae etiam ad sonum producendum sunt accommodatae. Quamobrem omnes corporum velociores per aërem motiones sonos generare debent; aër enim propter inertiam corporibus liberrime locum concedere non potest ideoque ab iis comprimitur, qui deinceps se rursus dilatans minimis aëris particulis motum tremulum inducit. Hinc originem ducunt vehementius vibratorum virgarum et omnium per aërem celerius motorum corporum soni. Neque etiam ventorum flatuumque soni sibi alii debentur caussae; anterior enim aër ab insequente posteriore aequè ac a corpore duro compellitur atque comprimitur.

27. Sonorum, qui a repentina dimissione aëris vehementer compressi gignuntur, fortissimi procul ab eis sunt, qui ex pulvere pyrio et tonitruo percipiuntur. Variis enim experimentis constat in pulvere pyrio inesse aërem maxime compressum eique accensione exitum aperiri, unde tam stupendos sonos prodire necesse est. Atque ad nubes constituendas cum vaporibus permultas particulas nitrosas et sulphureas simul ascendere maxime probabile videtur, quae in iis unitae et explosae tantum strepitum edere queant. At cum de huiusmodi sonis difficile sit discernere, quomodo ratione gravitatis et acuminis a se invicem discrepent, omnes ad hoc genus pertinentes soni in musica non sunt recepti; quamobrem oscillationum, quas minimis aëris particulis inducunt, investigationi supersedebimus.

28. Ad tertium sonorum genus pertinent secundum factam initio divisionem soni tiliarum, qui inflatione excitantur. Quorum ratio, ut magis est recondita, ita minori industria quovis tempore est investigata. Nam qui ipsum tubum motum tremulum accipere statuunt atque hoc modo sonos tiliarum ad id genus, quod nobis est primum, referunt, non video, quomodo proprietatibus tiliarum cognitae satisfacere possint. Observatum enim est tibias cylindricas longitudine aequales pares etiam edere sonos, quantumvis tam amplitudine inter se differant quare crassitie atque materia ipsa. Quomodo igitur fieri posset, ut tam diversi tubi similiter contremiscant? Eorum autem sententiam, qui internam tantum superficiem tremulam fieri putant, sola materiei diversitas evertere videtur. Quamobrem causa horum sonorum eiusmodi esse debet, ut a sola tiliarum longitudine pendeat.

29. Quamvis autem sufficeret ad institutum nostrum proprietates duntaxat tiliarum recensere, tamen, cum caussae cognitio semper cuiusque rei notitiam perfectissimam efficere soleat, operam atque diligentiam adhibui, ut veram causam consequerem. Sequenti autem modo, tiliarum structura perpensa, ratiocinium institui. Constat cuicunque tibias esse tubos seu canales altera extremitate peristomium iunctum habentes, quod aërem ex ore vel cista pneumatica recipiat atque per rimam, in quam eius cavitas versus tubum desinit, in tubum emittat. Requiritur autem, ut aër per rimam expulsus non in cavitatem tubi irruat, sed tantum internam superficiem perstringat eique ob-

Quamobrem artifices illud tubi latus, quod rimae est oppositum, excindunt, ne sit contiguum peristomio, atque acuunt, ut aër in ipsam aciem irruat ab eaque quasi findatur, quo tenuior aëris lamella per tubum prorepat.

30. Huiusmodi autem peristomiorum structuram requiri cum experientia demonstrat, tum ipso ore peristomiis imitandis perspicimus. Nam si in tubum peristomio destitutum ore ita aërem infiamus, ut ad internam superficiem irrepat, perinde sonus editus, ac si peristomio tubus esset instructus. Atque ita est variarum tibiarum peristomiis carentium ratio comparata, ut aër eo, quo expositum est, modo inflari debeat, velut videmus in fistulis transversis vocatis aliisque similibus. Praeterea autem, ut iste aër in tubum ingressus sonum efficiat, requiritur primo, ut interna tubi superficies sit laevis, ne motus repens aëris impediatur, tum autem, ut tubi latera sint dura neque aëri irruenti cedere queant, ex quo etiam tertio intelligitur tubum ad latera probe clausum esse oportere.

31. Haec autem, aliaque, quae in tibiis construendis observanda sunt, melius cognoscentur, cum ipsam rationem, qua soni in tibiis formantur, exposuerimus. Ostensum autem iam est neque totius tubi neque interioris tantum superficiem motum tremulum generari. Aër enim sic in tubum intrans eum, qui iam in tubo existit, necessario secundum longitudinem comprimit; quo fit, ut is sese iterum expandat tumque denuo coarctetur atque hoc modo, quoad inflatio durat, oscillationes perficiat bisque sonum producat. Videamus nunc autem, quantus gravitate acumineve hic sonus secundum leges mechanicas futurus sit ratione longitudinis tubi, quo, quam egregie haec explicatio cum phaenomenis congruat, perspiciatur.

32. Corpus, quod oscillationes peragit easque in aërem circumfusum transfert, est aër in tubo contentus, cuius quantitas ex tubi longitudine et amplitudine cognoscitur. Vis vero ad oscillandum impellens est, ut vidimus, aër inflatione secundum tubi internam superficiem irruens. At vis aëri in tubo existenti eum nisum inducens, quo ex statu naturali deturbatus se restituere conatur, et quae efficit, ut illum ipsum, quem absolvit, oscillationum dato tempore numerum absolvat, est pondus atmosphaerae seu ipsa illius aëris vis elastica, quae pressioni incumbentis atmosphaerae aëreae est aequalis. Haecque vis existimanda est ex effectu eius, quem in tubo TORRICELLIANO exserit, in quo argentum vivum ad altitudinem a 22 usque ad 24 digitos pedis Rhenani suspensum tenetur.

33. Huius igitur columnae aëreae, quae in tubo inest, oscillantis similis omnino est ratio ei, qua chorda tensa vibrationes conficit. Ipsa enim chorda comparanda est cum aëre in tubo fistulae contento; ponderis vero chordam tendentis hoc casu locum sustinet atmosphaerae pondus, quae, etiamsi prorsus dissimilia videantur, eo quod chorda a pondere appenso extendatur, aër vero ab atmosphaera comprimatur, tamen, si ad effectum respiciamus, plane inter se aequivalent. Nam quod utraque in formam dis oscillationibus valet, id provenit a vi, quam corpori subiecto tribuit, se in statum naturalem recipiendi. Haec autem, sive compressione in aërem tubi operetur. sive extensione in chordam, eundem producet effectum.

34. Cum igitur aër in tubo fistulae eodem modo oscillationes perficiat quo chorda tensa, poterimus quoque numerum oscillationum dato tempore editarum atque ita ipsum sonum determinare ex iis, quae de chordis vibrantibus tradidimus. Sit tibiae longitudo a in scrup. ped. Rh. expressa, amplitudo bb , gravitas aëris specifica ad eam mercurii ut m ad n et altitudo mercurii in barometro k similium scrupulorum. Habebimus ergo chordam longitudinis a ponderisque $mabb$, quae tenditur a pondere aequali pressioni atmosphaerae; haec vero aequivalet cylindro mercurii, cuius basis est bb , i. e. amplitudo tubi, et altitudo k . Quocirca pondus tendens censendum est $nkbb$. Ex bis invenitur oscillationum minuto secundo editarum numerus

$$\frac{355}{113} \sqrt{\frac{3166nkb}{a-mabb}} = \frac{355}{113a} \sqrt{\frac{3166nk}{m}},$$

cui ipse sonus, quemadmodum eum metiri instituimus, est aequalis.

