آکوستیک

«بدون فورمول»

دراین مقاله ، ازقوانینی مربوط بآکوستیک موسیقی (صدا شناسی درمورد موسیقی) صحبت میشود که موسیقی‌دان(بدون توجه باستدلال‌علمی) آنهارا درصدا-های موسیقی«احساس» مینماید .

اولین مسئله‌ایکه در آکوستیک بآن توجه میشود اینست که تولید «صوت» نتیجه چه‌عمل‌فیزیکی یامکانیکی است. همه اطلاع داریم، ودانش‌فیزیك نیزدرتأیید این«اطلاع» نظرمارا قاطع‌ترمیکندکه : صوت درنتیجه لرزش یا ارتعاش‌جسم مادی است . هرگاه بوسیله‌ای جسمی را بارتعاش در آوریم بدون تردید صوتی تولید خواهد شد.

مطلب دوم اینست که آیاتمام اصوات بوسیله گوش انسان قابل شنیدن‌هستند یا خیر ؟

درجواب‌این‌مسئله ، دانشمندان‌فیزیك وفیزیولوژی ثابت کرده‌اندکه دستگاه گوش‌طوری ساخته شده است که فقط اصواتی‌را میتواند بشنودکه تعداد ارتعاش‌آن درثانیه کمتر یا بیشتر ازحدمعینی نباشد. بعبارت واضحتر گوش انسان قادر نیست‌صداهای ارتعاشاتیراکه تعدادآن درثانیه از ۲۰ کمتر واز ۲۰۰۰۰ زیاد ترباشد بشنود. ۱

۱ــ این‌دورقم حد متوسط قدرت‌شنوائی گوش است . و بسیارهستندکسانیکه شنوائی‌شان ازین‌دورقم وسیع‌تر یامحدودترباشد یا اینکه وسعت قدرت‌شنوائی آنها ازیکطرف بیشتروازطرف دیگر کمترباشد .

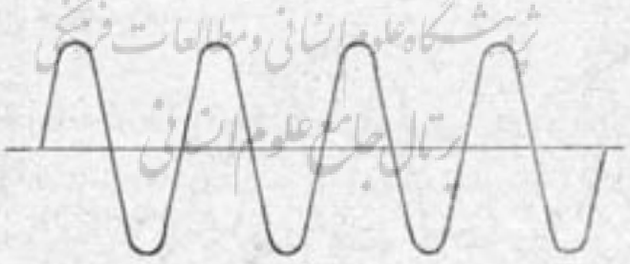
در اینمقال به تبعیت از اصطلاحات علمی به تعداد ارتعاش در ثانیه ـ فرکانس (Fréquence) گفته میشود .

بازهم ثابت شده است که هرچه فرکانس زیاد ترشود صوت زیرتر و بعکس هرچه فرکانس کمتر گردد صوت بم تراست واین یکی ازسه خصوصیت صوت است .

سه خصوصیت اصلی صوت یکی همانطور که گفته شد زیرو بمی آنست ودوتای دیگر یکی شدت وضعف ودیگری طنین (Timbre) آن میباشد .

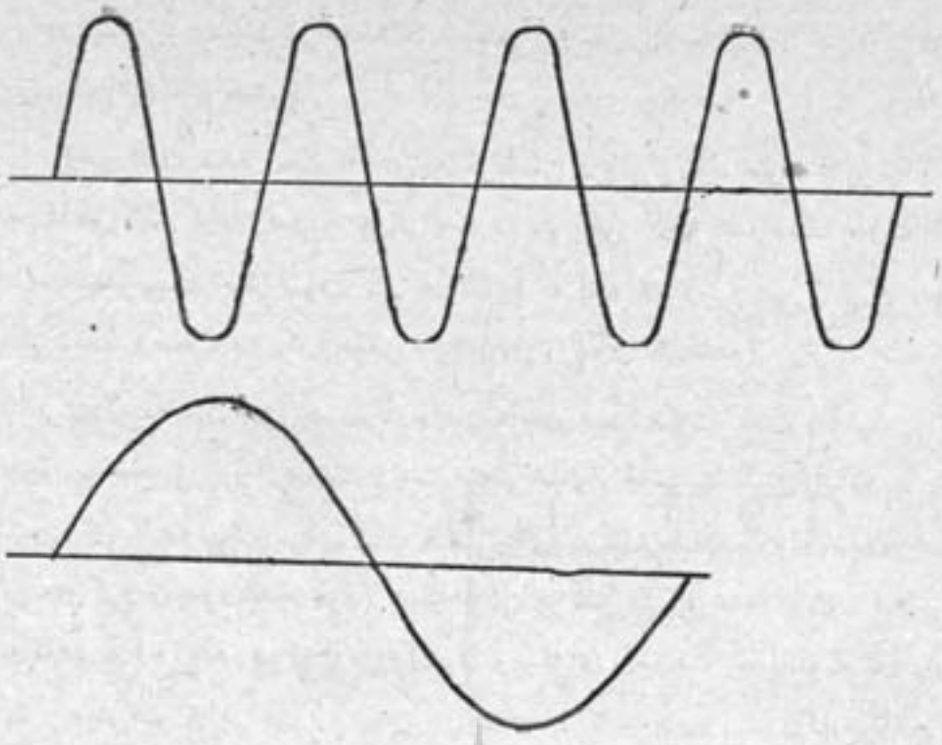
برای آنکه بهتر بتوانیم درباره هرسه خصوصیت صوت بحث وآنها را تحلیل کنیم ناچاریم صحبتی نیزازمبحث «ثبت منحنی‌های ارتعاشی» بمیان بیاوریم :

دستگاه ابتدائی که برای ثبت منحنی‌های ارتعاشی بکارمیرود ازیك استوانه دوار (درحال گردش بدورمحورخود) ویك سوزن مرتعش تشکیل شده است . قبلا برروی استوانه کاغذ دوده اندودی قرارداده آنرا بوسیله‌ای باسرعت یکنواخت بدوران در میآورند . سپس سوزن مرتعش را چنان درتماس با کاغذ دود اندود کارمیگذارند که در حرکت دورانی استوانه اثری از خود رسم نماید . باید دستگاه را چنان تنظیم کرد که اگر گردش استوانه بطور افقی است ارتعاش سوزن از بالا بپائین باشد . مسلم است که بدین ترتیب بوسیله چرخاندن استوانه (باسرعت ثابت ویکنواخت) ومنتقل کردن ارتعاش ـ یك صوت ـ بسوزن دستگاه ، میتوان فرکانس آن صوت را بطریق زیرحساب نمود : قبلا محاسبه شده است که درظرف یکثانیه چه طولی از کاغذ ازمقابل سوزن عبورمیکند . اگردردو نقطه ابتدائی و انتهائی این طول دوخط عمود برجهت گردش استوانه رسم کنیم بسهولت میتوانیم تعداد ارتعاشات را بشماریم .



بحث درباره قوانین مبادلات منحنی‌های حاصله ازحرکت ارتعاشی مربوط باین مقال نیست و فقط در اینجا مطالبی را بررسی خواهیم کرد که حتی‌المقدور مربوط بموسیقی باشد .

گفتیم که خاصیت اول صوت زیر و بمی آنست . درزیر، دومنحنی ارتعاشی دوصوت که فقط از نظرزیرو بمی اختلاف دارند نمایانده شده است .

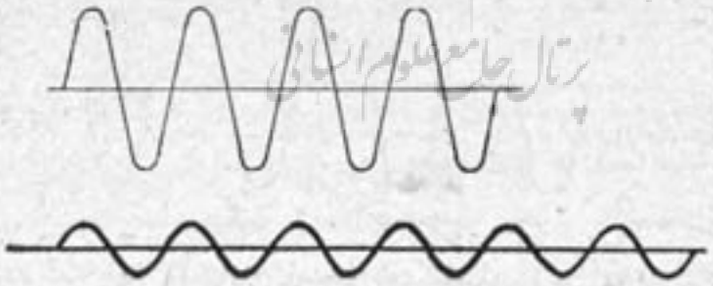


بطوریکه ملاحظه میشوددریك زمان مساوی ـ مثلا دریك ثانیه ـ فرکانس در منحنی اول بیش ازمنحنی دوم است .

هرگاه فرکانس یك صوت دو برابر فرکانس صوت دیگر باشد ایندوصوت دارای یك احساس صوتی هستند ودراصطلاح موسیقی آنهارا اکتاو (Octave) یکدیگر گویند .

خاصیت دوم شدت صوت است ؛ شدت صوتها فقط دردامنه حرکت سوزن تأثیرمیکند ومنحنی‌های ارتعاشی دو صوت که فقط از نقطه نظرشدت با هم اختلاف داشته باشند باین شکل خواهند بود :

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



بادقت مختصری درشکل بالا میتوان فهمید که طول موج فاصله بین دو نقطه‌ای که منحنی دریك جهت بامحور تقاطع میکند درهردومنحنی مساوی وفقط ارتفاع منحنی‌ها که معرف شدت صوت است مختلف است .

و بالاخره سومین خصوصیت صوت، طنین (Timbre) آنست . اختلاف

طنین ، دردوصدائیکه‌ازلحاظ شدت وفرکانس باهم مساویند درصورت ظاهرمیتوان دراختلاف زنگ دوصدای همشدت وهم فرکانس‌دوسازمختلف پیداکرد . واضحست که اگردوسازمختلف مانندپیانوورویلن یاقره‌نی وترمپت وغیره‌هردو، یکصدا را با شدت‌مساوی‌اجراکنند بسهولت میتوان‌آنهارا ازیکدیگر بازشناخت . اختلاف منحنی ساز هائی که دارای طنین های مختلف هستند با بررسی منحنی های زیر بخوبی واضح میشود :

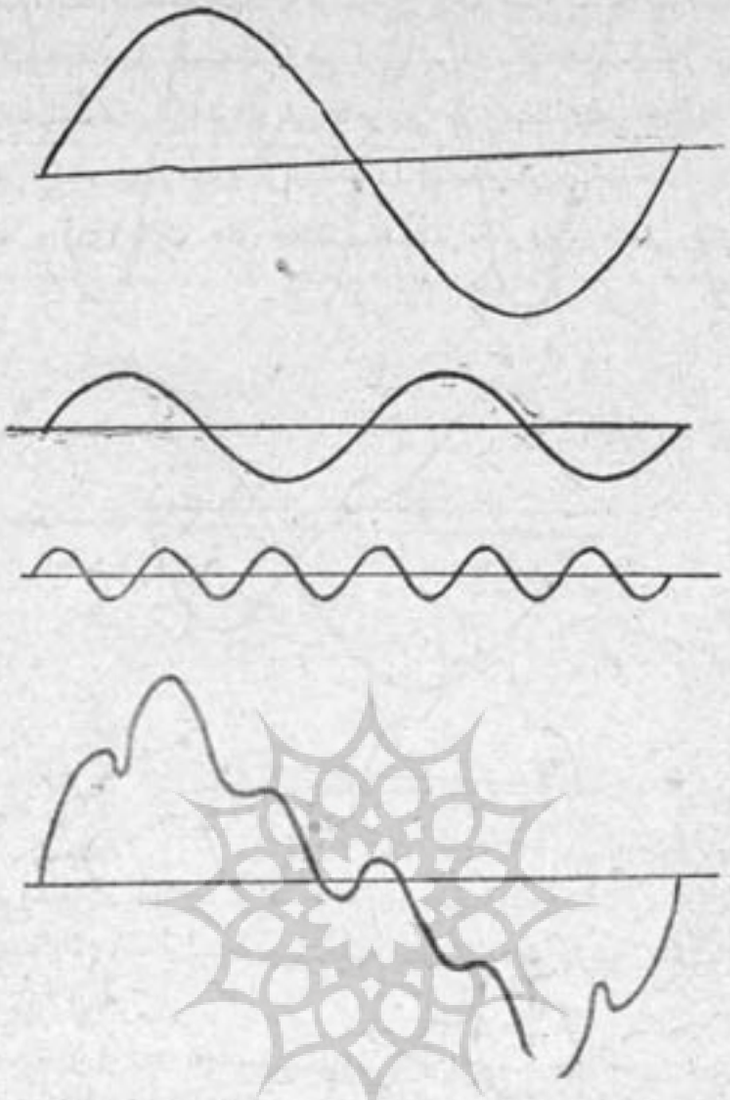
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

درشکل‌بالا سه‌منحنی داده شده عبارتست ازسه نوع ارتعاش که تظاهرصوتی آن درهریك ، یکنوع طنین‌خواهدبود . از بحث درباره اینکه چگونه شکلهای‌مختلف منحنی‌ها درطنین اصوات دخالت میکند بنتایج جالبی خواهیم رسید یعنی این نتیجه را خواهیم گرفت که چه ارتباطی بین عوامل تجزیه شده اصوات سازهای مختلف و منحنی‌های«مرکب» موجود است .

بهتراست قبلا چندکلمه راجع بتجزیه منحنی‌ها صحبت کنیم :

ازدقت دریك منحنی‌مرکب و تجزیه ریاضی وهندسی‌آن چنین فهمیده میشود که هرمنحنی‌خود ازچند منحنی‌ساده ترکیب یافته است .

درشکل‌صفحهٔ آینده منحنی پائینی ترکیبی‌ازسه‌منحنی‌دیگراست .منحنی‌ها بترتیب



از بالا بپائین دارای فرکانسهای زیرهستند :

منحنی اول : n فرکانس (n عددی است که بسهولت قابل محاسبه است)

منحنی‌دوم : ۲n فرکانس ـ فرکانس آن دو برابر فرکانس منحنی اول‌است.

منحنی‌سوم : ۳n فرکانس ـ فرکانس آن‌سه برابر فرکانس‌منحنی اول است.

ومنحنی‌چهارم ترکیبی ازسه منحنی قبلی‌است.

واضحست که هرمنحنی‌ساده بنوبه خود ازتأثیریك صوت ساده مانند صدای دیاپازون دوشاخه‌ای بدست‌آمده است .

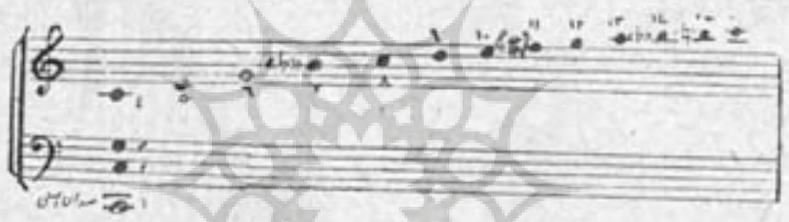
آیا این استنتاج بدین معنی است که اگرصوتی با طنین خاص منحنی‌چهارم تولیدکنیم اصوات موید سه‌منحنی ساده نیز باآن همراهند ؟

برای رسیدن باین نکته ما مجبوریم عملا آزمایش های مفصل دیگری انجام دهیم . خوشبختانه دانشمندان فیزیك این راه را مدتها قبل پیموده و بجواب مثبت

مسئله رسیده‌اند .

ماحصل تجربیات عدیده ایشان در اینبارهٔ اینست : هرگاه بوسیله یکی از آلات موسیقی، صوتی تولید کنیم غیرازصدای اصلی «تعدادی» صدای فرعی نیز با آن همراه‌است که بتوسط اسبابی بنام«رزناتور» (Résonnateur) شدیدتر شده و شنیده میشود .

تعداد و نوع صدا های فرعی دراسبابهای مختلف موسیقی فرق میکند و تنها اسبابی که تمام صدا های فرعی را تولید میکند عبارتست از زه‌کشیده‌ای که برروی جعبه‌ای‌توخالی تعبیه‌شده باشد. هلمهلتز (Helmholtz) اولین کسی است که صدا-های فرعی موجود دریك صدارا کشف نموده است .

اگر فرض کنیم که صدای اصلی دو (Do) باشد صدا های فرعی بترتیب دوی‌اکتاو، سل ، دو ، می ، سل ، سی ... و غیره خواهند بود. شکل‌زیر۱۶صدای فرعی را بترتیب نشان میدهد .

درشکل بالا نوت سفید (شماره ۱) صدای اصلی است و نوتهای سیاه بعداز آن بترتیب‌صداهای‌فرعی‌هستند بایددرنظرداشت که‌صداهای‌فرعی هرچه بالاترمیروند، شنیدنشان‌سخت‌تراست. چنانکه گوش‌ورزیده‌غیرمسلح (بدون‌دستگاه‌رزناتور) نمیتواند بیش‌از دوتا سه صدای فرعی‌را بشنود . ۱

ودیگر اینکه ادامه صداهای فرعی درطبیعت پایان ندارد وهرچه صداهای فرعی ازصدای اصلی دورتر شود فاصله خـود آن صداهـا بهم نزدیك‌تر میشود . (درشکل نیز پیداست)

باین ترتیب می بینیم که وجود تعدادی صدا های فرعی دریك صوت موسیقی کاملا درشکل منحنی آن‌صدا موثراست. اما باید دید چرامنحنی‌های ارتعاشی اصوات درسازهای مختلف فرق میکند . جواب این سئوال نیز پس‌از دریافت مطالب بالا بسیار آسان مینماید: درهرساز ، هرصدا باتعداد معینی صداهای فرعی همراه است. مثلا تعداد صداهای فرعی دریکساز فلوت (Flute) که درحال اجرای نوتDoاست احتمالا باتعداد صداهای فرعی سازدیگرمثلا هبوا (Hautbois) که درحال اجرای

---

۱ ــ بعضی اوقات استثنائاً گوشهای ورزیده تاصدای پنجمرا نیز میشنوند.

همان نوت است فرق میکند وهم اینکه ساختمان فلوت‌وهبوا از نقطه نظر رزنانس هریك طوری ساخته میشود که بتوانند سری صداهای فرعی مختلفی‌را تشدید کنند و هم این مطلب در نتیجه طنین وشکل منحنی‌های هریك تأثیر دارد .

درشماره بعد درباره نسبت‌فرکانسهای‌صداهای موسیقی‌وتأثیر آنها در ملایمت فواصل بحث خواهد شد .

پرویز منصوری

نوازندهٔ چنگ

قسمتی ازیك مینیاتور ایرانی منسوب به‌قرن شانزدهم میلادی