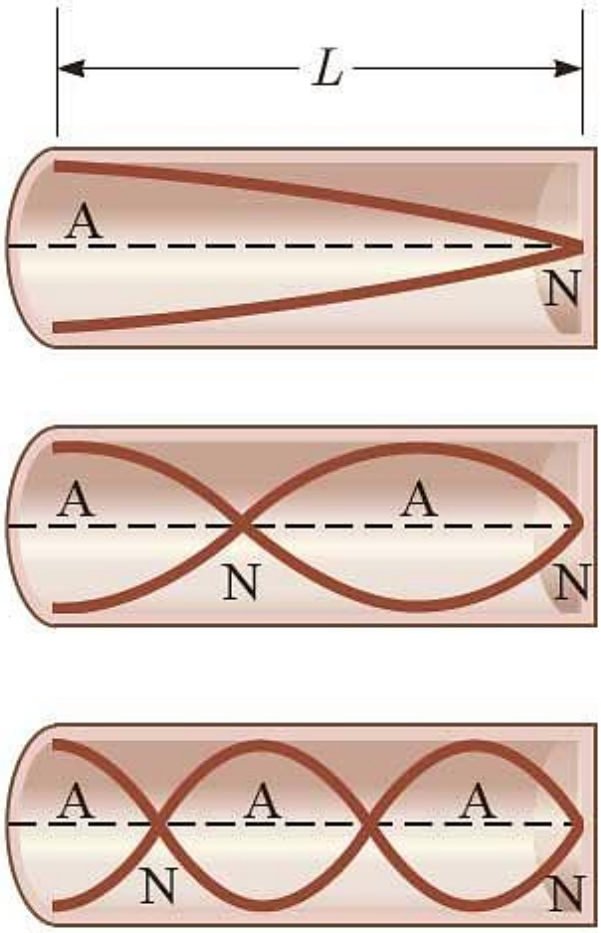
همانگونه که در ریسمان کشیده، موج های پیش رونده در جهت های مخالف نقش یک موج ایستاده را ایجاد می کند، در لوله ای که از هوا پر شده است نیز می توان موج ایستاده ایجاد کرد. که به لوله های صوتی معروف هستند.

بسامد های تشدیدی در لوله های صوتی

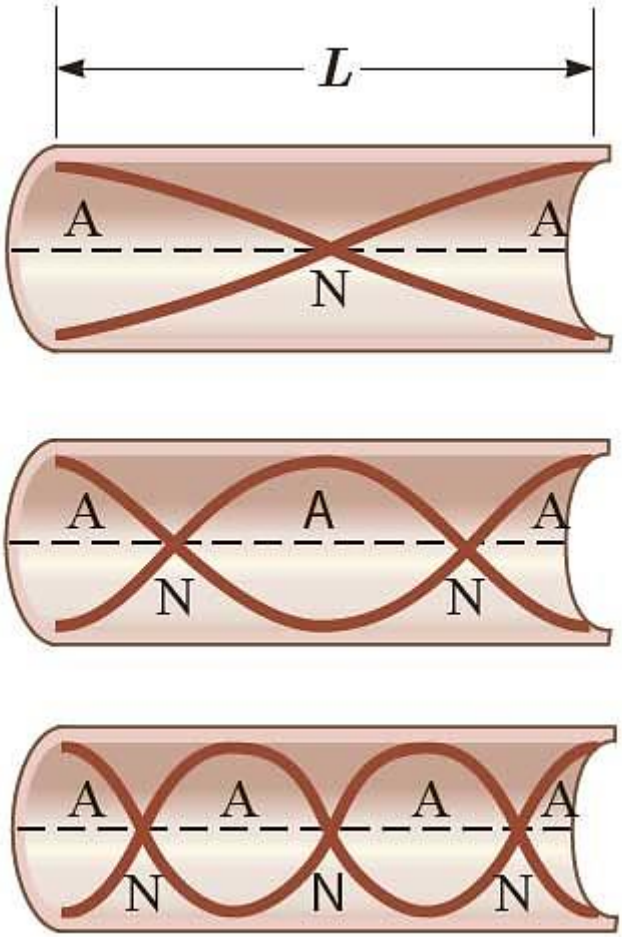
وقتی موج های صوتی در هوای درون لوله حرکت می کنند، از هر انتها باز می تابند و به درون لوله بر می گردند. حتی اگر انتهای لوله باز باشد هم بازتاب رخ می دهد اما به کاملی بازتاب از انتهای لوله بسته نیست. اگر طول لوله مضرب های معینی از طول موج صوت باشد، بر هم نهی موج های پیش رونده در جهت های مخالف، نقش موج ایستاده را در لوله ایجاد می کند.