35. Quia m ad n propemodum eandem semper tenet rationem atque k parum diversis tempestatibus mutatur, erunt soni tiliarum tubos vel cylindricos vel prismaticos habentium inter se reciproce ut longitudines tuborum, ita ut, quo tubi sint breviores, eo soni prodeant acutiores, at longiores tubi sonos graviore reddant. Quod quam egregie cum experientia congruat, quilibet facile intelliget, qui tiliarum proprietates ante commemoratas perpendet, quae huc redibant, ut soni quantitas neque ab amplitudine tubi neque a materie, ex qua tubus sit confectus, sed a sola longitudine pendeat. Quamobrem prorsus non esse dubitandum existimo, quin haec sonorum a tibiis editorum exposita ratio sit genuina et ex ipsa rei natura petita.

36. Eo magis autem haec explicatio no bis confirmabitur, si non solum sonorum horum rationem inspiciamus, sed, quomodo se ha beant ad sonum datae chordae datoque pondere tensae, etiam investigabimus. Nam si experientia constiterit eandem tibiam cum data chorda esse consonam, quam theoria declarat, maximum hoc erit firmamentum. Est vero $\frac{n}{m}$, si maximum habet valorem, quod accidit tempore calidissimo, circiter 12000, at frigidissima tempestate deprehenditur 10000. Similiter si mercurius in barometro ad maximum gradum ascenderit, est $k = 2460$, at plurimum ibidem mercurio descendente est $k = 2260$. Idcirco barometro et thermometro ad maximas altitudines consistentibus erit sonus tibiae $= \frac{960426}{a}$ atque iisdem instrumentis ad minimas altitudines stantibus sonus erit $= \frac{840348}{a}$.

37. Inter hos sumamus medium, quod est $\frac{900387}{a}$ atque tot oscillationes minuto secundo tibia longitudinis a in aëre producet tempestate mediocri. Ergo quae tibia 100 vibrationes minuto secundo edit, ea est longa 9000 scr., i.e. 9 pedes Rhenanos, et quae edit 118 vibrationes atque consona est chordae sonum C in instrumentis signatum exhibentis, longitudinis esse debet 7627 scrup. seu aliquanto plus quam $7\frac{1}{2}$ ped. Rhenan.

Quod etiam satis exacte experientiae respondet; nam vulgo tibia longitudinis 8 ped. assumitur ad sonum *C* edendum, et differentia dimidii pedis penitus est negligenda, eo quod eadem tibia diversis tempestatibus sonos edere queat rationem 840348 ad 960426, i. e. 8 ad 9 tenentes, quod discrimen in tali tibia pluris dimidio pede est aestimandum.

38. Et haec ipsa sonorum diversitas eiusdem tibiae variis tempestatibus veritatem nostrae explicationis magis Confirmat. Experiuntur enim perpetuo Musici, quoties instrumentis chordis instructis simul cum pneumaticis utuntur, haec perquam mutabilia esse atque chordas, quo consonae sint cum tibiis, mox intendi moxque remitti debere. Ac differentiam inter sonum acutissimum et gravissimum eiusdem tibiae esse integri toni circiter, quod est intervallum inter sonos rationem 8 ad 9 tenentes. Praeterea id quoque est observatum tum tibias esse acutiores, quando coelum sit maxime serenum cum summo calore, contra turbidissima cum maximo frigore coniuncta tempestate sonos tiliarum esse graviores. Ex his etiam ratio patet, quare tibia initio gravius sonet, quam cum iam strenue sit inflata; ipso enim usu et inhalatione aëris, qui in tibia inest, calefit ideoque sonus evadit magis acutus.

39. Vehementia sonorum et debilitas a tibiis editorum cum a vi, qua inflantur, pendet tum a ratione, quam tibiae amplitudo ad longitudinem tenet. Similis enim est ratio tiliarum et chordarum, in iisque amplitudo est comparanda cum crassitie harum. Quemadmodum igitur non quaevis chorda ad omnes sonos edendos est apta, sed ad datum sonum certa quaedam crassities requiritur, ita etiam datae longitudinis tibia non pro lubitu ampla vel angusta potest confici, sed dantur limites, quos si transgrediare, nullum prorsus sonum tibia sit editura. Quo autem plures tibiae sonos edant similes et aequae vehementes, oportet tibiae amplitudinem seu basin tubi sicut chordae crassitiem proportionalem esse longitudini. Ex hoc enim simul et alterum, quod in chordis requiritur, sequitur, ut videlicet pressio atmosphaerae, quae amplitudini est proportionalis, etiam eandem habeat rationem ad longitudinem tibiae.

40. Neque vero vehementia infiatum pro lubitu potest augeri vel minui. Namque si nimis languide tibia infietur, sonum edet prorsus nullum, at fortius, quam par est, infiata non eum, quem debet, edit sonum, sed octava acutiorem, et si adhuc fortius infietur, sonum duodecima porroque decima quinta etc. acutiorem dabit. Ut harum soni ascensionum rationem detegamus, considerari iuvabit soni vim proportionalem esse vi infiatum; et propterea, quamdiu sonus idem quantitate manet, quo magis infiatio intendatur, eo ampliores oscillationes aëris in tubo contenti, non autem frequentiores esse oportere intelligitur. At oscillationum amplitudo tubi amplitudine ita determinatur, ut certum terminum transgredi non possit; quare si tibia fortius infietur, quam ad istum gradum requiritur, eundem sonum edere non poterit.

41. De chordis autem, quibus tibiae similes sunt censendae, tam ex theoria quam experientia constat posse chordae tensae utramque medietatem seorsim suas oscillationes perficere, ita ut ea chorda non sonum solitum, sed octava acutiorem edat; id quod, si partes sint inaequales, fieri non potest. Similiter in tres partes aequales cogita ti one

saltem di visa chorda ita potest contremiscere, ut singulae partes seorsim, tanquam si ponticulis essent separatae, vibrationes absolvant atque sonum solito acutiorem, nempe duodecimam, exhibeant. Idem etiam valet de quatuor pluribusque partibus chordae aequalibus. Haec autem, quomodo effici et experimentis confirmari queant, ostendit Cl. D. SAUVEUR in Comment. Acad. Scient. Paris. An. 1701.

42. His igitur ad tibias accommodatis intelligitur fieri posse, ut utraque tibiae medietas seorsim oscillationes perficiat eoque sonum octava acutiorem edat. Quo in casu, cum oscillationes duplo sint frequentiores, maior quoque infusus vis locum habebit. Ex quo sequitur, si infusus ultra determinatum illum gradum augeatur, tum oscillationes ad hunc casum se esse accommodatas sonumque octava acutiorem proditurum. Simili modo cum et hic detur gradus, quem inflatio excedere non debet, si etiam hic transeat, tum singulae tertiae aëris in tubo contenti partes seorsim oscillare incipient, ex quo sonus triplo acutior seu primi duodecima proveniet. Atque porro si infusus augebitur, tum quartis partibus oscillantibus sonus duabus octava vis acutior audietur, et ita porro.

