کوک کردن ساز با سیستم‌های گوناگون

دکتر مصطفی کمال پورتراب

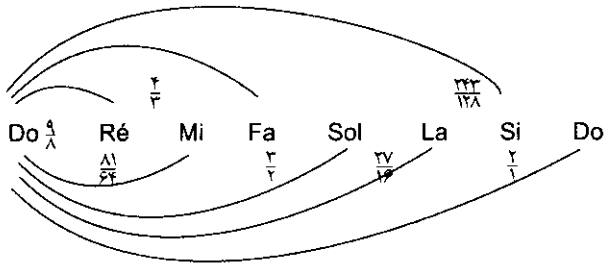
هرنوازنده، قبل ازاجرای اثر موسیقایی مورد نظر خود ناچار است ساز خود را برای نوازندگی آماده، یعنی آن را کوک (Tune) کند. این عمل مطلوب باعث می‌شود که گوش‌های تربیت شدهٔ شنوندگان پس از شنیدن اثر، صداهای آن را (به اصطلاح آلمانی) فالش (Falsch) یا ناکوک (tune out of) احساس نکنند؛ ولی آنچه که اغلب شنوندگان از آن بی‌اطلاع‌اند این است که حتی صداهای به‌ظاهر درست و تمیز نیز در شرایط مختلف، از نظر "بسامد" (Frequency) با یکدیگر متفاوتند.

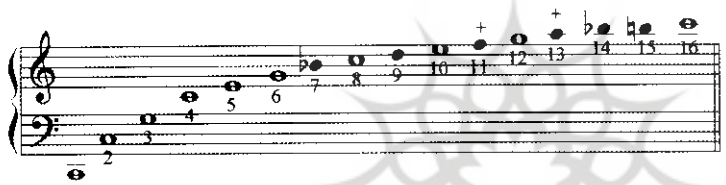
برای روشن شدن موضوع باید بدانیم که در ساز ویلن (violon) صدای سیم‌های چهارگانه آن به ترتیب "می" (E)، "لا" (A)، "ر" (D) و "سل" (G) است که اگر سیم "لا" را با "کوکه" (Diapason)ی ۴۴۰ سیکل برثانیه (440 c.p.s) کوک و سیم‌های دیگر را به طریق معمول با آن تنظیم کنند سیم "ر" دقیقاً بسامدی معادل $\frac{2}{3}$ آن یعنی حدود ۲۹۴ سیکل، و سیم "سل" $\frac{2}{3}$ سیم "ر" یعنی ۱۹۶ سیکل و سیم "می" فاصله‌ای با نسبت $\frac{3}{2}$ سیم "لا" یعنی بسامدی معادل ۶۶۰ سیکل برثانیه خواهد داشت؛ ولی بقیهٔ صداها با جزئی اختلاف دارای بسامدهایی غیرواقعی خواهند بود و همان‌طور که آب، در دمای بالاتر از صد درجهٔ سانتی‌گراد به بخار و در دمای پایین‌تر از صفر درجه تبدیل به یخ می‌شود، فاصله (Interral)های موسیقایی مطلوب نیز در شرایط مختلف می‌توانند تا حدی نامطلوب جلوه‌گر شوند. در این شرایط، نوازندهٔ متخصص، با استفاده از احساس و تجربیات خود این فاصله‌ها را متناسب با صداهای قبلی و بعدی طوری تنظیم می‌کند که شنوندگان، آن را مطبوع طبع خود می‌یابند. ولی بعضی از افراد که دارای گوش‌های تربیت شده نیستند و هم‌چنین کسانی که به

