



شرح تفصیلی و تشریح کامل سؤالات مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان عایق بندی و تنظیم صدا

ویژه آزمون‌های نظام مهندسی

ویرایش ۱۴۰۳



مؤلفان:

دکتر رامین قاسمی اصل

عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب

مهندس محمد قاسمی اصل

کارشناس عمران



قاسمی اصل، رامین، ۱۳۴۳ - Ghasemiasl, Ramin
 شرح تفصیلی و تشریح کامل سوالات محث هجدهم مقررات ملی ساختمان عایق‌بندی و تنظیم صدا ویژه آزمون‌های نظام مهندسی/مولفان رامین قاسمی اصل، محمد قاسمی اصل.
 تهران: نوآور.
 ۱۴۸ ص.
 ویراست ۲.
 ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۶۴۱-۲
 فیپا
 کتابنامه: ص. ۱۴۷.
 ساختمان‌سازی -- صنعت و تجارت -- قوانین و مقررات -- ایران
 Construction industry -- Law and legislation -- Iran
 صدا -- عایق‌سازی -- Soundproofing
 صوت‌شناسی ساختمانی -- Architectural acoustics
 صدا -- عایق‌سازی -- استانداردها -- Standards -- Soundproofing
 صوت‌شناسی ساختمانی -- استانداردها -- Architectural acoustics -- Standards
 قاسمی اصل، محمد، ۱۳۷۹ -
 ۳۴۰۲KMH
 ۵۵۰۷۸۶۹/۳۴۳
 ۹۰۰۵۲۷۸
 فیپا

سرشناسه:
 عنوان و نام پدیدآور:
 مشخصات نشر:
 مشخصات ظاهری:
 وضعیت ویراست:
 شابک:
 وضعیت فهرست نویسی:
 یادداشت:
 موضوع:
 موضوع:
 موضوع:
 موضوع:
 موضوع:
 شناسه افزوده:
 رده بندی کنگره:
 رده بندی دیویی:
 شماره کتابشناسی ملی:
 اطلاعات رکورد کتابشناسی:

**شرح تفصیلی و تشریح کامل سؤالات
 محث هجدهم مقررات ملی ساختمان
 عایق‌بندی و تنظیم صدا**



نشر نوآور

مؤلفین: دکتر رامین قاسمی اصل، مهندس محمد قاسمی اصل

ناشر: نوآور

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۶۸-۶۴۱-۲

مرکز بخش:

نوآور: تهران - خ انقلاب، خ فخررازی، خ شهیدای ژاندارمری
 نرسیده به خ دانشگاه ساختمان ایرانیان، پلاک ۵۸، طبقه اول،
 واحد ۳ تلفن: ۹۲ - ۶۶۴۸۴۱۹۱ www.noavarpub.com

کلیه حقوق چاپ و نشر این کتاب مطابق با قانون حقوق مؤلفان و مصنفان مصوب سال ۱۳۴۸ برای ناشر محفوظ و منحصرأ متعلق به نشر نوآور می‌باشد. لذا هر گونه استفاده از کل یا قسمتی از این کتاب (از قبیل هر نوع چاپ، فتوکپی، اسکن، عکس برداری، نشر الکترونیکی، هر نوع انتشار به صورت اینترنتی، سی دی، وی دی، فیلم فایل صوتی یا تصویری و غیره) بدون اجازه کتبی از نشر نوآور ممنوع بوده و شرعاً حرام است و متخلفین تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند.