43. Hisce etiam tubarum buccinarumque, quanquam in ceteris non eam quaro tibiae tenant rationem, nititur natura eaque proprietas, qua sola infusio intensio soni eius moderentur. His enim instrumentis non omnes soni eduntur, sed ii duntaxat, qui exprimuntur numeris integris 1, 2, 3, 4, 5, 6 etc., sicque in infima octava inter 1 et 2 nullum sonum medium edunt, in sequente inter 2 et 4 unum medium 3, qui est ad 2 quinta, in tertia octava inter 4 et 8 habent tres 5, 6, 7 et in quarta 7 intermedios. Horum vero instrumentorum structura eiusmodi esse videtur, ut qui vis sonus valde angustus habeat limites infusio ideoque parum tantum intenso vel remisso flatu sonus vel acutior vel gravior prodeat.

44. Quae hactenus de tibiis dicta sunt, pertinent potissimum ad eas, quarum tubi habent formam vel prismaticam vel cylindricam. Quales autem sonos edant, si tubi fuerint vel divergentes vel convergentes vel alius cuiusdam figurae, difficilius est determinare. Semper tamen huiusmodi quaestiones ad chordas reduci possunt; figura enim tibiae quacunque proposita oportet chordam similem considerare et, quem sonum sit editura, investigare; quo facto, si ipsa chorda aërea ponatur et pondus tendens aequale vi atmosphaerae, habebitur sonus, quem ea tibia reddet. Atque si hoc problema universaliter solvetur pro quacunque tibiae figura, apparebit simul maxime nota proprietas tiliarum prismaticarum, quae supra apertae sonum octava graviorem edunt.

45. Alia instrumenta, quae cum tibiis aliquam affinitatem habere videntur, sunt tubae, buccinae etc., quae quidem solo inflatu sonum non edunt, sed sonum ex ore cum flatu coniunctum requirunt, quem tum mirifice autem vehementioremque reddunt, simili modo, quo tubae stentoreophonicae voces tantopere augmentant. Melius autem huiusmodi instrumenta cognoscuntur ex iis, quae in organis pneumaticis ad eorum imitationem adhibentur; excitantur; haec autem solo infusu, sed in peristomio insertae sunt lamellae elasticae, quae a vento immisso motum tremulum recipiunt sonumque

debilem quidam edunt; sed dum is per tubum adiunctum progreditur, tantam ab eo vim acquirit, ut sonos tubarum vel buccinarum egregie imitetur.

CAPUT I

DE SONO ET AUDITU

1. Cum musicam nobis propositum sit ad modum philosophicarum disciplinarum pertractare, in quibus nihil, nisi cuius cognitio et veritas ex praecedentibus explicari possit, proferre licet, ante omnia est exponenda doctrina de sonis et auditu, quorum illi materiam, in qua musica versatur, constituunt, hic autem scopum et finem eius, qui est delectatio aurium, complectitur. Docet enim musica varios sonos ita efficere et scite coniungere, ut grata harmonia sensum auditus suaviter afficiant. Quae itaque de sonis exponere institutum nostrum requirit, sunt eorum natura, productio et varietates; quarum rerum sufficiens cognitio ex Physica et Mathesi est petenda. Deinde vero, si cum his praecipua auditus organa considerentur, audiendi rationem ac sonorum perceptionem intelligemus. Quae autem quantam utilitatem allatura sint ad musicae fundamenta stabilienda et confirmanda, cuique ex eo perspicuum erit, quod suavitas sonorum a perceptionis ratione pendent ex eaque debeat explicari.

2. Statuunt omnes, qui hac de re probabilia saltem scripserunt, sonum in aëre consistere huncque eius quasi vehiculum esse, quo a fonte quaqua versus circumferatur. Neque vero aliter res se habere potest, cum nihil nisi aër existat, quod aures nostras circumdet in iisque mutationem efficere possit. Nam quamvis obiciatur auditus rationem fortasse eodem modo comparatam esse quo olfactus et visus, qui sensus non aëre, sed veris ex obiecto emissis effluviis excitantur, tamen ope antliae pneumaticae demonstratur, si instrumentum sonorum in loco ab aëre vacuo sit constitutum, ita ut cum aëre nullam prorsus habeat communicationem, nullum plane sonum, quantumvis prope accedas, percipi posse. Statim vero, ac aëri ingressus permittitur, sonus iterum auditur. Ex quo consequitur aërem eiusque mutationem, quam instrumentum sonum edens in eo producit, veram esse soni causam atque proximam.

3. Ut vero constet, quae sit ista aëris mutatio et modificatio sensum soni excitans, considerari conveniet casum particularem, quo sonus producitur, et investigari effectum in aëre ex eo ortum. Hanc ob rem attendamus ad chordam tensam, quae pulsata sonum edit. At pulsu in chorda nihil aliud efficitur nisi motus tremulus, quo ea intra suos terminos nunc cis nunc ultra situm quietis velocissime extravagatur. In crassioribus quidem chordis hic motus etiam oculis facile percipitur, in tenuioribus vero etiamsi cerni nequeat, inesse tamen non dubitandum est. Praeterea qui vel manu campanam sonantem attingit, totam contremiscentem sentiet. Denique vero mox ex Mechanicae legibus ostendetur tam chordam quam campanam praeter motum tremulum a pulsu nil aliud recipere posse; et hanc ob rem statui debeat soni rationem in solo motu tremulo esse quaerendam.

4. Cum igitur aëris mutatio, quam corpus tremulum in eo producit, sensum soni immediate efficiat et excitet, inquirendum est, quomodo aër a corpore tremulo afficiatur. Videmus autem motum tremulum consistere in successivarum vibrationum repetitione. Risee singulis vibrationibus aër corpus tremulum ambiens percutitur similesque vibrationes recipit, quas pari modo in posteriores particulas aëreas transfert. Hacque igitur ratione istiusmodi pulsus et vibrationes in toto circumfuso aëre excitantur atque ista pulsum in aërem translatio peragitur qualibet corporis tremuli vibratione. Ex quibus perspicitur singulas aëris particulas simili motu vibratorio contremiscere debere, quo ipsum corpus; hoc tantum discrimine, quod pulsus eo minores et debiliores fiant, quo longius a fonte distent, douce tandem in nimis magna distantia nil amplius percipi possit.

5. Ex his intelligitur praeter pulsus per aërem promotos a corpore sonante ad aures nihil deferri; quamobrem necesse est, ut hi ipsi pulsus in aëre excitati et in organum auditus incurrentes soni sensum producant. Hoc vero modo sensatio absolvitur: Exstat in interna auris cavitate membrana expansa a similitudine tympanum dicta, quae ictus aëris recipit eosque ulterius ad nervos auditorios promovet; hocque fit, ut, dum nervi afficiuntur, sonus sentiatur. Est igitur sonus nihil aliud nisi perceptio ictuum successivorum, qui in particulis aëris, quae circa auditus organum versantur, eveniunt, ita ut, quaecumque res huiusmodi ictus in aëre producere valeat, ea etiam ad sonum edendum sit accommodata.