دلیل عدم آگاهی خود دچار اشتباه حواس شده‌اند (مانند کسی که "سراب" را آب واقعی تصور می‌کند) اغلب، اصوات صحیح را نادرست و نامطلوب احساس کرده و آنها را فالش (Falsch) می‌نامند. برای روشن شدن موضوع، در این مورد، یکی از تحقیقات فیثاغوث (Pythagoras) راه‌گشا خواهد بود. فیثاغورث فیلسوف و ریاضی‌دان یونانی که شش قرن قبل از میلاد می‌زیسته است و از جملهٔ مکاشفات او سیستم دهدهی (Decimal system) جدول ضرب و قضیهٔ روابط اضلاع مثلث را می‌توان نام برد، با استفاده از یک مونوکورد (Monochord) فاصلهٔ اکتاو (octave) هفتم یک صدا را با دوازدهمین فاصلهٔ پنجم درست (Perfect fifth) همان صدا مقایسه و محاسبه کرد. اگر ما امروز، این محاسبه را از مبنا (Base)ی بم‌ترین (Lowest) "دو"ی ساز پیانو انجام دهیم به همان نتیجه می‌رسیم. به این معنی که نسبت فاصلهٔ هفت اکتاو بالاتر از این صدا، (آخرین "دو"ی پیانو) عدد دو به توان هفت، معادل ۱۲۸ خواهد بود. حال اگر نسبت $\frac{3}{2}$ را که معرف فاصلهٔ پنجم درست است به توان دوازده برسانیم یعنی دوازده فاصلهٔ پنجم درست از نخستین دوی پیانو بالا برویم به صدای سی دی یز (Si diese) با نسبت "۱۲۹/۷۴۳۳۸" می‌رسیم که اختلاف آن با آخرین دوی پیانو معادل "۲۳/۴۶ سنت" (cent) خواهد بود که آن را کوما (comma)ی فیثاغورثی می‌نامند. این اختلاف با توجه به "حد حساسیت" برای گوش‌های تربیت شده که "۱/۷۳" سنت است حدود چهارده برابر است که البته برای گوش مردم عادی که "۲۱/۵" سنت است ۱/۰۹ برابر خواهد بود. این امر، که تا چه حد، حساسیت گوش‌ها با هم متفاوت است، روشن می‌کند: «همان‌طور که دیدگاه افراد، به دلایل علمی، با یکدیگر متفاوت است، شنودگاه آنها نیز می‌تواند تفاوت‌هایی را از نظر صداهای درست Tuned و نادرست Tuneless احساس کند.» از آنجا که طی قرون گذشته، اغلب موسیقی‌دانان با علم صوت‌شناسی (Acoustics) آشنا نبوده‌اند و عدم اطلاع در این مورد خاص، باعث اختلاف نظرهای اساسی بین آنها شده است، به نظر می‌رسد که تشریح چگونگی انواع فاصله (Interval)های موسیقایی از نظر آکوستیک، وسعت دید و آگاهی آنها را بیش از پیش افزایش داده و آنها را بیشتر به واقعیت امر آشنا می‌کند. از زمان فیثاغورث به بعد، با محاسباتی که بر مبنای نظریات او، برای ایجاد نظامی به نام سیستم فیثاغورث (Pythagoriam System) انجام شد و فاصله‌های یک پرده‌ای و نیم‌پرده‌ای به ترتیب با نسبت‌های $\frac{9}{8}$ و $\frac{256}{243}$ معرفی گردید. نتیجهٔ این محاسبات این بود که تمامی فاصله‌های متصل (conjunct) در گام، از فاصلهٔ اکتاو با نسبت $\frac{2}{1}$ و پنجم درست با نسبت $\frac{3}{2}$ که مبنای کار او بود حاصل شد. به این ترتیب که، با تقسیم نسبت $\frac{2}{1}$ به $\frac{3}{2}$، یعنی تفاصل فاصله اکتاو از پنجم درست، فاصلهٔ چهارم درست؛ با نسبت $\frac{4}{3}$؛ و با تقسیم نسبت $\frac{3}{2}$ به $\frac{4}{3}$ یعنی تفاضل فاصله پنجم درست از چهارم درست فاصلهٔ دوم بزرگ با نسبت $\frac{9}{8}$ حاصل شد سپس با تضریب دو فاصلهٔ دوم بزرگ با نسبت $\frac{9}{8}$ به یکدیگر، فاصلهٔ سوم بزرگ با نسبت $\frac{81}{64}$ به وجود آمد و با تقسیم نسبت $\frac{4}{3}$ معرف چهارم درست به نسبت $\frac{81}{64}$، فاصلهٔ نیم‌پرده‌ای با نسبت $\frac{256}{243}$ یعنی تفاضل چهارم درست از سوم بزرگ حاصل شد و در نتیجه فاصله‌های متصل گام فیثاغورث با این نسبت‌ها معرفی گردید:

Do $\frac{9}{8}$ Ré $\frac{9}{8}$ Mi $\frac{256}{243}$ Fa $\frac{9}{8}$ Sol $\frac{9}{8}$ La $\frac{9}{8}$ Si $\frac{256}{243}$ Do

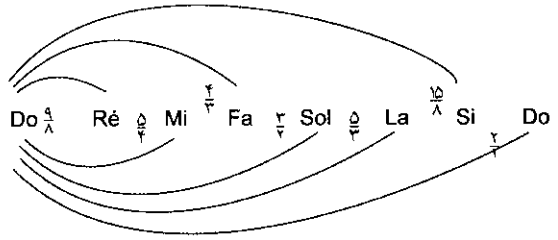
که فاصلهٔ درجات آن با درجهٔ نخست به این صورت بود:



سیستم دیگری که با سیستم فیثاغورث از نظر پرده و نیم‌پرده و در نتیجه فاصلهٔ بین درجات اول و سوم و سوم و ششم تفاوت دارد، منسوب به آریستوکسن (Aristoxène) فیلسوف یونانی است که چهار قرن قبل از میلاد می‌زیسته است. این سیستم بر مبنای اصوات هم‌آهنگ (Harmonics) یا فرآهنگ‌های یک صدای "بم" (Basse) یا "طیف" (spectre) آن به وجود می‌آید که صداهای آن در شرایط معینی شنیده می‌شوند:

در این سیستم، تمامی صداهای فاصله‌های هشتم، دوازدهم، پنجم و چهارم درست (perfect) که نسبت‌های آنها یعنی اعداد یک، دو، سه و چهار را چارگان مقدس (Holy Tetractys) نامیده‌اند، با سیستم فیثاغورث تفاوتی ندارد ولی نسبت "فراهنگ" سوم و پنجم ($\frac{5}{4}$)، که در سیستم فیثاغورث $\frac{27}{16}$ است، و فراهنگ چهارم و پنجم $\frac{5}{4}$، که در سیستم فیثاغورث $\frac{81}{64}$ است و هم‌چنین پرده (whole-tone)ی $\frac{10}{9}$ (نسبت بین فراهنگ‌های نهم و دهم) و معادل آن بین درجات پنجم و ششم گام، و نیم‌پرده (Half-tone)ی $\frac{16}{15}$ (نسبت بین فراهنگ‌های پانزدهم و شانزدهم) با یکدیگر تفاوت دارند. در نتیجه فاصله‌های متصل، (conjunct) در گام آریستوکسن که بعدها به وسیلهٔ جوزپّه تزارلین (Giuseppe Zarlino) تئوریسین بزرگ ایتالیایی (۱۵۹۰-۱۵۱۷) با تغییراتی مورد استفاده قرار گرفت و از آن به بعد به نام گام "زارلن" (Zarlin) یا گام فیزیکی نامیده شد با این نسبت‌ها:

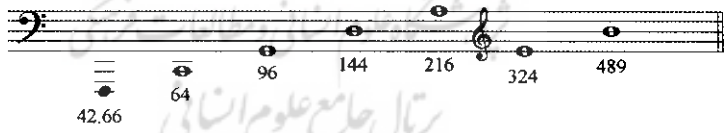
Do ۹/۸ Ré ۱۰/۹ Mi ۱۶/۱۵ Fa ۹/۸ Sol ۱۰/۹ La ۹/۸ Si ۱۶/۱۵ Do