@Noavarpub



صفحه رسمی انتشارات نوآور در شبکه‌های اجتماعی

فهرست مطالب

۹.....	مقدمه
۹.....	فصل اول / کلیات
۹.....	۱-۱ مقدمه
۱۱.....	۲-۱ هدف
۱۱.....	۳-۱ حدود و دامنه کار
۱۳.....	فصل دوم / تعاریف
۱۳.....	۱-۲-۱ آکوستیک
۱۳.....	۲-۲ صوت
۱۳.....	۳-۲ انرژی اولیه
۱۴.....	۴-۲ دامنه
۱۴.....	۵-۲ بسامد
۱۴.....	۶-۲ صدا
۱۵.....	۷-۲ صدای هوابرد
۱۵.....	۸-۲ صدای کوبه‌ای
۱۵.....	۹-۲ نغمه ناب
۱۶.....	۱۰-۲ بیناب موج
۱۶.....	۱۱-۲ نغمه
۱۷.....	۱۲-۲ نوفه
۱۷.....	۱۳-۲ نوفه زمینه
۱۷.....	۱۴-۲ بسامدهای مرجع
۱۸.....	۱۵-۲ بسامدهای میانی
۱۸.....	۱۶-۲ منبع صدای نقطه‌ای
۱۹.....	۱۷-۲ منبع صدای خطی
۲۰.....	۱۸-۲ شدت صدای یک منبع نقطه‌ای
۲۰.....	۱۹-۲ قانون مجذور فاصله
۲۰.....	۲۰-۲ فشار صدا
۲۱.....	۲۱-۲ دسی بل
۲۲.....	۲۲-۲ تراز شدت صدا، L_1
۲۲.....	۲۳-۲ تراز فشار صدا، L_p

- ۲۳-۲- کاهش نوفه بافاصله از منبع ۲۳
- ۲۴-۲- جمع تراز صدا ۲۴
- ۲۶-۲- شبکه وزنی A ۲۶
- ۲۷-۲- تراز فشار صدای وزن یافته L_{pA} ، A ۳۰
- ۲۸-۲- تراز صدای معادل L_{eq} ، A ۳۰
- ۲۹-۲- تراز صدای معادل وزن یافته L_{AeqT} ، A ۳۱
- ۳۰-۲- شاخص اندازه‌گیری نوفه زمینه ۳۲
- ۳۰-۲-۱- شاخص تک عددی ۳۲
- ۳۰-۲-۲- شاخص نموداری ۳۲
- ۳۱-۲- ضریب جذب صدا ۳۴
- ۳۲-۲- زمان واخنش ۳۴
- ۳۳-۲- میدان واخنش ۳۶
- ۳۳-۲- تراگسیل ۳۸
- ۳۴-۲- تراگسیل صدای هوابرد ۳۹
- ۳۵-۲- تراگسیل صدای کوبه‌ای ۳۹
- ۳۶-۲- ضریب تراگسیل صدا ۴۰
- ۳۷-۲- شاخص کاهش صدا R ۴۱
- ۳۸-۲- شاخص کاهش صدای وزن یافته R_w ۴۲
- ۳۹-۲- تراز فشار صدای کوبه‌ای میانگین ۴۳
- ۴۰-۲- تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده L_n ۴۴
- ۴۱-۲- تراز فشار صدای کوبه‌ای معمول شده وزن یافته L_{nw} ۴۴
- ۴۲-۲- لایه ۴۵
- ۴۳-۲- جداکننده ساده ۴۶
- ۴۴-۲- جداکننده مرکب ۴۶
- ۴۷ فصل سوم / مقررات آکوستیکی انواع ساختمان‌ها ۴۷
- ۳-۱- مقررات عمومی ۴۷
- ۳-۲- مقررات آکوستیکی ۵۱
- ۳-۲-۱- ساختمان‌های مسکونی ۵۲
- ۳-۲-۱-۱- نوفه زمینه ۵۲
- ۳-۲-۱-۲- زمان واخنش ۵۳
- ۳-۲-۱-۳- صدای هوابرد ۵۳
- ۳-۲-۱-۴- صدای کوبه‌ای ۵۵
- ۳-۲-۲- هتل‌ها ۵۶