6. Propagatio soni per aërem non perficitur puncto temporis, sed determinato tempore opus habet, quo per datum spatium propellatur. Motus autem, quo progreditur, est aequabilis et neque a vehementia soni neque eius qualitate pendet. Progreditur vero omnis sonus, ut tam ex experimentis apparet, quam ex computatione theoretica aëris et pulsum natura colligera licet, tempore minuti secundi per spatium 1100 pedum Rhenanorum, duo busque minutis secundis percurrit 2200 pedes, tribus 3300 et ita porro. Observamus etiam hanc sonorum tarditatem quotidie; longius enim distantis tormenti, cum exploditur, sonitum aliquanto post fulgetrum percipimus, cum tamen tormento propius adstantes utrumque simul sentiamus. Ob similem causam etiam tonitru demum post fulgur audimus, et vocum repetitiones nonnullis in locis, quae echo dicuntur, tardius ipsum clamorem sequuntur.

7. Quidquid igitur minimas aëris particulas ita commovere valet, ut huiusmodi motum tremulum recipiant, id etiam sonum producet. Ad hoc vero efficiendum non solum corpora dura sunt idonea, sed praeter ea duo alii reperiuntur modi sonos edendi; ex quo etiam tria sonorum genera, si ad causas respiciatur, nascuntur. Primum est eorum, qui a corpore tremulo oriuntur, cuiusmodi sunt chordarum campanarumque soni. Alterum genus eos comprehendit, qui ab aëre vehementer compressa seseque subito restituente proficiscuntur, ut soni sclopetorum, tormentorum, tonitru et virgae per aërem celerrime vibratae. Ad tertium referuntur soni instrumentorum, quae inflata tinniunt, ut fistulae, tibiae etc., quorum sonorum causam non a motu tremulo materiae, ex qua tibiae constant, pendere infra docebitur.

8. Ex primo genere praecipue considerandae sunt chordae tensae sive ex metallo sive ex intestinis animalium confectae, quae vel pulsatione vel attritione ad sonum edendum cientur. Pulsantur et vellicantur quoque in clavicymbalis, cytharis aliisque huius generis instrumentis; atteruntur vero in panduris, violinis ope pilorum equinorum tensorum, quibus colophonio scabrities est inducta. Utroque modo chordae motum tremulum recipiunt; etenim primo ex quiete si tuque naturali detorquentur, quo facto se in situm naturalem restituere conantur et revera mo tu accelerato in eum properant. At ingentem celeritatem, quam acquisiverunt, cum eo pervenerunt, subito amittere non possunt, neque ideo in eo statu quiescere. Quamo brem eas ultra excurrere necesse est similique modo eo reverti; atque hae oscillationes tamdiu durahunt, quoad ob resistentiam plane evanescant.

9. Quot autem huiusmodi oscillationes chorda pulsata seu quovis modo tremula facta dato tempore absolvat, ex legibus motus calculo definiri potest, si ad longitudinem chordae eiusque pondus et vim tendentem respiciatur. At longitudo pondusque non sumi debent totius chordae, sed eius solum partis, quae tremula redditur sonumque edit et quae duobus hypomochliis ab integra chorda separari solet. His scilicet impeditur, quominus tota chorda vibrationes perficiat, sed tanta eius solum portio, quanta placet. Quo autem vis tendens cognoscatur, maxime expedit, chordae altero termino fixo, alteri pondus appendere, locum vis tendentis sustinens. His positis si longitudo chordae sonantis sit a partium millesimarum pedis Rhenani pondusque appensum se habeat ad pondus chordae ut n ad 1, erit numerus oscillationum, quem haec chorda minuto secundo absolvit, hic

$$\frac{355}{113} \sqrt{\frac{3166n}{a}},$$

ubi 113: 355 denotat rationem diametri ad peripheriam circuli, 3166 scrupuli praebent longitudinem penduli singulis secundis oscillantis.

10. Oscillationes hae, quoad durant, sunt isochronae seu omnes absolvuntur aequalibus temporis intervallis, neque magnitudo earum hanc regulam turbat, nisi forte, cum chorda nimis vehementer pulsatur, ipso principio vibrationes sunt celeriores. Chordarum scilicet eadem est ratio quae pendulorum, quorum oscillationes, si sunt admodum exiguae, omnes sunt aequitemporaneae. Ut regulam superiori paragrapho datam exemplo illustrarem, sumsi chordam longitudinis 1510 part. milles. ped. Rh., quae ponderabat $6\frac{1}{5}$ gr.; tetendi hanc pondere 6 libr. seu 46080 gran. Quibus cum paragrapho praecedente comparatis erit

$$a = 1510$$

et

$$n = 46080 : 6\frac{1}{5} = 7432.$$

Quare numerus minuto sec. editarum vibrationum erit

$$\frac{355}{113} \sqrt{\frac{3166 \cdot 7432}{1510}} \text{ i.e. } 392.$$

Huic autem sono congruere deprehendi in instrumento clavem signatam *a*.

11. Si plures habeantur chordae tensae, facile ratio, quam earum vibrationes inter se habent, determinatur; est scilicet in qualibet chorda numerus vibrationum dato tempore editarum ut $\sqrt{\frac{n}{a}}$ i. e. ut *radix quadrata ex pondere a tendente diviso et per pondus chordae et per eius longitudinem*. Si ergo chordae fuerint eiusdem longitudinis, erunt vibrationum eodem tempore editarum numeri ut *radices quadratae ex ponderibus tendentibus divisas per pondera chordarum*. Si chordae et longitudine et pondere fuerint aequales, erunt vibrationum numeri ut *radices quadratae ex ponderibus tendentibus*. Atque si pondera tendentia sint aequalia et ipsae chordae tantum longitudine differant, erunt vibrationum numeri reciproce ut *radices quadratae ex longitudine ducta in pondus, i. e. reciproce ut longitudines chordarum*, quia pondera longitudinibus sunt proportionalia.

12. A tarditate et celeritate vibrationum pendet sonorum distinctio in graves et acutos, eoque sonum graviorem esse dicimus, quo pauciores vibrationes eodem tempore auditus organum feriunt, eoque acutiorem, quo plures eiusmodi vibrationes eodem tempore sentiuntur. Veritas huius ex ipsa experientia constat; si enim eidem chordae successive varia pondera appendantur, sonos ab iis editos acutiores percipimus, si maiora sint pondera appensa, at graviore erunt, quo pondera sunt minora. Certum autem est ex praecedentibus maiora pondera celeriores vibrationes producere. Hanc ob rem, cum in musica praecipue sonorum gravitatis et acuminis discrimen spectetur, ipsos sonos secundum vibrationum certo quodam tempore editarum numerum metiemur, seu sonos ut quantitates considerabimus, quarum mensuras vibrationum determinato tempore editarum numeri constituunt.