و فاصلهٔ درجه (Degree)ی اول آن با سایر درجات با این نسبت‌ها معرفی گردید:

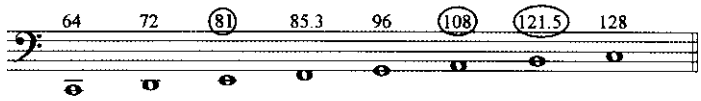


با توجه به کوچک‌ترین فاصلهٔ موسیقایی یعنی سنت (cent) که به وسیلهٔ الکساندر جی الیس (Alexander J. Ellis) متولد ۱۸۱۴ ابداع شده و بر مبنای آن یک فاصلهٔ هشتم (octave) معادل ۱۲۰۰ سنت است و به دوازده قسمت مساوی تقسیم شده است، تفاوت‌های دو سیستم فیثاغورث و زارلن به این شرح است:

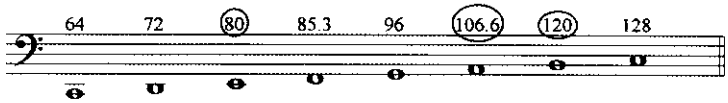
در سیستم فیثاغورث فقط یک نوع فاصلهٔ پرده‌ای به مقدار ۲۰۴ سنت و یک نوع نیم‌پرده که آن را نیم‌پردهٔ کوچک (demi-ton mineur) می‌نامند به مقدار ۹۰ سنت وجود دارد؛ ولی در سیستم زارلن علاوه بر پردهٔ ۲۰۴ سنتی، (که آن را پردهٔ بزرگ (Ton majeur) می‌نامند) یک پردهٔ ۱۸۲ سنتی به نام پردهٔ کوچک (Ton mineur) و یک نیم‌پردهٔ بزرگ (demi-ton majeur) ۱۱۲ سنتی وجود دارد. این امر باعث شده است که بین فاصلهٔ سوم بزرگ گام فیثاغورث به مقدار ۴۰۸ سنت و سوم بزرگ گام زارلن به مقدار ۳۸۶ سنت و هم‌چنین معکوس‌های آنها: ششم بزرگ گام فیثاغورث دارای مقدار ۹۰۶ سنت و ششم بزرگ گام زارلن دارای مقدار ۸۸۶ سنت و هم‌چنین فاصلهٔ هفتم بزرگ گام فیثاغورث دارای مقدار ۱۱۰۹ سنت و هفتم بزرگ گام زارلن دارای مقدار ۱۰۸۸ سنت تفاوت حاصل شود. از زمانی که کوک (Tuning) سازها در مغرب زمین بر مبنای فاصلهٔ هشتم (octave) با نسبت یا ۱۲۰۰ سنت گذاشته شد ولازم بود برای پیدا کردن صداهای دیگر از فاصلهٔ پنجم درست "خالص" (Pure) با نسبت $\frac{3}{2}$ یا حدود ۷۰۲ سنت استفاده شود، این فاصلهٔ نسبتاً کوچک یعنی کومای فیثاغورثی با مقدار ۲۳/۴۶ سنت خود که حدود یک نهم پرده بود اشکالاتی را به وجود آورد. به این معنی که برای تشکیل گام دیاتونیک (Diatonic scale) بر مبنای یک صدا، مجبور بودند از پنج فاصلهٔ پنجم درست بالا رونده و یک پنجم درست پایین رونده استفاده کنند. به عنوان مثال، برای تشکیل گام دوی بزرگ بر مبنای صدای ۶۴ دور بر ثانیه (64 c.p.s) باید این عدد را پنج بار در نسبت $\frac{3}{2}$ ضرب و یک بار به آن تقسیم کنند. در نتیجهٔ این محاسبه صداهایی مانند این نمونه با این بسامد (Freqvency)ها به‌وجود می‌آید:



که اگر برای تشکیل گام دوی بزرگ آنها را در سطح واقعی خود قرار دهند به این صورت درمی‌آید:



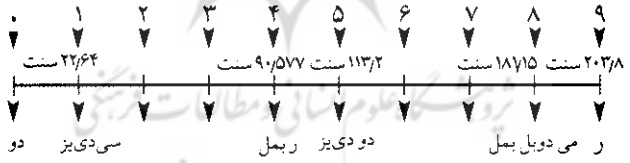
که در گام فیزیکی یا زارلن به این صورت است:



تفاوت‌هایی که میان درجات سوم و ششم و هفتم در این دو گام ملاحظه می‌شود باعث شده

است تا اختلاف نظرهایی از اوائل قرن شانزدهم میان طرفداران فیثاغورث و زارلن به‌وجود آید. به این ترتیب بعضی از موسیقی‌دانان فواصل سوم و ششم و هفتم به ویژه فاصلهٔ سوم با نسبت $\frac{81}{64}$ فیثاغورث را برای استفاده در فن کنترپوان (counterpoint) مناسب ندانسته و فاصلهٔ سوم با نسبت $\frac{5}{4}$ مربوط به زارلن را فاصلهٔ "سوم خالص" (Pure third) نامیده و آن را برای این امر مناسب‌تر تشخیص دادند و به منظور رفع این نقیصه با قراردادن فاصلهٔ سوم خالص (Pure third) به جای سوم فیثاغورث، سیستم جدیدی را به نام "لحن دقیق" (Just intonation) که آلمانی آن(stimmung Reine) است، برای کوک سازها به‌وجود آوردند. ولی متأسفانه اشکال جدیدی که در این سیستم به‌وجود آمد ناملایم (Dissonant) بودن فاصلهٔ بین درجهٔ دوم با ششم گام در این سیستم بود که به جای ۷۰۲ سنت حاوی ۶۷۹ سنت بود، به خصوص که پس از اضافه شدن صداهای کروماتیک (Chromatic) به این سیستم، اشکالات افزایش یافت، به طوری که نوازندگان سازهای زهی، از اجرای صداهای دی یز (Diese) دار که باید از بمل (Bemol) دارهای معادل آنها زیرتر باشد اظهار نارضایتی می‌کردند. این فرآیندها و اشکالات دیگری که به‌تدریج به‌وجود آمده بود از سال ۱۵۲۳ راه را برای استفاده از سیستم دیگری به نام اعتدال متوسط (Mean-tone Temperament) هموار کرد. این سیستم بیشتر در سازهای شستی‌دار (Keyboard instruments) در اواخر دوران رنسانس (Renaissance) و اوایل دوران باروک (Baroque) کاربرد داشت و محاسبهٔ آن به این ترتیب بود که حاصل ضرب نسبت چهار فاصلهٔ پنجم درست $(\frac{3}{2})^4$ از مبنای نت دو به دو اکتاو پایین‌تر انتقال داده می‌شد، $\frac{81}{64} = \frac{1}{4} \div (\frac{3}{2} \times \frac{3}{2} \times \frac{3}{2} \times \frac{3}{2})$ که حاصل آن سوم بزرگ سیستم فیثاغورث $\frac{81}{64}$ بود. سپس این نسبت به فاصلهٔ سوم بزرگ گام زارلن $\frac{5}{4}$ تقسیم می‌شد. نتیجهٔ این عمل، کمای سنتنیک (syntonic comma) با نسبت $\frac{81}{80}$ بود. سپس این کما را به چهار قسمت تقسیم می‌کردند $(\sqrt[4]{\frac{81}{80}})$ و نتیجه ۵/۳۷۷ سنت می‌شد. با کم کردن این فاصله از فاصلهٔ پنجم‌های درست خالص (Pure) پنجم‌هایی به‌دست می‌آمد که به جای ۷۰۲ سنت دارای ۶۹۷ سنت فاصله بود که تا حدودی با فاصلهٔ سوم خالص هماهنگ بود ولی با مایه (Tonality)هایی که بیش از دو بمل (Bémol) یا سه دی یز(Diése) اختلاف داشتند مطابقت نمی‌کرد و باعث ایجاد اصوات غیر هارمونیک (Enharmonic) می‌گردید. این اشکال نیز در زمان باخ (J.s Bach) به وسیلهٔ آندرآس ورک مایستر (Andreas Werckmeister) در سال ۱۶۹۱ و یوهان گئورگ نایدرهارت (Johann Georg Neidhardt) در سال ۱۷۳۲ محاسبه گردید. در این سیستم با تقسیم فاصلهٔ هشتم درست به دوازده قسمت مساوی، $(\sqrt[12]{2})$ که در آن مقدار هر نیم‌پرده صد سنت و هر پرده دویست سنت است، روش تعدیل مساوی (Equal Temperament System) ابداع گردید که گام آن به نام "باخ" نامیده شده است. البته این سیستم که تا زمان حاضر نیز متداول است فقط مربوط به سازهای شستی‌دار مانند اسپی‌نت (Spinet) و هارپسیکورد (Harpsichord) و ارگ (Organ) و پیانو (Piano) و سازهای دارای پرده‌بندی ثابت مانند گیتار (Guitar) ماندولین (Mandolin) و غیره است، بنابراین سازهای زهی (Stringed instruments)بدون پرده‌بندی مانند ویلن (Violin)، ویولا (Viola)، ویلنسل (Violoncello) با توجه به کوک سیم‌هایشان که با نسبت پنجم خالص$(\frac{3}{2})$ و کنترباس (Double bass) که با نسبت چهارم خالص$(\frac{4}{3})$ است، به ویژه در آثاری که برای چهارنوازی (Quartet) یا پنج‌نوازی زهی (Quintet) یا ارکستر زهی (String orchestra) تصنیف می‌شود از سیستم فیثاغورث، و سازهای