- ۵۶..... ۱-۲-۲-۳- نوفه زمينه
- ۵۷..... ۲-۲-۲-۳- زمان واخنش
- ۵۷..... ۳-۲-۲-۳- صدای هوابرد
- ۵۸..... ۴-۲-۲-۳- صدای کوبه‌ای
- ۵۹..... ۳-۲-۳- تصرف آموزشی
- ۵۹..... ۱-۳-۲-۳- نوفه زمينه
- ۶۰..... ۲-۳-۲-۳- زمان واخنش
- ۶۰..... ۳-۳-۲-۳- صدای هوابرد
- ۶۲..... ۴-۳-۲-۳- صدای کوبه‌ای
- ۶۲..... ۴-۲-۳- مراکز بهداشتی درمانی
- ۶۲..... ۱-۴-۲-۳- نوفه زمينه
- ۶۳..... ۲-۴-۲-۳- زمان واخنش
- ۶۳..... ۳-۴-۲-۳- صدای هوابرد
- ۶۵..... ۴-۴-۲-۳- صدای کوبه‌ای
- ۶۵..... ۵-۲-۳- تصرف‌های اداری / حرفه‌ای و کسبی / تجاری
- ۶۵..... ۱-۵-۲-۳- نوفه زمينه
- ۶۶..... ۲-۵-۲-۳- زمان واخنش
- ۶۷..... ۳-۵-۲-۳- صدای هوابرد
- ۶۸..... ۴-۵-۲-۳- صدای کوبه‌ای
- ۶۸..... ۶-۲-۳- مراکز فرهنگي
- ۶۸..... ۱-۶-۲-۳- نوفه زمينه
- ۶۹..... ۲-۶-۲-۳- زمان واخنش
- ۷۰..... ۳-۶-۲-۳- صدای هوابرد
- ۷۱..... ۴-۶-۲-۳- صدای کوبه‌ای
- ۷۱..... ۷-۲-۳- مراکز ورزشی و تفریحی
- ۷۱..... ۱-۷-۲-۳- نوفه زمينه
- ۷۲..... ۲-۷-۲-۳- زمان واخنش
- ۷۲..... ۳-۷-۲-۳- صدای هوابرد
- ۷۳..... ۴-۷-۲-۳- صدای کوبه‌ای
- ۷۴..... ۸-۲-۳- مراکز ترابری
- ۷۴..... ۱-۸-۲-۳- نوفه زمينه
- ۷۴..... ۲-۸-۲-۳- زمان واخنش
- ۷۵..... ۳-۸-۲-۳- صدای هوابرد

- ۷۵..... ۳-۲-۸-۴- صدای کوبه‌ای
- ۷۵..... ۳-۲-۹- فضاهای مشترک در کاربردهای گوناگون
- ۷۶..... ۳-۲-۹-۱- نوفه زمینه
- ۷۶..... ۳-۲-۹-۲- زمان واخنش
- ۷۶..... ۳-۲-۹-۳- صدای هوابرد
- ۷۷..... ۳-۲-۹-۴- صدای کوبه‌ای
- ۷۸..... ۳-۳- مقادیر صدابندی هوابرد جداکننده‌ها
- ۷۹..... ۳-۳-۱- دیوارها
- ۸۷..... ۳-۳-۲- پنجره‌ها
- ۸۸..... ۳-۳-۳- درها
- ۸۹..... ۳-۳-۴- شاخص کاهش صدای جداکننده مرکب
- ۹۳..... ۳-۴- مقادیر صدابندی کوبه‌ای و هوابرد کف و سقف‌ها
- ۹۸..... ۳-۶- مقادیر ضریب جذب صدای مواد و مصالح گوناگون
- ۱۰۲..... فصل چهارم / ملاحظات فنی
- ۱۰۲..... ۴-۱- نوفه زمینه (صدای هوابرد)
- ۱۰۸..... ۴-۲- زمان واخنش
- ۱۱۲..... ۴-۳- صدای کوبه‌ای
- ۱۱۵..... فصل پنجم / سؤالات
- ۱۲۸..... پاسخنامه کلیدی
- ۱۳۰..... فصل ششم / پاسخنامه تشریحی
- ۱۴۷..... منابع و مآخذ

