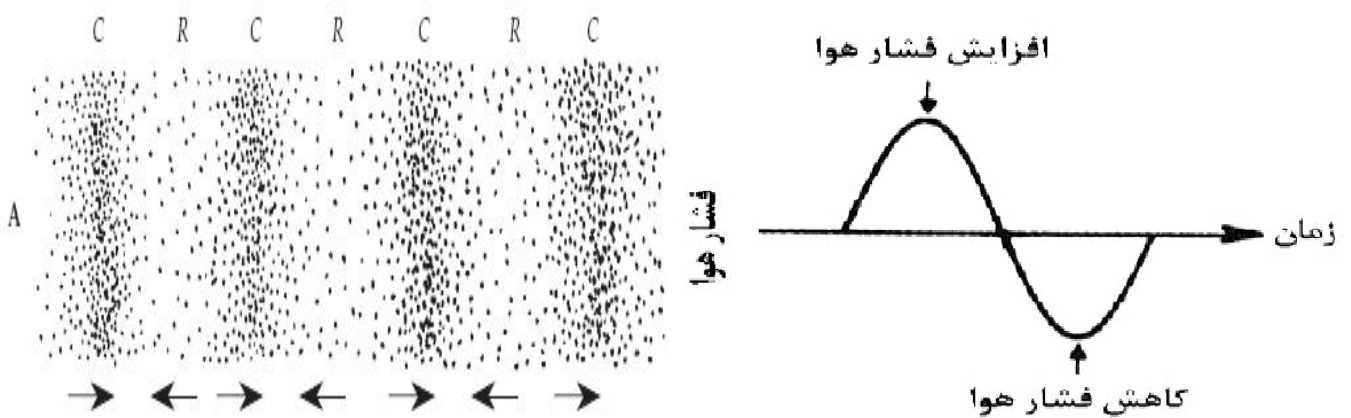


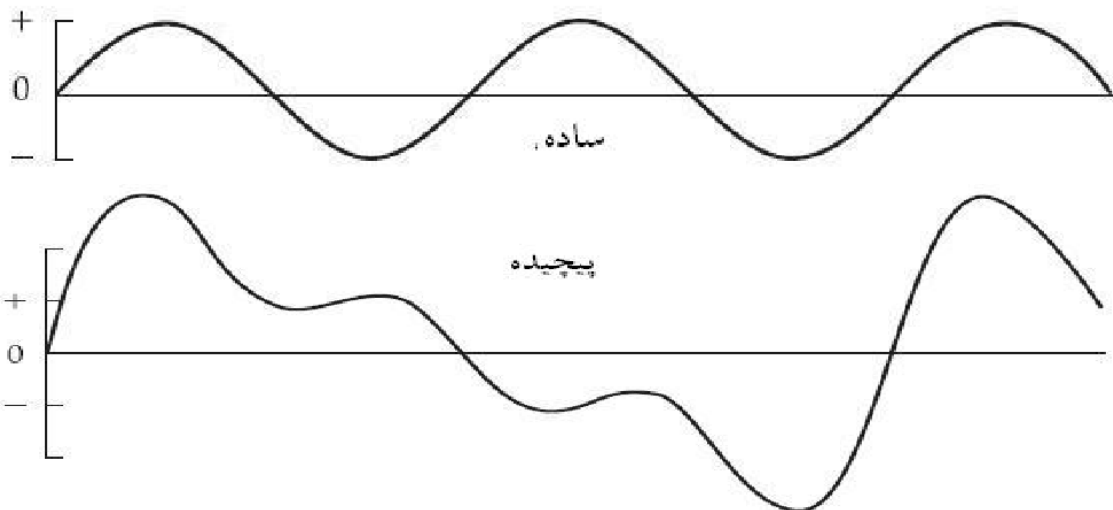
## به نام خدا فیزیک صوت

### صوت چیست؟

موج: آشفتگی و برهم خوردن تعادل محیط به صورت منظم یا نامنظم است و یکی از راههای انتقال انرژی است.  
 انواع امواج: ۱- مکانیکی ۲- الکترومغناطیسی  
 صدا از دسته امواج مکانیکی است و ارتعاش عامل اصلی تولید آن است.  
 برخورد مولکول های هوا عامل انتقال صوت.



- ارتعاش به دو نوع ساده و پیچیده تقسیم می شود. ارتعاش ساده یک صدای تک فرکانس است و ارتعاش پیچیده ترکیب تعداد زیادی از ارتعاش های ساده می باشد.



### سرعت صوت

- سرعت انتقال صوت در محیط وابسته به خواص محیط (چگالی).
- سرعت صدا در جامدات بیشتر از مایعات و در مایعات بیشتر از گاز هاست.
- سرعت صوت در هوا بین ۳۳۰ تا ۳۴۳ متر در ثانیه متغیر است.

ماده	سرعت (تقریبی) بر حسب m/s
آب	۱۵۰۰
بتون	۳۴۰۰
فولاد	۵۰۰۰ - ۶۰۰۰
چوب	۳۰۰۰ - ۴۰۰۰
گاز هلیوم	۹۶۵(0°C)
هوا (خشک)	۳۳۱(0°C)

برخی مقادیر معمول سرعت صوت

## امواج صوتی و مشخصه های آن

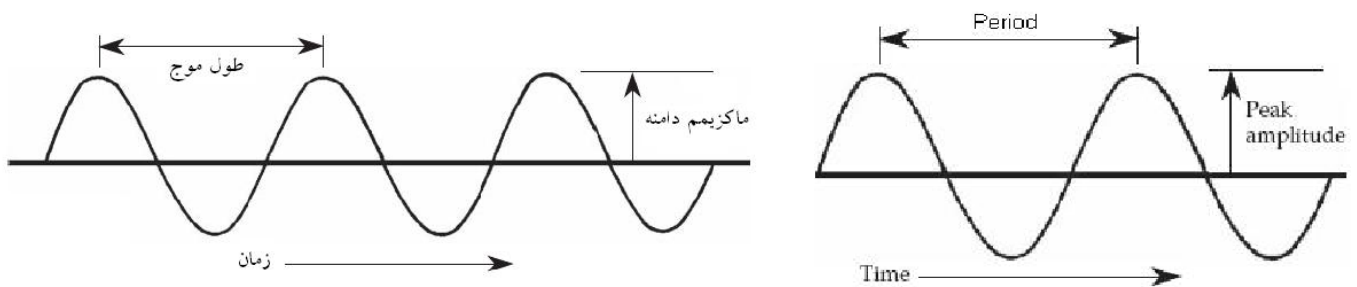
دامنه، دوره نوسان و طول موج.

دامنه هر موج صدا، عبارت از اندازه انرژی موج صوتی است و هر چه بلندتر باشد انرژی آن موج بیشتر است.

دوره با پرپود هر نوسان مدت زمانی است که یک نوسان کامل انجام می شود.

طول موج یک موج ساده عبارت است از فاصله دو نقطه از موج است که در آن نقطه دقیقا موج دوباره تکرار می شود (هم فاز)

و با حرف یونانی  $\lambda$  (لاندا) نمایش داده می شود و واحد آن متر است.



فرکانس: به تعداد نوسانات کامل در زمان، فرکانس گویند. همانطور که گفتیم تمامی صداها از ارتعاشات سرچشمه می گیرند حال هرچه این ارتعاشات سریعتر باشد صدای زیرتر و هر چه کندتر باشد صدای بم تری تولید می شود. فرکانس با طول موج رابطه معکوس دارد و با واحد هرتز HZ مشخص می شود.

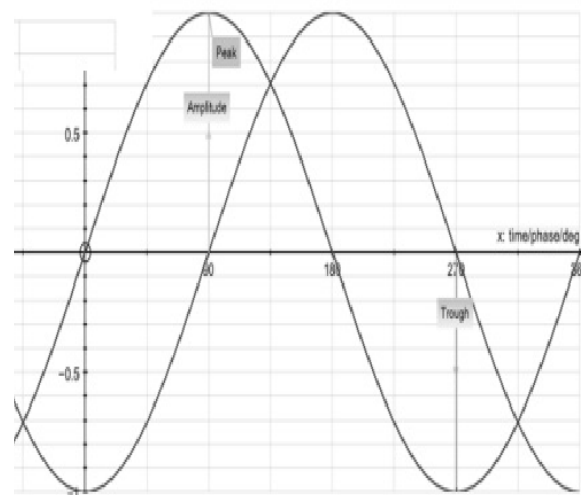
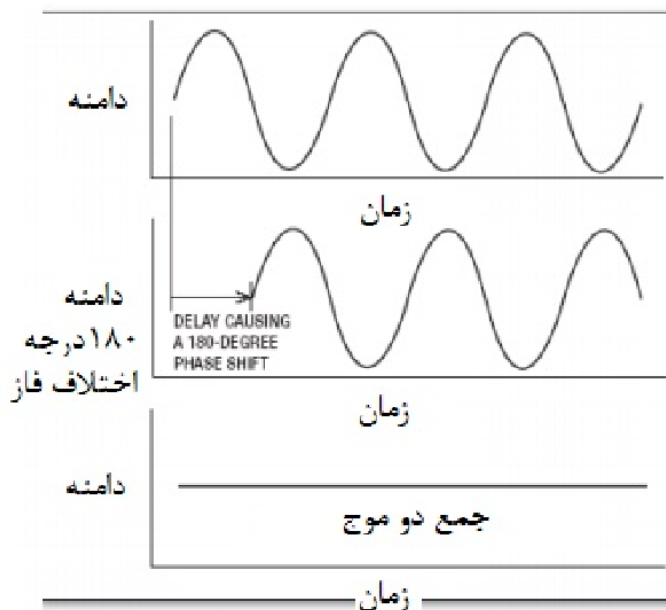
• رابطه بین سرعت، فرکانس و طول موج:

$$V = F * \lambda$$

از رابطه بالا مشخص می شود که طول موج و فرکانس با هم رابطه معکوس دارند و هر چه فرکانس بزرگ تر باشد طول موج کوچک تر است و بالعکس.

## فاز

فاز نشان دهنده زاویه شروع موج در نقطه صفر است. یک دوره کامل موج سینوسی ۳۶۰ درجه است.



دو موج سینوسی با اختلاف فاز ۹۰ درجه

تداخل فاز: جمع شدن دو موج غیر هم فاز صدا در آن فرکانس را حذف می کند

### جمع آثار امواج

امواجی که همزمان در یک محیط منتشر می شوند، می توانند باهم جمع شوند. برحسب این که رابطه‌ی بین دامنه، بسامد، و فاز این امواج چگونه باشد، پدیده‌هایی متفاوت ممکن است.

۱- تداخل: سازنده یا مخرب ۲- موج ایستا ۳- زنش (Beat)

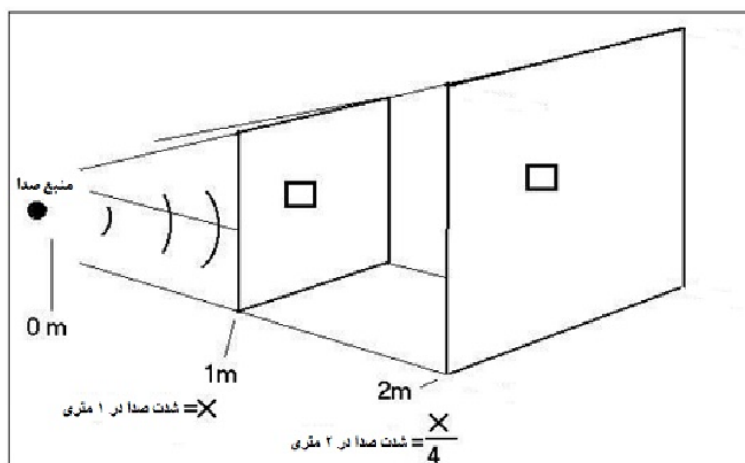
### شدت صوت

شدت صدا در هر نقطه، انرژی عبوری از واحد سطح در ثانیه است.

شدت صدا با دامنه ارتعاش رابطه مستقیم و با فاصله از منبع رابطه عکس دارد.

شدت صدا با حرف انگلیسی I نشان داده می شود و واحد آن وات بر متر مربع است.

گوش انسان توانایی شنیدن صداهایی در محدوده  $10^{-12}$  تا  $10^1$  وات را دارد.



### فشار صدا

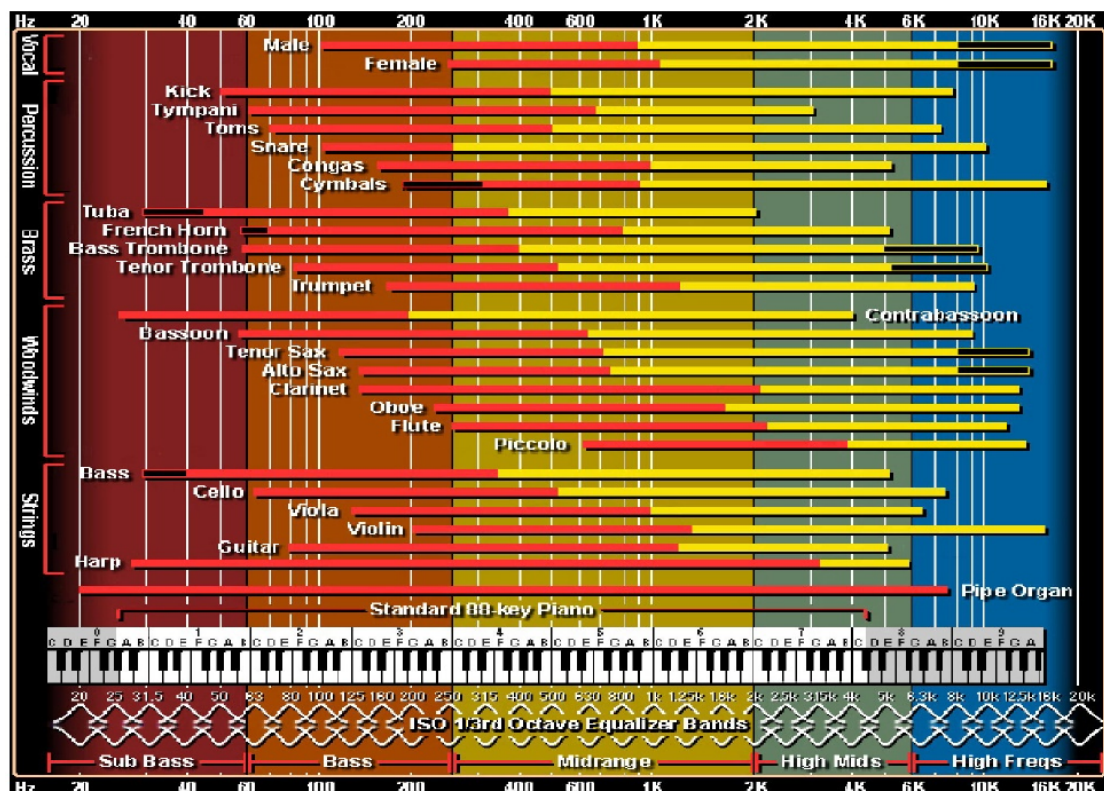
پارامتری برای اندازه گیری صدا است که با P نمایش داده می شود و واحد آن پاسکال است. روش دیگر نمایش فشار صوت لگاریتمی است که با SPL (Sound Pressure Level) نمایش داده می شود.

فشار صوتی مبنا حداقل صدایی است که قابل شنیده شدن است و مقدار آن برابر  $2 \cdot 10^{-5}$  پاسکال است. در مباحث اندازه گیری صوت، در عمل بیشتر تغییرات فشار صوت اندازه گیری می شود.

Sound Source	Sound Pressure (Pa)	Sound-Pressure Level* (dB, A-Weighted)
Saturn rocket	100,000	194
Ram jet	2,000	160
Propeller aircraft	200	140
Riveter	20	120
Heavy truck	2	100
Noisy office or heavy traffic	0.2	80
Conversational speech	0.02	60
Quiet residence	0.002	40
Leaves rustling	0.0002	20
Hearing threshold, excellent ears at frequency maximum response	0.00002	0

### محدوده فرکانسی شنوایی

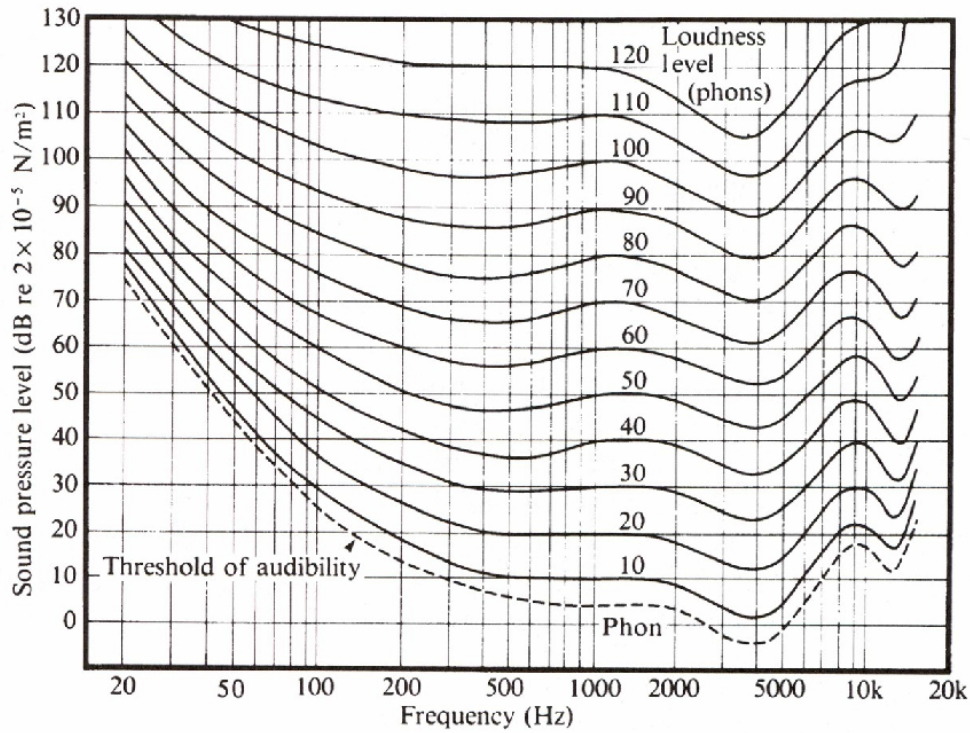
هر چه فرکانس بالاتر باشد صدا زیرتر و هر چه پایین تر باشد، صدا بم تر می شود. ( صدای خانم ها و آقایان). محدوده فرکانسی قابل شنیده شدن توسط گوش انسان بین ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز است که در عمل این عدد کمتر است. محدوده فرکانسی شنیداری انسان "پاسخ فرکانسی گوش" نامیده می شود و به سن و سال افراد وابسته است. میزان شنوایی انسان در تمام بازه شنوایی یکسان نیست. بیشترین حساسیت گوش ما در محدوده فرکانسی ۳۰۰۰ تا ۴۰۰۰ هرتز است یعنی در این محدوده فرکانسی صدا با سطح پایینتری قابل شنیدن است. برای بررسی بهتر محدوده فرکانسی شنوایی، آن را به سه قسمت بم (۲۰ تا ۳۰۰ هرتز)، میانی (۳۰۰ تا ۶۰۰۰ هرتز) و زیر (۶۰۰۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز) تقسیم کرده اند.



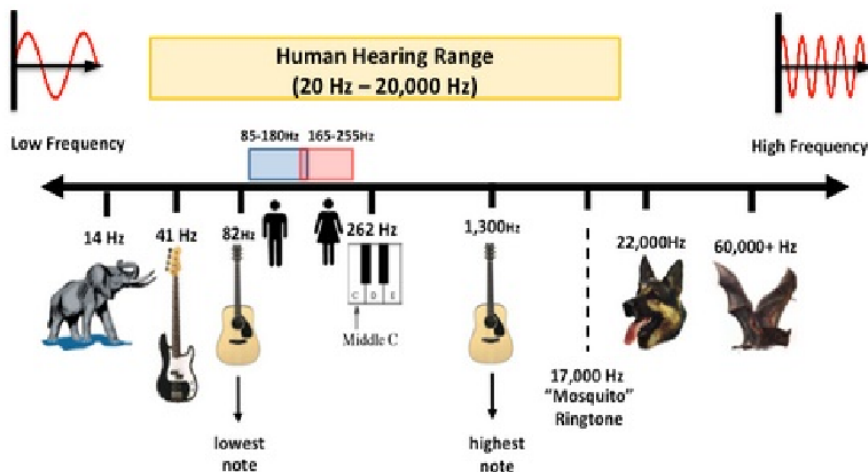
## منحنی های هم بلند:

عدم حساسیت یکسان گوش انسان به فرکانس های مختلف.

- یک موج با فرکانس ۶۰ هرتز برای شنیده شدن نیاز به لول ۶۰ دسیبل دارد.
- یک موج با فرکانس ۳۰۰ هرتز برای شنیده شدن نیاز به لول ۱۰ دسیبل دارد.
- یک موج با فرکانس ۱۰۰ هرتز و لول ۶۰ دسیبل دارای بلندی به اندازه
- یک موج با فرکانس ۲۰۰ هرتز و لول ۵۰ دسیبل است.



## Frequencies in Everyday Life

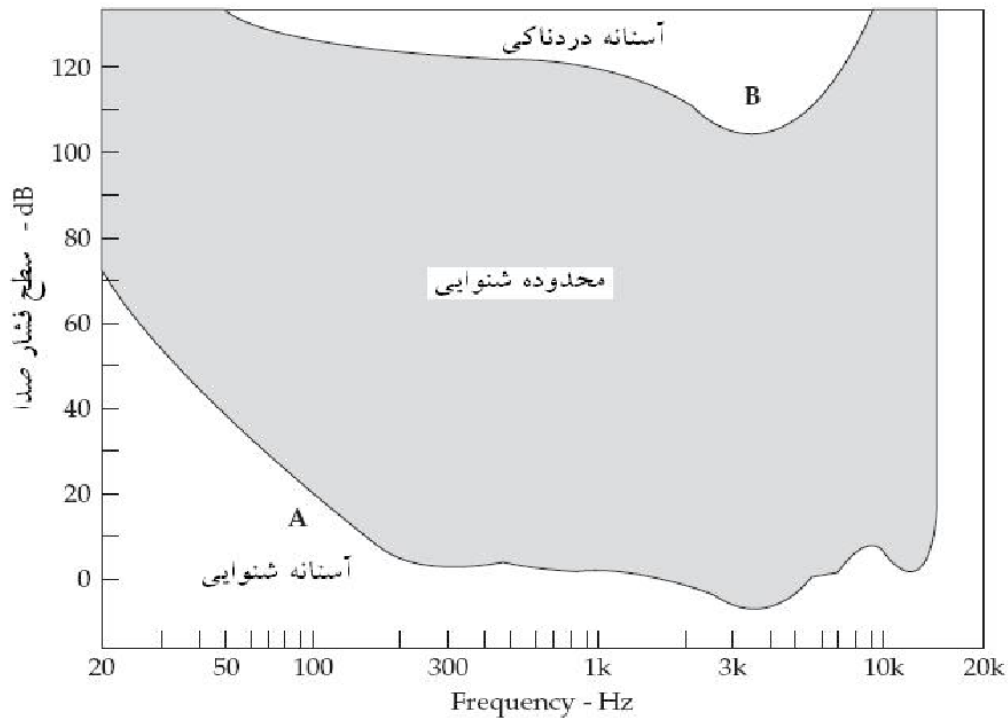




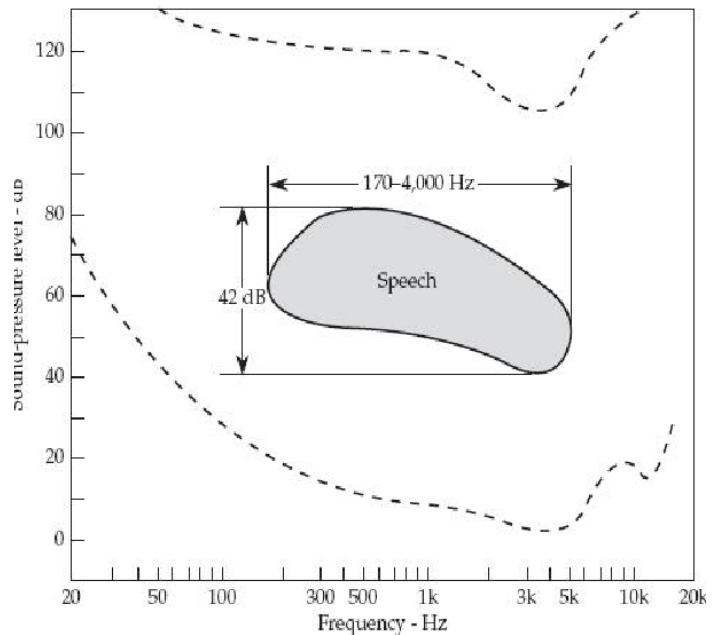
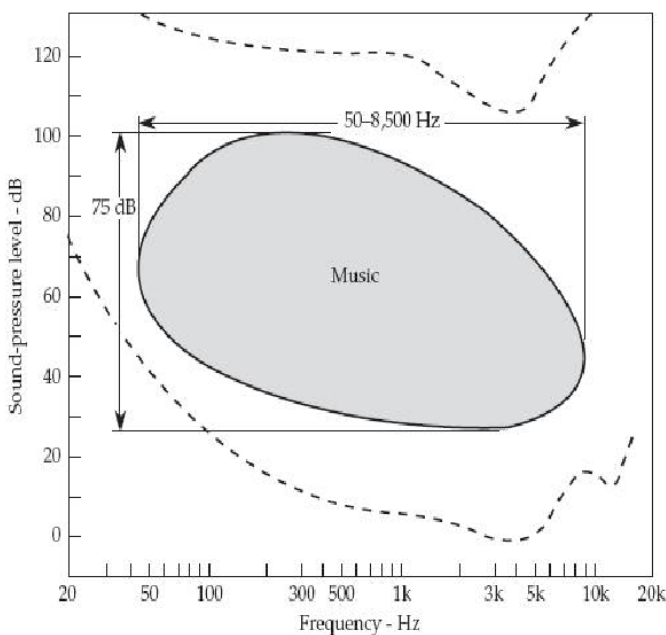
## گستره پویایی (Dynamic Range)

آستانه شنوایی: کمترین تراز صدایی است که گوش انسان قادر به شنیدن آن است که در فرکانس های مختلف، مقدار متفاوتی است.

آستانه دردناکی: بالاترین تراز صدایی است که گوش انسان قادر به شنیدن آن است که مقدار آن ۱۲۰ دسی بل است. فاصله بین آستانه شنوایی و آستانه دردناکی در گوش انسان که بر حسب دسی بل بیان می شود، گستره پویایی نام دارد. مقدار نظری گستره پویایی ۱۲۰ دسی بل است که بر مبنای سن افراد تغییر می کند.



## گستره پویایی کلام انسان و آلات موسیقی



## باندهای اکتاوی

به دلیل وسیع بودن طیف فرکانس های قابل درک برای انسان، محدوده فرکانس صوتی قابل درک را به نواحی قراردادی تقسیم می کنند و به هر کدام باند اکتاوی می گویند. مطالعه صوت برای هر باند به طور قراردادی در فرکانس مرکزی آن انجام می شود. کل محدوده قابل شنیدن به ۸، ۱۰، ۳۰ یا ۱۰۰ ناحیه تقسیم می شود. تفاضل فرکانس حد بالا و حد پایین را پهنای باند گویند. در هر اکتاو، فرکانس حد بالا دو برابر فرکانس حد پایین است.

Frequency(Hz)		
Octave Bands		
Lower Band Limit (Hz)	Center Frequency (Hz)	Upper Band Limit (Hz)
11	16	11
22	31.5	22
44	63	44
88	125	88
177	250	177
355	500	355
710	1000	710
1420	2000	1420
2840	4000	2840
5680	8000	5680
11360	16000	11360

## انواع موج

- تک فرکانس : موج خالص یا ناب که به خودی خود در طبیعت یافت نمی شود.
- مرکب : ترکیب فرکانسی که می تواند موسیقی یا نویز باشد. موسیقی برای گوش انسان دلپذیر است. مانند صدای انسان، پرندگان و سازها. نویز صدایی است که موجب آزار گوش و سیستم عصبی انسان می شود. چهار نوع نویز سفید، صورتی، قهوه ای و خاکستری وجود دارد.

تفاوت نویزها در میزان انرژی آن‌ها در باندهای فرکانسی مختلف است.

## اثر دوپلر

هرگاه منبع صوت یا شنونده یا هر دوی آن‌ها نسبت به هم در حال حرکت باشند، فرکانس صوت در گوش شنونده نسبت به زمانی که هر دو ساکن باشند، تفاوت خواهد داشت.

اگر به سمت هم حرکت کنند، شنونده فرکانسی بیش از فرکانس منبع دریافت می‌کند. (شنونده صوت را زیرتر احساس می‌کند).

اگر نسبت به هم دور شوند، شنونده فرکانسی کم‌تر از فرکانس منبع دریافت می‌کند. (شنونده صوت را بم‌تر احساس می‌کند).

## Doppler Effect