در انتهای بسته یک لوله، مانند انتهای بسته یک ریسمان باید یک گره وجود داشته باشد و در انتهای باز لوله نیز شکم وجود دارد. همچنین فاصله گره های مجاور برابر با $\lambda/2$ و فاصله ی گره ها از شکم های مجاور برابر با $\lambda/4$ است.

در شکل زیر، نقش موج ایستاده در یک لوله صوتی با یک انتهای بسته، برای سه مد اول رسم شده است.



در شکل زیر، نقش موج ایستاده در یک لوله صوتی با دو انتهای باز، برای سه مد اول رسم شده است.



توجه داشته باشید در سر باز لوله صوتی، شکم مقداری بیرون از لوله ایجاد می شود که ما از آن با تقریب مناسبی چشم پوشی می کنیم.

ارتعاشات هوای داخل ستون هوا طولی هستند، یعنی حرکت ذرات هوا در راستای انتشار امواج صورت می گیرد و اگر مولکول یا ذره ای در حدّ شکم امواج در نظر گرفته شود این ذره در راستای طولی لوله با بیشترین دامنه نوسان می کند، اما ما برای نمایش بهتر آنرا به صورت عرضی رسم کردیم.

اساس کار موسیقی با سازهای زهی (مانند گیتار، تار، ویولن و ...) و سازهای کوبه ای (مانند طبل، دهل، تنبک و ...) همیت لوله های صوتی است.

تشدید در بطری و تشدیدگر هلمهولتز

اگر در دهانه باریک یک بطری بدمید، می توانید آن را به صدا در آورید. در واقع یک بطری مانند یک لوله صوتی با یک انتهای باز است که بسامدهای تشدید معینی دارد. وقتی در دهانه یک بطری می دمیم، گستره وسیعی از بسامدها ایجاد می شود. اگر یکی از این بسامد ها با یکی از بسامدهای تشدیدی بطری منطبق باشد، یک موج صوتی قوی ایجاد می شود.

البته نوسان های بطری دقیقا مانند نوسان هایی نیست که در یک لوله صوتی ساده ایجاد می شود، زیرا بطری یک گردن دارد و هوای موجود در این گردن با هوای موجود در بقیه قسمت های بطری چیزی را تشکیل می دهد که به آن تشدیدگر هلمهولتز می گویند. که این موجب نوسانات هوای درون بطری می شود. نوع اول تشدیدگر هلمهولتز، کره هایی تو خالی با دهانه ای باز به شکل یک گردن بود. تشدیدگرهای هلمهولتز بسامد های تشدیدی معینی دارند و هرگاه بسامد یک صوت برابر با یکی از بسامدهای تشدیدی تشدیدگر باشد، تشدیدگر پاسخ قوی تری به این صوت می دهد.

مثال ها

مثال1:

با دمیدن در بطری های یکسان با سطوح مایع مختلف می توان آهنگی با بسامدهای متفاوت ایجاد کرد. دلیل آن چیست؟

پاسخ:

هرکدام از این بطری ها با سطوح مایع متفاوت، تشدیدگر هلمهولتز هستند و بسامدهای تشدیدی معینی دارند. هر چه سطح مایع درون ظرف ها بالاتر باشد و ارتفاع هوای بالای آنها کمتر باشد، بسامد تشدیدی بیشتر است.بنابر این با دمیدن در این بطری ها گستره ای از بسامد ها ایجاد می کنیم که در هر بطری یکی از آنها بر بسامد تشدید منطبق است که این بسامدها با هم متفاوتند. بنابر این صداهایی با بسامدهای مختلف شنیده می شود.

مثال2:

وقتی گالن آبی را خالی می کنیم، با خالی شدن آب صدای گلوپ گلوپی را می شنویم. موقع خالی شدن گالن بسامد این صدا کمتر می شود (صدای بم تر) یا بیشتر(صدای زیرتر)؟ چرا؟

پاسخ:

همزمان با خالی شدن گالن، حجم هوای داخل آن افزایش می یابد و چون بسامد ها با طول ستون هوا نسبت عکس دارند، هر چه فضای هوای خالی افزایش می یابد، بسامدهای تشدیدی کمتر می شود. بنابر این در موقع خالی شدن آب گالن، صدا بم تر می شود.