بادی (Wind Instruments) از سیستم فراهنگ‌های گام زارلن پیروی می‌کنند و به همین دلیل سازهای شستی‌دار و سازهای دارای پرده‌بندی ثابت در ارکستر سمفونیک (orchestra Symphonic) حضور ندارند ولی اگر قرار باشد آثاری مانند کنسرتو (concerto) پیانو یا کنسرتوی گیتار و غیره با ارکستر سمفونیک اجرا شود، سازهای زهی و بادی ارکستر به ناچار باید نوازندگی خود را از نظر تطبیق صداهایشان با این قبیل سازها مانند پیانو وغیره که دارای کوک ثابتی هستند مطابقت دهند. سیستم دیگری که در میان خوانندگان آواز یا سلفژ (Solfège) معمول است، کماتیک (Commatique) نام دارد که منسوب به ویلیام هلدر (William Holder) انگلیسی (۱۶۹۶-۱۶۱۴) است. در این سیستم کوچک‌ترین واحد فاصله، ریشهٔ پنجاه و سوم عدد دو ($\sqrt[53]{2}$) یا عدد دو به توان یک پنجاه و سوم ($2^{\frac{1}{53}}$) یعنی ۱٫۰۱۳۱۶۴۱۴ می‌باشد که معادل ۵٫۶۷۹ "ساوار" (savart) و ۲۲٫۶۴۳ سنت (cent) است. هر پرده (whole-tone) در این سیستم معادل نُه کمای هلدری است که نیم پردهٔ کروماتیک (chromatic) در آن، معادل پنج کما، و نیم‌پردهٔ دیاتنیک (Diatonic) معادل چهار کماست. بنابراین فاصله‌های گام دوی بزرگ (C Major scale) به ترتیب از تنیک (Tonic) دارای این نسبت‌ها با فاصلهٔ کمای هلدری هستند. نت دوی تنیک، مساوی با یک، نت "ز" (Rè) مساوی با عدد دو به توان نه پنجاه و سوم، نت "می" (Mi) معادل با عدد دو به توان هجده پنجاه و سوم، نت "فا" (Fa) مساوی با عدد دو به توان بیست و دو پنجاه و سوم، نت "سل" (sol) مساوی با عدد دو به توان سی و یک پنجاه و سوم، نت "لا" (la) مساوی با عدد دو به توان چهل، پنجاه و سوم، نت "سی" (Si) مساوی با عدد دو به توان چهل و نه پنجاه و سوم و نت دوی اکتاو مساوی با عدد دو. بنابراین در نقاط مختلف، با تقسیمات نه گانهٔ یک پرده‌ای هلدر، میان صدای "دو" (Do) و "ز" (Rè) نام نت‌ها و مقدار فاصلهٔ آنها برحسب سنت (cent) به این صورت است:



لازم به یادآوری است که امروزه فقط چهار سیستم از میان سیستم‌های یاد شده در کشورهای اروپایی، در موارد مختلف، معتبر شمرده می‌شود و این چهار سیستم عبارتند از: ۱. سیستم فیثاغورث برای سازهای زهی؛ ۲. سیستم زارلن برای هارمونی و سایر سازها (غیر از سازهای شستی‌دار و سازهای دارندهٔ پرده‌های ثابت)؛ ۳. سیستم اعتدال یکسان (temperament system Equal) یا سیستم باخ (Bach) برای تمامی سازهای شستی‌دار و سازهای دارای پرده‌بندی ثابت؛ ۴. سیستم هلدر برای آوازخوانان.

از آنجا که حساسیت گوش انسان در مورد تمامی فاصله‌های موسیقایی یکسان نیست و در این مورد شنونده، فاصله‌های هم‌صدای درست (per fect unison) هشتم درست (per fect octave)، دوازدهم درست (per fect twelfth) و پنجم درست (perfect fifth) را دقیق‌تر و بهتر از سایر فاصله‌ها تشخیص می‌دهد و احساس می‌کند و از طرف دیگر گوش افراد مختلف، دارای حساسیت و تشخیص یکسان نیست و فقط کسانی که در اثر توانایی ژنتیکی و یا تمرین زیاد به منظور تربیت

شنوایی موسیقایی، خود را به سطح‌های بالا تری ارتقاء داده‌اند، از حساسیت بالا تری برخوردار هستند. در نتیجه، این گونه افراد پس از شنیدن یا خواندن یک فاصله ممکن است کمتر دچار اشتباه شوند. تعیین مراتب تسلط در این مورد بستگی به آزمون‌های فنی دقیق دارد که نخستین مرحلهٔ آن در کلاس‌های سلفژ (Solfège) و دیکتهٔ موسیقایی(Musical dictation) یا کلاس‌های تربیت شنوایی (Gehorbildung) در کنسرواتوار (Conservatoire) ها به هنرجویان تعلیم داده می‌شود و مراحل بعدی آن در آزمایشاتی است که با استفاده از وسایل پیشرفتهٔ الکترونیک و دیجیتال، سنجش شنوایی (Audiometry) به وسیلهٔ متخصصان این فن برای تعیین کلیهٔ ویژگی‌های اصوات مانند: احساس شدت (Intensity) و بلندی (Loudness) و زیر و بمی (Pitch) و گسترهٔ صوتی (Compass) و دیرند (Duration) و رنگ صوتی (Tone-Color) و شناخت صدای سازهای مختلف و اصوات موجود در طبیعت مانند صدای آبشار، باد، ترمز اتومبیل، رعد و غیره و مقدار و میزان آنها انجام می‌شود. در این صورت پس از گرفتن گواهی‌نامهٔ قابل قبول از این مراکز، موسیقی‌دان یا فرد مدعی می‌تواند به خود اجازه دهد که صداهای موسیقایی به مقدار معینی را صحیح یا نادرست و به اصطلاح فالش (Falsch) بداند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی