

## فواصل و نسبت « فرکانس » ها

از نظر موسیقی، فاصله عبارتست از مسافتی که بین هر دو نوت موسیقی موجود است. برای اندازه گیری این مسافت دو نوع « واحد » در نظر گرفته میشود: یکی نیم پرده ها ای که بین دو نوت ابتدائی و انتهائی «فاصله» موجود است و دیگر نوت های موجود در آن.

همه میدانیم که ترتیب نوت های موسیقی بدین قرار است:

دو - ر - می - فا - سل - لا - سی - دو - ر - می . . . . .

واضح است در این ترتیب هر نوت مابین نوت قبل و بعد خود واقع میشود بنا بر این قبل از هر نوت « دو »، نوت « سی » و پس از آن « ر » است و این ترتیب از هر دو طرف ادامه دارد . . . . .




در موسیقی «معتدل» (Tempéré) فاصله ای که بین هر دو نوت متوالی واقع میشود

بر دو یوغ است که در اصطلاح موسیقی یکی را برده و دیگری را نیم برده نامند . بطوریکه در شکل صفحه قبل دیده میشود فاصله های نیم برده فقط در دو محل موجود است ( فاصله بین دو نوت Do و Si و بین دو نوت Fa و Mi ) و بقیه فواصل همه یکپرده ای هستند . در اینجا ذکر دو مطلب ضروری بنظر میرسد : یکی اینکه از نظر فاصله و محاسبه ریاضی آن هر نیم برده درست نصف فاصله یکپرده است و دیگر اینکه هر فاصله یکپرده بنوبه خود میتواند بدو فاصله نیم برده تقسیم شود . پس از بررسی این مقدمه ، اکنون میتوانیم بهتر بحث فاصله هر دو نوت در موسیقی بپردازیم .

موسیقیدانان برای تعیین فاصله دو نوت موسیقی از واحد « نوت های موجود » در آن دو استفاده میکنند مثلا در محاسبه فاصله موسیقی دو نوت « دو » و « فا » از روی ترتیب موجود ، از نوت « دو » ( یعنی نوت بم تر ) شروع بشمارش کرده تا نوت « فا » میرسند . و این تعداد را دنبال کلمه « فاصله » بشکل ترتیبی ذکر مینمایند :

۱      ۲      ۳      ۴

( دو - ر - می - فا ) ، بر طبق این شمارش : دو - فا ، فاصله چهارم است و فاصله دو نوت « سی » و « ر » ( سی - دو - ر ) فاصله سوم . قبلا گفته شده است که هر نوت موسیقی دارای فرکانس معینی است . مثلا « دو » ی

زیر حامل  دارای فرکانس ۲۵۶ می باشد ( یعنی اگر سیم یا هر جسم قابل

ارتعاشی در هر ثانیه ۲۵۶ مرتبه ارتعاش بکند صوت حاصل برابر نوت دو خواهد بود ) . اکنون اگر فاصله دو نوت موسیقی را - از نظر ریاضی - خواسته باشیم به سبب سهولت میتوانیم فرکانس های آن دو را بهم تقسیم نماییم . اگر بدانیم که فرکانس نوت فا برابر ۳۴۰ است فاصله ( دو - فا ) از نظر ریاضی عبارتست از :

$$\frac{4}{3} = \frac{256}{340}$$

یعنی نسبت فرکانس نوت بالا تر ( فا ) بنوت پائین تر ( دو ) مساوی با  $\frac{4}{3}$

می باشد .

فاصله دو نوت اکتاو عبارت از ۲ خواهد بود :

فاصله « دو » ی اکتاو به دو برابر با :

$$2 = \frac{512}{256}$$

با وسائل فیزیکی که امروزه در دست است میتوان فرکانس هر یک از نوت های

موسیقی را پیدا نمود و نسبتهای آنها را بیکدیگر محاسبه نمود. فرکانس و نسبت نوت‌های که امروزه در موسیقی بین‌المللی موجود است تشکیل گامی را میدهند که بنام گام معتدل (Tempérée) یا گام کروماتیک (Chromatique) موسوم است. اینگام از نظر موسیقی و عمل، ساده‌ترین و بی‌اشکال‌ترین گام موجود است که در زیر تشریح میشود.

گام معتدل - در این گام فقط دو نوع فاصله بین نوت‌های مجاور آن موجود است که عبارتند از: فاصله پرده و فاصله نیم‌پرده. در اینحال فاصله تمام «پرده»ها چه از نظر موسیقی و چه از نظر نسبت فرکانس آنها باهم برابرند. یعنی مثلاً فاصله دو تار با فاصله ر تامی با یکدیگر مساوی هستند فاصله پرده بین نوت‌های دو - ر، ر - می، فا - سل، سل - لا، لا - سی و فاصله نیم پرده بین نوت‌های می - فا و سی - دو قرار دارد:



واضحست که از نقطه نظر موسیقی و ریاضی فاصله نیم‌پرده درست نصف فاصله «پرده» است. در گام معتدل پرده‌ها میتوانند بدو نیم پرده مساوی تقسیم شوند. مثلاً نقطه وسط فاصله دو - ر عبارت از لغات «دودیز» یا «رېبل» خواهد بود. بعبارت دیگر اختصاصی که در این گام، یا بعبارت بهتر: در این مد (Mode)، موجود است اینکه در اینجا فاصله اکتاو - یعنی از نوت دو، اول تا نوت دو، اکتاو آن بدوازده قسمت مساوی تقسیم و مطابق ترتیب پائین هفت نوت موسیقی، در جاهای معینی ازین قسمتهای ۱۲ قرار داده شده است.



با در نظر گرفتن اینکه نسبت فرکانس نوت هشتم به نوت اول عدد ۲ است با تقسیم این فاصله به ۱۲ قسمت از روی شکل بالا، با محاسبات ریاضی (بعثت لکاربتم) میتوان نقاط مشخص نوت‌های موجود را یافته و محاسبه نمود.

تنظیم نوت‌های گام (یامد) بترتیب بالا، از زمان ژان سباستیان باخ (J. S. Bach) صورت گرفته و از آن زمان تا کنون موسیقی بین‌المللی با این خصیصه بترقی خویش ادامه داده است. باید گفت که معتدل شدن مد‌های موسیقی در زمان خود - بطوریکه بعداً خواهیم دید - اشکالات موجود زمان را که با وسایل محدود آن روز، مانعی برای ترقی

موسیقی بشمار میرفته است از پیش پا برداشته و موجب ترقی آن شده است و در عین حال خود سبب بروز اختلافاتی مابین موسیقیدانان و آکوستیسین ها گشته است . برای آنکه بهتر بریسه این « اختلاف نظر » آشنا شویم قبلا درباره مدهای دیگر که قبل از اعتدال وجود داشته است تحقیق نماییم :

## گام‌ها یا مدهای قبل از زمان اعتدال

قبلا بینیم گام چگونه بوجود آمد :

بامراجعه بمقاله « اکوستیک ، بدون فرمول » ( شماره پنجم ، مجله موسیقی ) میتوان چنین نتیجه گرفت که هر صدای موسیقی دارای تعداد معینی صداهای آرمونیک است . صداهای آرمونیک بترتیب دارای فرکانسهای دو ، سه ، چهار ، پنج ... برابر فرکانس صدای اصلی هستند ، واضحست اگر تعداد فرکانسهای صداهای آرمونیک تا حد کافی محاسبه شوند میتوان فرکانسهای تمام صداهای يك گام موسیقی را باز شناخت .

از روی نوت‌های شانزده گانه آرمونیک ( که در مقاله : اکوستیک بدون فرمول ، شماره پنجم این مجله ذکر شده ) میتوان فرکانس تمام نوت‌های گام را حساب نمود . اینك يك گام موسیقی :



پیدا کردن تعداد فرکانس هر يك از نوت‌ها - بمنظور یافتن نسبت آنها و تثبیت زیر و بمی صدای هر يك - وقتی امکان پذیر است که صدای اصلی ( صدای اول ) در مقدار معین فرکانس تثبیت شود ( نیز میتوان بجای تثبیت تعداد فرکانس صدای اول ، صدای دیگری از گام را تثبیت نموده بقیه نوت‌ها را از روی آن محاسبه نمود ، پیشینیان صدای لا را مبدأ قرار داده و آنرا بنام ۳ لا برابر فرکانس ۴۳۵ می گرفتند ) . صدای اول ( در مثال بالا دوی ۴ ) مساوی ۲۵۶ دنیاله ۳ دو گرفته شده است .  
تعداد فرکانس نوت دوم ( ر ) از آرمونیک نهم صدای اول ( دو ) بترتیب زیر حساب میشود :

تعداد فرکانس آرمونیک نهم ، نه برابر تعداد فرکانس صدای اصلی ( ۲۵۶ ) میباشد و در انتقال آن صدا ، بصدای بعد از نوت اول باید آنرا سه اکتاو پائین بیاوریم بعبارت دیگر باید فرکانس آنرا سه بار تقسیم بر ۲ بنماییم ( یا آنرا یکبار به بخش

بر  $2 = 8$  کنیم ( محاسبه زیر بدست می آید :

$$\text{صدای ر : } \frac{256 \times 9}{8} \text{ یا } \frac{256 \times 9}{8}$$

بطوریکه ازین محاسبه استنباط میشود نسبت فرکانس صدای دوم با اول برابر با

$$\frac{9}{8} \text{ است .}$$

— برای پیدا کردن فرکانس صدای سوم (می) باژ بدنال آرمونیک پنجم میرویم و چون این آرمونیک در اکتاو دوم صدای اول قرار دارد آنرا نیز دوبار تقسیم بر ۲ مینمائیم ( یا یکبار تقسیم بر ۴ میکنیم )

$$\text{صدای می : } \frac{256 \times 5}{4} \text{ یا } \frac{256 \times 5}{4}$$

پس نسبت فرکانس صدای سوم با اول برابر  $\frac{5}{4}$  است .

برای رسیدن نسبت فرکانس درجه چهارم کام با اول دقت بیشتری لازم است . که از راه آسانتری آنرا بدست آوریم . اگر بجای صدای اصلی یعنی درجه اول کام ، درجه چهارم مبدأ قرار گیرد ، آرمونیک سوم آن برابر نوت اول ( در مثال بالا ) در اکتاو دوم بالا خواهد بود .



عبارت دیگر در شکل ۶ نسبت نوت (۳) به نوت (۱) برابر عدد ۳ است و بنابراین نسبت نوت (۳) بنوت (۲) برابر  $\frac{3}{2}$  و معکوس این نسبت برابر  $\frac{2}{3}$  است . که در اینجا نوت «فا» ( یعنی درجه چهارم کام اصلی ) در اکتاو پایین تر از اکتاو مورد نظر قرار گرفته است و برای محاسبه نسبت نوت «فا» ( درجه چهارم ) بنوت اول ، نسبت  $\frac{2}{3}$  را در عدد ۲ ضرب مینمائیم .

$$\text{نسبت «فا» به «دو» ... } \frac{2}{3} \times 2 = \frac{4}{3}$$

محاسبه نسبت فرکانس نوت پنجم به اول نیز بسیار آسانست . چه صدای منظور یک اکتاو پایینتر از آرمونیک سوم قرار دارد و بنابراین نسبت آن بنوت اول

برابر  $\frac{3}{7}$  خواهد شد .

صدای ششم گام از روی آرمونیک سیزدهم پیدا میشود ، و چون سه اکتاوپایین میآید و رکانس آن برابر  $\frac{256 \times 13}{2 \times 2 \times 2}$  میگردد و نسبت آن بنوت اول برابر  $\frac{13}{8}$  خواهد بود :

نوت هفتمی نیز در این گام از روی آرمونیک پانزدهم یافت میشود و این صدا نیز سه اکتاوپایین میآید :

$$\frac{256 \times 15}{2 \times 2 \times 2} = 265 \times \frac{15}{8}$$

نسبت آن بنوت اول برابر  $\frac{15}{8}$  میشود .

خلاصه حسابهای بالا عبارتست از :

دو	سی	لا	سل	فا	می	ر	دو
۲	۱۵	۱۳	۳	۴	۵	۹	۱
	۸	۸	۲	۳	۴	۸	

گامیکه با این فواصل و نسبت ها تشکیل شود بنام گام طبیعی یا گام زارلن موسوم است .