نشر نوآور ضمن ارج نهادن و قدردانی از اعتماد شما به کتاب‌های این انتشارات، به استحضارتان می‌رساند که همکاران این انتشارات، اعم از مؤلفان و مترجمان و کارگروه‌های مختلف آماده‌سازی و نشر کتاب، تمامی سعی و همت خود را برای ارائه کتابی درخور و شایسته شما فرهیخته گرامی به‌کار بسته‌اند و تلاش کرده‌اند که اثری را ارائه نمایند که از حداقل‌های استاندارد یک کتاب خوب، هم از نظر محتوایی و

غنای علمی و فرهنگی و هم از نظر کیفیت شکلی و ساختاری آن، برخوردار باشد. با این وجود، علی‌رغم تمامی تلاش‌های این انتشارات برای ارائه اثری با کمترین اشکال، باز هم احتمال بروز ایراد و اشکال در کار وجود دارد و هیچ اثری را نمی‌توان الزاماً مبرا از نقص و اشکال دانست. از سوی دیگر، این انتشارات بنابه تعهدات حرفه‌ای و اخلاقی خود و نیز بنابه اعتقاد راسخ به حقوق مسلم خوانندگان گرامی، سعی دارد از هر طریق ممکن، به‌ویژه از طریق فراخوان به خوانندگان گرامی، از هرگونه اشکال احتمالی کتاب‌های منتشره خود آگاه شده و آن‌ها را در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی آن‌ها رفع نماید.

لذا در این راستا، از شما فرهیخته گرامی تقاضا داریم در صورتی که حین مطالعه کتاب، با غلط‌های محتوایی و املائی برخورد نمودید، لطفاً این موارد را در کتاب و یا برگه جداگانه‌ای یادداشت نمایید و به صورت عکس، به همراه ذکر نام و شماره تماس خود، از طریق منوی بالای سایت نوآور، قسمت پشتیبانی (تیکت) و یا اسکن کردن بارکد زیر به واحد علمی ارسال نمایید، تا این موارد بررسی شده و در چاپ‌ها و ویرایش‌های بعدی کتاب، اعمال و اصلاح گردد و باعث هرچه پربارتر شدن محتوای کتاب و ارتقاء سطح کیفی، شکلی و ساختاری آن گردد.

نشر نوآور، ضمن ابراز امتنان از این عمل متعهدانه و مسئولانه شما خواننده فرهیخته و گرانقدر، به منظور تقدیر و تشکر از این همدلی و همکاری علمی و فرهنگی، پس از بررسی کارشناسان نوآور، در صورتی که اصلاحات درست و بجا باشد، متناسب با میزان موارد ارسال شده، به رسم ادب و قدرشناسی، کد تخفیفی جهت خرید کتاب‌های نشر نوآور به شما ارائه می‌شود.

همچنین نشر نوآور و پدیدآورندگان کتاب، از هرگونه پیشنهادها، نظرات، انتقادات و راه‌کارهای شما عزیزان در راستای بهبود کتاب، و هرچه بهتر شدن سطح کیفی و علمی آن صمیمانه و مشتاقانه استقبال می‌نمایند.

در همین راستا از طریق پشتیبانی سایت (تیکت) با ما در ارتباط باشید.

QR Code Scan

دسترسی سریع به پشتیبانی (تیکت)

واحد علمی - گزارش اصلاحات



صدابندی مناسب ابنیه در ساخت و ساز شهری برای شهروندان آسایش شنیداری را به ارمغان خواهد داشت. عدم رعایت اصول صدابندی ساختمان‌ها باعث ایجاد آثار روحی و روانی در بهره‌بردار شده و انعکاس این رخداد در جامعه اثرات نامطلوب در رفتار اجتماعی افراد می‌گذارد. به همین رو آشنایی با ضوابط و الزامات قانونی در حوزه طراحی، نظارت اجرا، صدابندی ساختمان‌ها باعث کاهش آثار این اتفاق می‌شود.

در کتاب حاضر ضوابط و الزامات قانونی عایق‌بندی و تنظیم صدا، باتکیه بر مبحث هجده مقررات ملی ساختمان، ویرایش سال ۱۳۹۶، به همراه تجارب فنی و مهندسی نویسندگان در این حوزه و بهره‌گیری از استانداردهای موجود و مراجع معتبر تهیه و تدوین شده است.

در این کتاب سعی شده ضمن بیان الزامات و ضوابط قانونی در راستای امور فنی و اجرایی، راهنمایی‌های لازم برای تصمیم‌گیری مناسب در زمینه آکوستیک داخلی برای شرایط متفاوت ارائه شود.

کتاب حاضر یک نوع راهنمای عایق‌بندی و تنظیم صدا است. بخشی از ملاحظات فنی ارائه شده، ماحصل تجربیات فنی در پروژه‌های مختلف و دوره‌های آموزشی برگزار شده بوده که جمع‌بندی آن‌ها در قالب ملاحظات فنی بیان شده است. علاوه بر این کتاب حاضر می‌تواند به‌عنوان یک کتاب کمک‌آموزشی برای رشته مهندسی معماری در درس آکوستیک مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی برای شرکت‌کنندگان در آزمون‌های نظام‌مهندسی در رشته معماری (نظارت و اجرا) نیز مناسب است.

Noavar33@yahoo.com



بسیاری از بهره‌برداران در زندگی روزمره در واحدهای مسکونی با آلودگی صوتی مواجه شده‌اند. این نوع آلودگی به علل مختلف باعث آزار روحی و روانی می‌شود. بخشی از آن آلودگی با منشأ داخلی مانند صدای ناشی از اقلام تأسیساتی و یا همه‌مه افراد بوده و بخشی از آن آلودگی با منشأ خارجی مانند صدای وسایل نقلیه است. صدای تولیدشده به صورت یک موج صوتی و با یک انرژی اولیه هست. این موج با حرکت هارمونیک خود تا زمانی که انرژی اولیه را دارا است به حرکت خود در هوا یا با برخورد و عبور از یک جداره جامد مثل پوسته ساختمان ادامه می‌دهد. حرکت هارمونیک موج در هوا با اصطکاک همراه است و سبب می‌شود قدری از انرژی اولیه آن کاهش پیدا کند. در هنگام برخورد موج صوتی با یک جداره بخشی از آن از جداره بازتاب شده و بخشی از آن جذب دیواره می‌شود سپس با عبور موج از دیواره، موج صوتی به پشت جداره می‌رسد. در این فرایند موج مقداری از انرژی خود را از دست می‌دهد. برای مشخص نمودن مقدار انرژی صوت از تعریف شدت صوت بر مبنای واحد دسی‌بل استفاده می‌شود. در راستای فراهم آوردن صدا رسانی مطلوب در ساختمان‌ها که سلامت، آسایش و شرایط شنیداری برای ساکنین فراهم شود مبحث هجده مقررات ملی ساختمان با عنوان عایق‌بندی و تنظیم صدا تهیه و ارائه شده است. در این مبحث با توجه به نوع کاربری ساختمان، میزان دست‌بالای آلودگی صوتی در داخل بنا با توجه به نوع فضا بیان شده است. در ساختمان‌ها دو نوع آثار صوتی وجود دارد. صدای تولیدشده از عامل تولید صدا که این موج صوتی در هوا منتشر شده و سپس به جداره برخورد می‌نماید. این نوع صوت صدای هوا برد نامیده می‌شود نوع دیگر صدا، مربوط به عامل تولید صدا بوده که موج صوتی آن جداره را به وسیله ضربه به ارتعاش درآورده و نحوه انتقال یافتن صدای اولیه به فضای مورد نظر صدای کوبه‌ای نامیده می‌شود. برای مقابله با صدای هوا برد همان مبحث ضوابطی را اعلام نموده که می‌توان با رعایت آن در زمان احداث بنا و انتخاب مصالح مناسب اقدامات لازم را انجام داد. این موارد می‌تواند باعث حذف

آثار صوتی ناشی از حرکت آسانسور، لوله‌های تأسیسات، حرکت خودرو در محیط خارجی، موتورخانه و هم‌شنوایی از دیوار مجاور و سایر موارد مشابه را سبب شود. منشأ صدای کوبه‌ای عوامل متعددی است. به‌عنوان نمونه راه‌رفتن ساکنین در طبقه بالا، دور خشک‌کن ماشین لباسشویی، برداشتن و گذاشتن وسایل خانه از جمله این موارد است. در مبحث هجدهم مقررات ملی اشاره شده است که سقف‌های سازه‌ای با کف‌سازی سخت مثل سنگ، موزاییک و موارد مشابه از نظر صدابندی کوبه‌ای مناسب نیستند. به‌منظور افزایش صدابندی کوبه‌ای در سقف‌ها بایستی از کف‌پوش‌های نرم، سقف کاذب و همچنین از سقف‌ها با چیدمان خاص که در آن مبحث به آن اشاره شده در زمان ساخت بهره‌گرفته تا بتوان با این آلودگی صوتی مقابله نمود. باتوجه به نوع کف‌سازی رایج در ساخت ساختمان‌ها عملاً نمی‌توان به خوبی این نوع آلودگی را حذف نمود. لازمه این موضوع اطلاع‌رسانی، فرهنگ‌سازی و تغییر ذائقه در سفارش خرید و ساخت ساختمان است. به‌طوری‌که از کف سخت به‌عنوان سقف برای بنا کم‌تر استفاده شود.

اما مشکل عمده بهره‌برداران وجود یک ساختمان مریض از نظر صوتی بوده که مجبور به سکونت در آن هستند؛ زیرا اصول رعایت مفاد مبحث هجدهم مقررات ملی ساختمان در طراحی، نظارت و اجرای ساختمان موردتوجه کافی نیست. در این حالت می‌توان با اندازه‌گیری میزان شدت صدا در داخل ساختمان و مقایسه آن با ارقام مندرج در آن مبحث، میزان اضافه‌شدت را تخمین زد. برای اندازه‌گیری شدت از تلفن‌های همراه اندرویدی یا وسایل اندازه‌گیری صنعتی استفاده می‌شود. با مشخص شدن میزان اضافه‌شدت صدا و مراجعه به تولیدکنندگان عایق صوتی از نوع الیاف معدنی و مشاوره با آن مراکز می‌توان میزان ضخامت عایق صوتی را تعیین و بر اساس آن نسبت به عایق‌بندی و نماسازی آن عایق در محل اقدام نمود.

برای ایجاد آسایش روانی در استفاده از لوازم‌خانگی، تأسیساتی و الکتریکی می‌توان باتوجه به میزان شدت صدای درج‌شده در روی این لوازم و تطبیق آن با فضای موردنظر (کاربری) مندرج در مقررات در خصوص خرید یا عدم خرید آن‌ها اظهارنظر نمود. مشابه این نوع اطلاعات در برچسب انرژی روی لوازم‌خانگی درج می‌شود. با رویت تراز مصرف انرژی روی برچسب، این فرصت به خریدار داده می‌شود که جنس مناسب را برای مصرف انتخاب نماید. نکته مهم این است که عدم اطلاع از میزان آلودگی صوتی لوازم مصرفی باعث سلب آسایش روحی و روانی شده اما عدم اطلاع از میزان مصرف انرژی لوازم مصرفی باعث هزینه بیشتر برای خانوار می‌شود؛ بنابراین اهمیت اطلاع از میزان شدت صدای لوازم مصرفی کم‌تر از تراز مصرف انرژی نیست. خوشبختانه برای انجام این مهم در ایران امکانات لازم فراهم بوده؛ اما متولی امر برای پیشبرد آن در جهت ایجاد یک برچسب ملی برای آلودگی صوتی لوازم مصرفی تعیین نشده است.