13. Quemadmodum vero nostris sententibus res neque nimis magnas neque nimis parvas concipere possumus, ita etiam in sonis quae pianissimo mediocritas requiritur; sonique omnes sensibiles intra certos terminos erunt constituti, quos qui transgrediuntur, propter nimiam vel gravitatem vel acumen auditus sensum amplius non afficiant. Termini isti quodammodo possunt determinari; cum enim sonus *a* inventus sit edere 392 vibrationes minuto secundo, sonus littera *C* signatus interim 118 absolvit et sonus $\overset{=}{c}$ 1888. Si iam ponamus sonos duabus octavis et acutiores et graviore audiri adhuc vix posse, habebimus extremos perceptibiles sonos numeris 30 et 7520 expressos; quod intervallum satis est amplum et ingentem sonorum variationem admittit, quippe quod octo intervalla octavas dicta complectitur.

14. Post discrimen sonorum gravium et acutorum consideranda est eorum vehementia et debilitas. Est autem vehementia eiusdem soni diversa pro auditoris loco; quo enim longius auditor a chorda pulsata distat, eo debiliorem percipit sonum, cum propagatio

pulsuum uti luminis per aërem perpetuo fiat languidior. Ratio huius decrementi est, quod in maioribus distantiiis sonus in mains spatium diffundatur; scilicet in dupla distantia spatium, quo est perceptibilis, est quadruplo maius quam in simpla; quamobrem cum ibi aggregatum omnium pulsuum aequae est magnum ac hic, sequitur sonum in dupla distantia esse quadruplo debiliorem. Similiter in tripla distantia noncuplo debiliorem esse oportet et ita porro, ita ut vehementia soni in duplicata ratione distantiarum decrescere debeat.

15. Haec ita se habent, si sonus quaquaversus se aequaliter expandit. At si eiusmodi fuerint circumstantiae, ut sonus in unam plagam magis propellatur quam in aliam, fortior quoque ibi percipietur, quare iuxta regulam oporteret. Ut si quis per tubum vociferatur, is, qui aurem ad alteram extremitatem tubi admovet, sonum propemodum tam vehementem sentiet, quare si ex ipso ore clamantis vocero excepisset. Similis est ratio tubarum stentoreoponicarum, per quas sonus potius in eam regionem, in qua tuba dirigitur, propellitur quare in aliam ob eamque causam fortior evadit. Heflectuntur enim etiam soni ut radii luminis a superficie laevi et dura, atque hoc modo radiorum sonorum, quos ad similitudinem radiorum lucidorum ita appellare liceat, directio immutatur, quo fieri potest, ut plures in eundem locum coniciantur.

16. Cum chorda pulsata quavis oscillatione pulsus per aërem transmittat, necesse est, ut eius motus perpetuo fiat remissior ideoque sonus debilior. Utique observatur hoc in chordis vibrantibus; initio enim sonus est maxime intensus, tum vero pedetentim fit languidior, donec tandem prorsus cesset; interim tamen oscillationes manent isochronae sonusque nihilominus eundem gravitatis et acuminis gradum retinet. Pendet haec intensitas ipso initio in eadem chorda a vi pulsante, ut, quo maior haec sit, eo fortior quoque prodeat sonus. Initio tamen, si pulsatio fuerit nimis vehemens chordaeque detorsio ex situ naturali nimis magna, sonus acutior editur quam postea; atque cum oscillationes maius spatium occupent, aëri non tam regulares vibrationes imprimuntur; quo fit, ut soni tum minus grati minusque distincti edantur.

17. Evenit hoc potissimum, si chorda nimis est laxa neque satis tensa; tum enim maiores in oscillando redduntur excursionses <sonusque neque aequabilis neque gratus existit. Hanc ob causam ad sonos suaves et aequabiles producendos requiritur, ut chordae, quantum fieri potest, tendantur tantaque pondera appendantur, ut tantum non disrumpantur. Vis autem chordarum ex eadem materia confectarum est crassitiei proportionalis, quare et pondera tendentia chordas ad ruptionem usque sunt ut crassities. Sed chordarum crassities sunt suis ponderibus per longitudinem divisas proportionales, propterea pondera tendentia debent esse in chordarum ponderum ratione directa et longitudinum inversa. Id est, si ponatur chordae pondus q , longitudo a pondusque tendens p , oportet sit p ut $\frac{q}{a}$, seu $\frac{ap}{q}$ debet esse constantis magnitudinis.

18. Quo autem soni proveniant aequaliter fortes, oportet praeter longitudinem chordae pondusque tendens attendere ad vim pulsanter. Locus etiam, quo chorda vellicatur vel

pulsatur, considerandus esset; sed si ponamus chordas omnes in medio vel, quod eodem redit, in locis similibus impelli, haec conditio in computum non ingredietur. Ex hoc fit, ut, quo maior sit vis pulsans, eo fortior evadat sonus. Soient autem omnia fere instrumenta musica ita esse confecta, ut cunctae chordae aequaliter percutiantur, quamobrem vim pulsantem semper eandem ponemus. Vehementia deinde soni pendet a celeritate, qua aëris particulae quavis chordae vibratione in aurem impingunt, haecque ex celeritate chordae maxima est aestimanda. Est vero haec celeritas proportionalis radici quadratae ex pondere chordam tendente diviso per longitudinem eius. Consequenter, quo soni fiant aequabiles, necesse est, ut pondus tendens semper sit ut chordae longitudo.

19. Manentibus ergo superioribus litteris a , p et q debet esse $\frac{p}{a}$ ubique eiusdem magnitudinis. Ante vero iam est inventum $\frac{ap}{q}$ constans esse oportere, quare hoc per illud diviso quotus prodiens aa debet esse constans seu $\frac{q}{a}$ ad a eandem in omnibus chordis tenere rationem. Sed $\frac{q}{a}$ est chordae crassitiei proportionalis, adeoque chordae crassities longitudini proportionalis esse debet, similiterque etiam eidem longitudini pondus tendens. Ipse autem sonus editus est ut $\sqrt{\frac{p}{aq}}$; in quo si loco p et q proportionalia a et a^2 substituantur, erit sonus reciproce ut chordae longitudo. Hanc ob rem et pondus tendens et longitudinem et pondus chordae proportionalia esse oportet reciproce ipsi sono edendo seu numero vibrationum dato tempore absolvendarum. Quae regula in conficiendis instrumentis musicis eximium habebit usum.

20. Diximus sonum minus fore gratum, si chorda non fuerit satis tensa, propterea quod excursions inter vibrandum factae sint nimis amplae ab iisque aër potius instar venti promoveatur, quam ad oscillationes peragendas incitetur. Nisi enim subito ingenti celeritate aër percutiatur, non facile motum tremulum, qualis ad sonum requiritur, recipit; quo autem magis chorda est tensa, eo maiorem statim post pulsum habet celeritatem. Accedit ad hoc, quod iam est notatum, ampliores vibrationes minoribus non esse isochronas, unde sonus pedetentim fit gravior neque idem permanet. Deinde facile evenit, ut tota chorda non simul oscillationes absolvat, sed alia eius pars citius, alia tardius tam ad maximam celeritatem quam ad quietem perveniat, ex quo sonus inaequabilis et asper existit.