اما گامیکه امروزه بنام گام طبیعی ( یا گام دیاتونیک ) موسوم است اختلاف کوچکی با گام محاسبه شده بالا دارد؛ ما در محاسبه نسبت فواصل بالا ، نوت چهارم (فا) را از صدای آرمونیک صدای اصلی (دو) استخراج نکردیم زیرا چنانچه برای یافتن موقعیت این نوت بسراغ صداهای آرمونیک میسر رفتیم در آرمونیک یازدهم بصدائی میرسیدیم که به نوت فادیز نزدیکتر میبود و در آن صورت پس از محاسبه و تقسیم آن ، بفاصله چهارم درست نمیرسیدیم ( ۱ ) و چون اختیار کردن نوت فا بنسبت  $\frac{4}{3}$  ( چهارم درست ) صحیح تر از اختیار آرمونیک یازدهم صدای اصلی

( بنسبت  $\frac{11}{8}$  ) است نسبت اولی را اختیار کردیم .

اما اختلاف دیگر اینکه موسیقیدانان و زیباشناسان نوت ششم گام را بنسبت

۱ - برای یافتن مفهوم چهارم درست بنثوری موسیقی مراجعه شود

$\frac{13}{8}$  قبول ندارند و میگویند که نسبت لا به دو باید برابر نسبت سی به ر باشد. ( در اصطلاح موسیقی امروز، هر دو در فاصله ششم بزرگ میخوانند ) نسبت نوت ر به دو برابر  $\frac{9}{8}$  و نسبت سی به دو برابر  $\frac{15}{8}$  است بنابراین برای یافتن نسبت سی به

ر باید کسر  $\frac{15}{8}$  را تقسیم بر  $\frac{9}{8}$  نمود :

$$\frac{15}{8} : \frac{9}{8} = \frac{5}{3} = \frac{\text{Si}}{\text{Ré}}$$

و همین ترتیب فاصله لا تا دو، برابر  $\frac{5}{3}$  میشود.

برای یافتن نسبت هر دو نوت مجاور بیکدیگر نسبتهای آنها را بهم تقسیم مینمائیم :

دو	سی	لا	سل	فا	می	ر	دو
$\frac{16}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{16}{8}$

بطوریکه دیدیم نوتها و درجههای این کام از روی طبیعت گرفته شده و نسبتهای طبیعی آنها حساب شده است. اما نسبتهای طبیعی بعلاوه نامساوی بودنشان خود مانعی برای پیشرفت موسیقی و تغییر تونالیت ( مدولاسیون Modulation ) است. اگر بدانیم که مفهوم کلمه «مدولاسیون» چیست، اشکالات اختیار این کام بخوبی واضح میشود.

مدولاسیون عبارتست از گرفتن همین نسبتها با شروع از نوت دیگری بغیر از دو، مثلا سل.

سل - فا - می - ر - دو - سی - لا - سل

کام بالا را، در پایین یکبار با نسبتهای مینویسیم که قبلا بین نوتها یافته ایم و بار دیگر با نسبتهای که در درجه های نظیر آن در کام دو یافت شده است.

سل - فا - می - ر - دو - سی - لا - سل

کام دیاتونیک که صدای اصلی آن دو باشد	$\frac{10}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{16}{8}$	$\frac{9}{8}$
کام دیاتونیک که صدای اصلی آن سل باشد	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{16}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{10}{8}$	$\frac{9}{8}$	$\frac{16}{8}$

بامقایسه دوسری نسبتها میتوان فهمید که ایندو فقط در سه نسبت (سومی، چهارمی و پنجمی) مشترک هستند و بقیه نسبتها نیز باید با اعمال ضرب و تقسیم

( یعنی « محاسبات ریاضی » ) مشابه گردد. واضحست که نتیجه این محاسبات ریاضی باید این باشد که تمام فواصل پی‌درپی در سری اول مانند فواصل سری دوم گردد. برای آنکه فاصله  $\frac{10}{9}$  تبدیل بفاصله  $\frac{9}{8}$  شود باید عددی پیدا کرد که

باضرب آن در  $\frac{10}{9}$  نتیجه  $\frac{9}{8}$  بدست آید این عدد بوسیله تقسیم ایندو کسر

$$\frac{9}{8} : \frac{10}{9} = \frac{81}{80}$$

بیکدیگر نیز یافت میشود :

و با این توصیف هر گاه بخواهیم عکس عمل بالا را انجام دهیم یعنی فاصله

$\frac{9}{8}$  را تبدیل به  $\frac{10}{9}$  بنمائیم ( برای یافتن فاصله لا - سی در کام سل ) ناچار باید کسر اول را تقسیم به عدد یافت شده ( ۸۱:۸۰ ) نمود.