فصل دوم

تعاریف

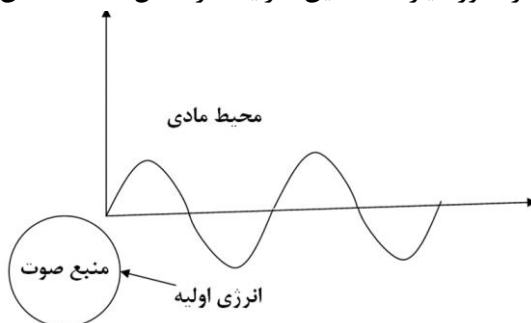
برای بحث و بررسی آکوستیک یک ساختمان در ابتدا لازم است تعاریف پایه مورد نیاز شرح داده شده تا با کمک این تعاریف نسبت به تشریح قوانین آکوستیک معماری ساختمان‌ها اقدام شود.

۱-۲- آکوستیک

لغت آکوستیک از ریشه یونانی به معنای شنیدن است. شنیدن یعنی دانشی از اصوات که درباره ایجاد، پخش، انتقال، کنترل و آثار صوت بحث می‌کند. بدین ترتیب برای تحلیل شنیدن مبانی علمی صوت بایستی مورد بررسی قرار گیرد.

۲-۲- صوت

برای تشکیل یک صوت انرژی اولیه، منبع صوت (سیستم ارتعاش کننده) و محیط انتشار مادی (جامد؛ مایع یا گاز) مورد نیاز است. این شرایط در شکل (۱-۲) نشان داده شده است.



شکل ۱-۲ شماتیک عوامل تشکیل صوت

۳-۲- انرژی صوتی

مقدار انرژی صوتی که در واحد زمان به منبع وارد شده تا با تحریک منبع صوت و ارتعاش آن یک موج صوتی تولید نماید. موج صوتی با این انرژی اولیه منتشر شده و مستقل از محیط انتشار است، واحد آن وات هست.

۲-۴- دامنه

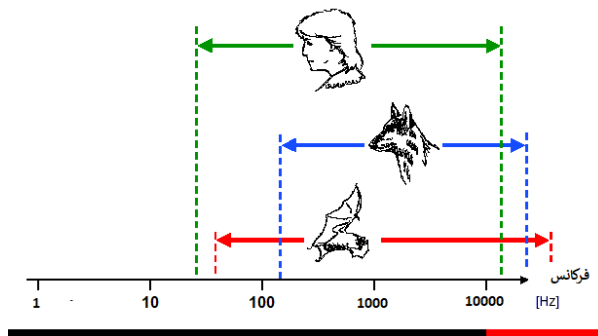
طبق شکل (۱-۲) دامنه به فاصله قائم بین بلندترین وضعیت ذره نوسان کننده و پایین‌ترین وضعیت ذره نوسان کننده می‌شود.

۲-۵- بسامد

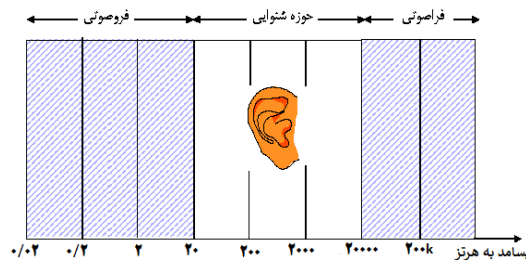
ذرات نوسان کننده که تشکیل موج صوتی را می‌دهند به صورت هارمونیک نوسان می‌کنند. تعداد تکرار یک چرخه این حرکت هارمونیک در یک ثانیه را بسامد می‌نامند. واحد آن هرتز است.

۲-۶- صدا

صدا از نوع امواج مکانیکی طولی بوده که در جامدات، مایعات و گازها منتشر می‌شوند. گستره امواج قابل شنیدن ۲۰ تا ۲۰۰۰۰ هرتز هست. امواج صوتی کم‌تر از ۲۰ هرتز را امواج فرو صوتی و امواج صوتی بالاتر از ۲۰۰۰۰ هرتز امواج فرا صوتی نامیده شده که در شکل (۲-۲) نمایش داده شده است. در شکل (۲-۳) محدوده شنوایی انسان با حیوانات مقایسه شده است.



شکل ۲-۳ مقایسه شنوایی انسان با حیوانات



شکل ۲-۲ محدوده شنوایی انسان