21. Praeter has sonorum differentias in musica etiam ad durationem sonorum respicitur. In multis quidem instrumentis sonos pro lubitu pralongare non licet, ut in iis, quibus chordae pulsu vel vellicatione excitantur. Namque in his soni pedetentim fiunt debiliores et mox penitus cessant; et hanc ob rem sonorum durationibus non tantum effici potest, quantum in iis instrumentis, quibus soni, quoad durant, eandem vim retinent et, quamdiu placet, produci possunt. Huiusmodi sunt ea, quorum chordae plectro atteruntur, atque quae tibiis sunt instructa aliisque, quae vento cientur, instrumentis, ut Organum Pneumaticum aliaque plura. Ista prae reliquis hanc habent praerogativam, ut

omnis suavitas, quae duratione sonorum existit, perfecte possit exprimi et produci.
Mensuratur autem soni duratio ex tempore inter initium et finem interiecto.

22. Hactenus ex primo sonorum genere, qui a corpore tremulo originem habent, sonos tantum chordarum contemplati sumus simulque etiam primarias sonorum differentias enumeravimus et exposuimus. Nunc igitur, antequam ad reliqua genera progrediamur, alia quoque instrumenta consideranda sunt, quae sonos ad hoc genus pertinentes edunt. Huiusmodi sunt campanae, quae pulsatae totae contremiscunt sonumque edunt. Difficillimum quidem esset ex campanae forma pondereque cognitis, qualem sonum datura sit, determinare; attamen, si campanae fuerint similes et ex eadem materia confectae, facile apparet sonos tenere rationem reciprocam triplicatam ponderum, ita ut campana octuplo levior edat sonum eodem tempore duplo plures oscillationes absolventem et, quae vicies septies fuerit levior, peragat vibrationes triplo frequentiores.

23. Habentur praeterea instrumenta musica baculis elasticis vel ex metallo, quibus campanarum sonos imitantur, vel ex ligno duriore confectis. De his, siquidem formam habent cylindricam vel prismaticam, facilius est certi quidpiam statuere; soni enim tantum a longitudine pendere videntur, cum quaelibet fibra in longitudinem extensa vibrationes seorsim perficere censenda sit. Erunt autem soni seu vibrationum eodem tempore editarum numeri reciproce ut quadrata longitudinum baculorum, siquidem baculi ex eadem materia fuerint fabricati. Ex diversa enim materia constantium prismatum soni non solum a gravitatis specificae ratione pendent, sed etiam cohaesionis et elateris materiae rationem nosse necesse est eum, qui ipsos sonos ex theoria determinare suscepit.

24. Ad secundam sonorum classem eos retuli sonos, qui vel notabili aëris vehementer compressi copia subito dimissa vel validiore aëris percussione oriuntur. Quorum quidem posterior modus priori fere est similis; propter celerrimam enim vibrationem aër e vestigio locum cedere non potest, ex quo fit, ut portio aëris ictum sustinens comprimatur seque, quam primum sibi est relicta, iterum expandat. At aërem compressum derepente se expandentem necesse est mains naturali spatium occupare, et idcirco erit coactus se rursus contrahere, id quod etiam nimium faciet. His igitur alternis contractionibus et expansionibus, corporis tremuli instar, in reliquo aëre pulsus atque in auditus organo sonus producet.

25. Quanquam hoc modo aër qualibet oscillatione in statum suum naturalem pervenit, tamen in eo prius consistere non potest, quam totum suum motum amiserit. Ex Mechanica enim constat corpus cum impetu in situm suum quietis perveniens in eo permanere non posse, sed mo tu iam concepto ultra eum transgredi oportere. Aequae est enim difficile corpus motum subito quiescere ac quiescens moveri; atque tanta vi opus est ad corporis motum tollendum, quanta ad eundem producendum. Hanc ob causam neque pendula oscillantia, cum in situm verticalem pervenerint, quiescere posse videmus neque chordas vibrantes, cum situm naturalem attigerint. Soni vero hoc exposito modo generati brevi tantum tempore durare possunt, nisi echo vel simile quid resonus adsit, quod eos

repetat et protrahat; aër enim motum in tam dissita loca diffundendo proprium motum statim amittat necesse est.

26. Omnes igitur caussae, quae aërem vel iam compressum dimittere vel naturalem comprimere, ita ut se subito possit relaxare, valent, eae etiam ad sonum producendum sunt accommodatae. Quamobrem omnes corporum velociores per aërem motiones sonos generare debent; aër enim propter inertiam corporibus liberrime locum concedere non potest ideoque ab iis comprimitur, qui deinceps se rursus dilatans minimis aëris particulis motum tremulum inducit. Hinc originem ducunt vehementius vibratorum virgarum et omnium per aërem celerius motorum corporum soni. Neque etiam ventorum flatuumque soni sibi alii debentur caussae; anterior enim aër ab insequente posteriore aequè ac a corpore duro compellitur atque comprimitur.

27. Sonorum, qui a repentina dimissione aëris vehementer compressi gignuntur, fortissimi procul ab eis sunt, qui ex pulvere pyrio et tonitruo percipiuntur. Variis enim experimentis constat in pulvere pyrio inesse aërem maxime compressum eique accensione exitum aperiri, unde tam stupendos sonos prodire necesse est. Atque ad nubes constituendas cum vaporibus permultas particulas nitrosas et sulphureas simul ascendere maxime probabile videtur, quae in iis unitae et explosae tantum strepitum edere queant. At cum de huiusmodi sonis difficile sit discernere, quomodo ratione gravitatis et acuminis a se invicem discrepent, omnes ad hoc genus pertinentes soni in musica non sunt recepti; quamobrem oscillationum, quas minimis aëris particulis inducunt, investigationi supersedebimus.

28. Ad tertium sonorum genus pertinent secundum factam initio divisionem soni tiliarum, qui inflatione excitantur. Quorum ratio, ut magis est recondita, ita minori industria quovis tempore est investigata. Nam qui ipsum tubum motum tremulum accipere statuunt atque hoc modo sonos tiliarum ad id genus, quod nobis est primum, referunt, non video, quomodo proprietatibus tiliarum cognitae satisfacere possint. Observatum enim est tibias cylindricas longitudine aequales pares etiam edere sonos, quantumvis tam amplitudine inter se differant quare crassitie atque materia ipsa. Quomodo igitur fieri posset, ut tam diversi tubi similiter contremiscant? Eorum autem sententiam, qui internam tantum superficiem tremulam fieri putant, sola materiei diversitas evertere videtur. Quamobrem causa horum sonorum eiusmodi esse debet, ut a sola tiliarum longitudine pendeat.

29. Quamvis autem sufficeret ad institutum nostrum proprietates duntaxat tiliarum recensere, tamen, cum caussae cognitio semper cuiusque rei notitiam perfectissimam efficere soleat, operam atque diligentiam adhibui, ut veram causam consequerem. Sequenti autem modo, tiliarum structura perpensa, ratiocinium institui. Constat cuique tibias esse tubos seu canales altera extremitate peristomium iunctum habentes, quod aërem ex ore vel cista pneumatica recipiat atque per rimam, in quam eius cavitas versus tubum desinit, in tubum emittat. Requiritur autem, ut aër per rimam expulsus non in cavitatem tubi irruat, sed tantum internam superficiem perstringat eique ob-

Quamobrem artifices illud tubi latus, quod rimae est oppositum, excindunt, ne sit contiguum peristomio, atque acuunt, ut aër in ipsam aciem irruat ab eaque quasi findatur, quo tenuior aëris lamella per tubum prorepat.