همچنین برای تبدیل فاصله ۱۶:۱۵ به ۹:۸ باید عددی یافت که از تقسیم این دو کسر بدست می‌آید و این عدد را در فاصله ۱۶:۱۵ ضرب نمود.

$$\frac{9}{8} : \frac{16}{15} = \frac{135}{128}$$

و بالاخره برای عکس این تبدیل ( یعنی تبدیل ۹:۸ به ۱۶:۱۵ ) باید فاصله

$\frac{9}{8}$  را تقسیم به عدد بدست آمده نمود.

با در نظر گرفتن اینکه عمل مدولاسیون، در موسیقی جدید، به مراتب بیش از موسیقی دوره ماقبل کلاسیک مورد احتیاج است و ایضاً در نظر داشتن این مطلب که همیشه مدولاسیونها با همین نسبت ساده انجام نمیگیرند، یعنی باید برای تبدیل تمام فواصل پی‌درپی بیکدیگر اعدادی نظیر کسرهای بالا یافت، میتوان باین نکته رسید که :

اولاً: در هر عمل مدولاسیون احتیاج به محاسبات ریاضی داریم و اگر این نسبتها همگی قبلاً محاسبه شده و در روی اسبابهای موسیقی مثلاً تعبیه شده باشد. ( یعنی با تعیین سری هر کسر حساب شده مضارب مخصوصی در روی پیانو بگذاریم ) تعداد مضراپها و فواصل پیانو بسیار زیاد خواهد شد و تکنیک نوازندگی چنین سازی بسیار مشکل میشود.

ثانیاً: اگر بفرض تهیه چنین پیانومی امکان داشته باشد، سازهای دیگر عملاً ساختنشان باین ترتیب غیر ممکن است مثلاً چگونه ممکنست سازهای بادی که دارای تمام این فواصل باشند بوجود آورد؟

پس یا باید از عمل مدولاسیون صرف نظر نمود یا اینکه با مختصری اطمینان فواصل نوتها را کمی پس و پیش و آنها را مساوی کرد، یعنی برای فاصله برده فاصله ای بین دو



کسر  $\frac{9}{8}$  و  $\frac{10}{9}$  اختیار نمود و فاصله  $\frac{16}{15}$  را نیز درست نصف فاصله «برده» گرفت و آنرا «نیم برده» نامید. این عمل را اعتدال (Tempérament) میگویند. گامیکه با مساوی کردن فواصل بدست میآید، همان گام معتدل (Tempérée) است که در اول این مقال گفته شد. در آن گام فواصل موسیقی بسیار ساده تر شده است در حالیکه این فواصل از نظر طبیعت و محاسبات ریاضی بسیار مشکلتر و کسرهای نسبت فواصل بی دربی، دارای تعداد بیشتری است. همانطور که گفته شد فیزیک دانان با فواصل گام معتدل زیاد موافق نیستند و فواصل آنرا بدلائل گفته شده «طبیعی» نمیدانند و حقا نیز گفته آنها درست است زیرا با اختیار نسبت های معتدل شده ملایمت فواصل تا اندازه ای نقصان مییابد. در حقیقت ما برای این تغییر کمی «اغماض» بخرج داده ایم.

### پرویز منصوری



#### فستیوال هنری هلند

از ۲۵ خرداد تا ۲۴ تیرماه آینده «فستیوال» هنری جامعی شامل کنسرها و رسیتهال های موسیقی و اپرا و باله و نمایش و فیلم در شهر آمستردام تشکیل خواهد شد. در این فستیوال بین المللی منجمه رهبرانی چون «رافائل کو به لیک»، «پیر مونتو» و «هنچین گروه باله سلطنتی «سادلرزولز تیترا» لندن شرکت خواهند جست.