30. Huiusmodi autem peristomiorum structuram requiri cum experientia demonstrat, tum ipso ore peristomiis imitandis perspicimus. Nam si in tubum peristomio destitutum ore ita aërem infiamus, ut ad internam superficiem irrepat, perinde sonus editus, ac si peristomio tubus esset instructus. Atque ita est variarum tibiarum peristomiis carentium ratio comparata, ut aër eo, quo expositum est, modo inflari debeat, velut videmus in fistulis transversis vocatis aliisque similibus. Praeterea autem, ut iste aër in tubum ingressus sonum efficiat, requiritur primo, ut interna tubi superficies sit laevis, ne motus repens aëris impediatur, tum autem, ut tubi latera sint dura neque aëri irruenti cedere queant, ex quo etiam tertio intelligitur tubum ad latera probe clausum esse oportere.

31. Haec autem, aliaque, quae in tibiis construendis observanda sunt, melius cognoscentur, cum ipsam rationem, qua soni in tibiis formantur, exposuerimus. Ostensum autem iam est neque totius tubi neque interioris tantum superficiem motum tremulum generari. Aër enim sic in tubum intrans eum, qui iam in tubo existit, necessario secundum longitudinem comprimit; quo fit, ut is sese iterum expandat tumque denuo coarctetur atque hoc modo, quoad inflatio durat, oscillationes perficiat bisque sonum producat. Videamus nunc autem, quantus gravitate acumineve hic sonus secundum leges mechanicas futurus sit ratione longitudinis tubi, quo, quam egregie haec explicatio cum phaenomenis congruat, perspiciatur.

32. Corpus, quod oscillationes peragit easque in aërem circumfusum transfert, est aër in tubo contentus, cuius quantitas ex tubi longitudine et amplitudine cognoscitur. Vis vero ad oscillandum impellens est, ut vidimus, aër inflatione secundum tubi internam superficiem irruens. At vis aëri in tubo existenti eum nisum inducens, quo ex statu naturali deturbatus se restituere conatur, et quae efficit, ut illum ipsum, quem absolvit, oscillationum dato tempore numerum absolvat, est pondus atmosphaerae seu ipsa illius aëris vis elastica, quae pressioni incumbentis atmosphaerae aëreae est aequalis. Haecque vis existimanda est ex effectu eius, quem in tubo TORRICELLIANO exserit, in quo argentum vivum ad altitudinem a 22 usque ad 24 digitos pedis Rhenani suspensum tenetur.

33. Huius igitur columnae aëreae, quae in tubo inest, oscillantis similis omnino est ratio ei, qua chorda tensa vibrationes conficit. Ipsa enim chorda comparanda est cum aëre in tubo fistulae contento; ponderis vero chordam tendentis hoc casu locum sustinet atmosphaerae pondus, quae, etiamsi prorsus dissimilia videantur, eo quod chorda a pondere appenso extendatur, aër vero ab atmosphaera comprimatur, tamen, si ad effectum respiciamus, plane inter se aequivalent. Nam quod utraque in formam dis oscillationibus valet, id provenit a vi, quam corpori subiecto tribuit, se in statum naturalem recipiendi. Haec autem, sive compressione in aërem tubi operetur. sive extensione in chordam, eundem producet effectum.

34. Cum igitur aër in tubo fistulae eodem modo oscillationes perficiat quo chorda tensa, poterimus quoque numerum oscillationum dato tempore editarum atque ita ipsum sonum determinare ex iis, quae de chordis vibrantibus tradidimus. Sit tibiae longitudo a in scrup. ped. Rh. expressa, amplitudo bb , gravitas aëris specifica ad eam mercurii ut m ad n et altitudo mercurii in barometro k similium scrupulorum. Habebimus ergo chordam longitudinis a ponderisque $mabb$, quae tenditur a pondere aequali pressioni atmosphaerae; haec vero aequivalet cylindro mercurii, cuius basis est bb , i. e. amplitudo tubi, et altitudo k . Quocirca pondus tendens censendum est $nkbb$. Ex bis invenitur oscillationum minuto secundo editarum numerus

$$\frac{355}{113} \sqrt{\frac{3166nkkb}{a-mabb}} = \frac{355}{113a} \sqrt{\frac{3166nk}{m}},$$

cui ipse sonus, quemadmodum eum metiri instituimus, est aequalis.

35. Quia m ad n propemodum eandem semper tenet rationem atque k parum diversis tempestatibus mutatur, erunt soni tiliarum tubos vel cylindricos vel prismaticos habentium inter se reciproce ut longitudines tuborum, ita ut, quo tubi sint breviores, eo soni prodeant acutiores, at longiores tubi sonos graviore reddant. Quod quam egregie cum experientia congruat, quilibet facile intelliget, qui tiliarum proprietates ante commemoratas perpendet, quae huc redibant, ut soni quantitas neque ab amplitudine tubi neque a materie, ex qua tubus sit confectus, sed a sola longitudine pendeat. Quamobrem prorsus non esse dubitandum existimo, quin haec sonorum a tibiis editorum exposita ratio sit genuina et ex ipsa rei natura petita.

36. Eo magis autem haec explicatio no bis confirmabitur, si non solum sonorum horum rationem inspiciamus, sed, quomodo se ha beant ad sonum datae chordae datoque pondere tensae, etiam investigabimus. Nam si experientia constiterit eandem tibiam cum data chorda esse consonam, quam theoria declarat, maximum hoc erit firmamentum. Est vero $\frac{n}{m}$, si maximum habet valorem, quod accidit tempore calidissimo, circiter 12000, at frigidissima tempestate deprehenditur 10000. Similiter si mercurius in barometro ad maximum gradum ascenderit, est $k = 2460$, at plurimum ibidem mercurio descendente est $k = 2260$. Idcirco barometro et thermometro ad maximas altitudines consistentibus erit sonus tibiae $= \frac{960426}{a}$ atque iisdem instrumentis ad minimas altitudines stantibus sonus erit $= \frac{840348}{a}$.

37. Inter hos sumamus medium, quod est $\frac{900387}{a}$ atque tot oscillationes minuto secundo tibia longitudinis a in aëre producet tempestate mediocri. Ergo quae tibia 100 vibrationes minuto secundo edit, ea est longa 9000 scr., i.e. 9 pedes Rhenanos, et quae edit 118 vibrationes atque consona est chordae sonum C in instrumentis signatum exhibentis, longitudinis esse debet 7627 scrup. seu aliquanto plus quam $7\frac{1}{2}$ ped. Rhenan.

Quod etiam satis exacte experientiae respondet; nam vulgo tibia longitudinis 8 ped. assumitur ad sonum *C* edendum, et differentia dimidii pedis penitus est negligenda, eo quod eadem tibia diversis tempestatibus sonos edere queat rationem 840348 ad 960426, i. e. 8 ad 9 tenentes, quod discrimen in tali tibia pluris dimidio pede est aestimandum.

38. Et haec ipsa sonorum diversitas eiusdem tibiae variis tempestatibus veritatem nostrae explicationis magis Confirmat. Experiuntur enim perpetuo Musici, quoties instrumentis chordis instructis simul cum pneumaticis utuntur, haec perquam mutabilia esse atque chordas, quo consonae sint cum tibiis, mox intendi moxque remitti debere. Ac differentiam inter sonum acutissimum et gravissimum eiusdem tibiae esse integri toni circiter, quod est intervallum inter sonos rationem 8 ad 9 tenentes. Praeterea id quoque est observatum tum tibiae esse acutiores, quando coelum sit maxime serenum cum summo calore, contra turbidissima cum maximo frigore coniuncta tempestate sonos tiliarum esse graviores. Ex his etiam ratio patet, quare tibia initio gravius sonet, quam cum iam strenue sit inflata; ipso enim usu et inhalatione aëris, qui in tibia inest, calefit ideoque sonus evadit magis acutus.

39. Vehementia sonorum et debilitas a tibiis editorum cum a vi, qua inflantur, pendet tum a ratione, quam tibiae amplitudo ad longitudinem tenet. Similis enim est ratio tiliarum et chordarum, in iisque amplitudo est comparanda cum crassitie harum. Quemadmodum igitur non quaevis chorda ad omnes sonos edendos est apta, sed ad datum sonum certa quaedam crassities requiritur, ita etiam datae longitudinis tibia non pro lubitu ampla vel angusta potest confici, sed dantur limites, quos si transgrediare, nullum prorsus sonum tibia sit editura. Quo autem plures tibiae sonos edant similes et aequae vehementes, oportet tibiae amplitudinem seu basin tubi sicut chordae crassitiem proportionalem esse longitudini. Ex hoc enim simul et alterum, quod in chordis requiritur, sequitur, ut videlicet pressio atmosphaerae, quae amplitudini est proportionalis, etiam eandem habeat rationem ad longitudinem tibiae.

40. Neque vero vehementia infiatum pro lubitu potest augeri vel minui. Namque si nimis languide tibia infietur, sonum edet prorsus nullum, at fortius, quam par est, infiata non eum, quem debet, edit sonum, sed octava acutiorem, et si adhuc fortius infietur, sonum duodecima porroque decima quinta etc. acutiorem dabit. Ut harum soni ascensionum rationem detegamus, considerari iuvabit soni vim proportionalem esse vi infiatum; et propterea, quamdiu sonus idem quantitate manet, quo magis infiatio intendatur, eo ampliores oscillationes aëris in tubo contenti, non autem frequentiores esse oportere intelligitur. At oscillationum amplitudo tubi amplitudine ita determinatur, ut certum terminum transgredi non possit; quare si tibia fortius infietur, quam ad istum gradum requiritur, eundem sonum edere non poterit.

41. De chordis autem, quibus tibiae similes sunt censendae, tam ex theoria quam experientia constat posse chordae tensae utramque medietatem seorsim suas oscillationes perficere, ita ut ea chorda non sonum solitum, sed octava acutiorem edat; id quod, si partes sint inaequales, fieri non potest. Similiter in tres partes aequales cogita ti one

saltem di visa chorda ita potest contremiscere, ut singulae partes seorsim, tanquam si ponticulis essent separatae, vibrationes absolvant atque sonum solito acutiorem, nempe duodecimam, exhibeant. Idem etiam valet de quatuor pluribusque partibus chordae aequalibus. Haec autem, quomodo effici et experimentis confirmari queant, ostendit Cl. D. SAUVEUR in Comment. Acad. Scient. Paris. An. 1701.

42. His igitur ad tibias accommodatis intelligitur fieri posse, ut utraque tibiae medietas seorsim oscillationes perficiat eoque sonum octava acutiorem edat. Quo in casu, cum oscillationes duplo sint frequentiores, maior quoque infusus vis locum habebit. Ex quo sequitur, si infusus ultra determinatum illum gradum augeatur, tum oscillationes ad hunc casum se esse accommodatas sonumque octava acutiorem proditurum. Simili modo cum et hic detur gradus, quem inflatio excedere non debet, si etiam hic transeat, tum singulae tertiae aëris in tubo contenti partes seorsim oscillare incipient, ex quo sonus triplo acutior seu primi duodecima proveniet. Atque porro si infusus augebitur, tum quartis partibus oscillantibus sonus duabus octava vis acutior audietur, et ita porro.

43. Hisce etiam tubarum buccinarumque, quanquam in ceteris non eam quaro tibiae tenant rationem, nititur natura eaque proprietas, qua sola infusio intensio soni eius moderentur. His enim instrumentis non omnes soni eduntur, sed ii duntaxat, qui exprimuntur numeris integris 1, 2, 3, 4, 5, 6 etc., sicque in infima octava inter 1 et 2 nullum sonum medium edunt, in sequente inter 2 et 4 unum medium 3, qui est ad 2 quinta, in tertia octava inter 4 et 8 habent tres 5, 6, 7 et in quarta 7 intermedios. Horum vero instrumentorum structura eiusmodi esse videtur, ut qui vis sonus valde angustus habeat limites infusio ideoque parum tantum intenso vel remisso flatu sonus vel acutior vel gravior prodeat.

44. Quae hactenus de tibiis dicta sunt, pertinent potissimum ad eas, quarum tubi habent formam vel prismaticam vel cylindricam. Quales autem sonos edant, si tubi fuerint vel divergentes vel convergentes vel alius cuiusdam figurae, difficilius est determinare. Semper tamen huiusmodi quaestiones ad chordas reduci possunt; figura enim tibiae quacunque proposita oportet chordam similem considerare et, quem sonum sit editura, investigare; quo facto, si ipsa chorda aërea ponatur et pondus tendens aequale vi atmosphaerae, habebitur sonus, quem ea tibia reddet. Atque si hoc problema universaliter solvetur pro quacunque tibiae figura, apparebit simul maxime nota proprietas tiliarum prismaticarum, quae supra apertae sonum octava graviorem edunt.

45. Alia instrumenta, quae cum tibiis aliquam affinitatem habere videntur, sunt tubae, buccinae etc., quae quidem solo inflatu sonum non edunt, sed sonum ex ore cum flatu coniunctum requirunt, quem tum mirifice autem vehementioremque reddunt, simili modo, quo tubae stentoreophonicae voces tantopere augmentant. Melius autem huiusmodi instrumenta cognoscuntur ex iis, quae in organis pneumaticis ad eorum imitationem adhibentur; excitantur; haec autem solo infusu, sed in peristomio insertae sunt lamellae elasticae, quae a vento immisso motum tremulum recipiunt sonumque

Chapter 1 of Euler's E33:
TENTAMEN NOVAE THEORIAE.....
Translated from Latin by Ian Bruce; 6/9/2018.
Free download at 17centurymaths.com.

36

debilem quidam edunt; sed dum is per tubum adiunctum progreditur, tantam ab eo vim
acquirat, ut sonos tubarum vel buccinarum egregie imitetur.