



آزمایش شماره ۱۰

بررسی فیزیک امواج صوتی



۱-۱۰ هدف آزمایش:

بررسی رابطه شدت فرکانس امواج صوتی با زیروبمی صدا

بررسی رابطه شدت امواج صوتی با فاصله

بررسی تشدید به وسیله دیافازون و لوله‌های صوتی

۱۰-۲ وسایل مورد نیاز:

اسپیکر، ژنراتور، صوت سنج، خط‌کش، سرنگ حاوی آب، لوله شیشه‌ای، پایه فلزی، دیافازون، کوبه لاستیکی

۱۰-۳ تئوری آزمایش:

اگر با دودست یک لاستیک را بکشیم طول لاستیک زیاد می‌شود یا به سخن دیگر، لاستیک کش می‌آید. علت این موضوع آن است که فاصله بین مولکول‌ها در قسمت‌های میانی لاستیک زیاد شده و مولکول‌ها بین دو سر لاستیک زیاد شده و مولکول‌ها به طرف دو سر لاستیک کشانده می‌شوند و در نتیجه فاصله میان مولکول‌ها در دو سر لاستیک کم می‌شود. بدین ترتیب در قسمت میانی لاستیک رقت مولکولی و در دو سر آن تراکم مولکولی ایجاد می‌شود. اکنون اگر دو سر لاستیک را رها کنیم مولکول‌ها دوباره به جای اولیه خود بر می‌گردند. هوا نیز دارای همین خاصیت ارتجاعی است، منتهی به مراتب بیشتر از لاستیک. هر رقت و تراکم مولکولی در هوا موجب رقت و تراکم‌های دیگر می‌گردد. بدین معنی که هنگامی که یک‌لایه از مولکول‌های هوا به جلو رانده می‌شود این لایه به نوبه خود لایه دیگری را به جلو می‌راند و خود به حال اول بر می‌گردد. لایه جدیدی نیز لایه دیگری را، و به همین ترتیب این عمل بارها و بارها تکرار می‌گردد تا انرژی به پایان برسد. آوا یا صوت از ارتعاش مولکول‌های هوا حاصل می‌شود. ارتعاش یعنی حرکت مولکول‌های هوا از جای خود در مسیر معین و بازگشت آنها به جای اولیه. این پدیده فیزیکی را اصطلاحاً موج می‌نامیم. امواج صوتی، امواج مکانیکی طولی هستند. این فیزیک امواج می‌توانند در

جامدات، مایعات و گازها منتشر شوند. ذرات مادی منتقل کننده این فیزیک امواج، در راستای انتشار موج نوسان می کنند. موج صوتی دارای مولفه های است، از قبیل فرکانس، طول موج، دامنه و غیره.

بسامد یا فرکانس (ν یا f): بسامد به تعدادی حرکت نوسانی کامل (یک دوره تناوب) در مدت زمان معین گویند. اگر زمان این نوسان ها را یک ثانیه در نظر بگیریم تعدادشان با واحد هرتز (Hz) نشان داده می شود. هر چه بسامد صوتی کمتر باشد صدا بم تر و هر اندازه که بسامد بیشتر باشد صدا زیرتر شنیده می شود. انسان قادر است صداهای تولید شده در محدوده فرکانسی ۲۰ Hz تا ۲۰ k Hz را بشنود.

سرعت پیشروی (c): سرعت انتشار موج در فضا را سرعت موج می گویند و برحسب متر بر ثانیه [m/s] بیان می شود.

طول موج (λ): فاصله ای که یک نوسان کامل طی می کند و واحد آن متر است. هر چه این طول کمتر باشد صدای حاصل زیرتر و هر چه بلندتر باشد صدا بم تر است.

$$\lambda = c/\nu \quad (1)$$

تناوب (T): زمانی که یک نوسان کامل طول می کشد.

$$T = 1/\nu \quad (2)$$

دامنه موج (A): ارتفاع موج های صوتی را دامنه گویند. حداکثر مسافتی که موج از وسط تا قله یا تورفتگی طی می کند. دامنه هر چه کوتاه تر باشد شدت صدای ایجاد شده کمتر است، و هر چه دامنه موج بیشتر باشد صدا بلندتر است.

شدت صوت (I): انرژی ای که در واحد زمان از واحد سطح محیط که بر راستای انتشار موج عمود است می گذرد شدت صوت نامیده می شود و واحد آن w/m^2 است.

$$I = E/At = P/A \quad (3)$$

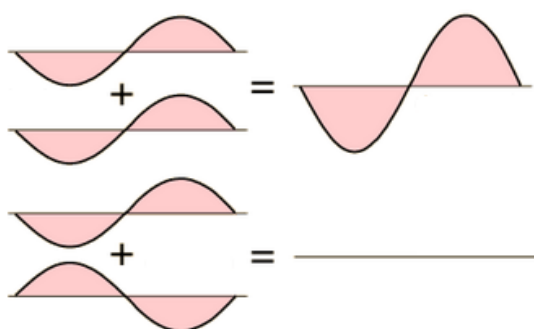
تراز شدت صوت (β): لگاریتم (در پایه ده) نسبت شدت آن صوت به صوت مبنا ($I_0 = 10^{-12} w/m^2$). حاصل این تقسیم نشان می دهد که شدت صوت موردنظر چندبرابر کمترین شدت لازم برای شنیدن صوتی با بسامد 1000 Hz است (چون گوش انسان نسبت به گستره وسیعی از شدت ها حساس است؛ لذا از آن لگاریتم در پایه ۱۰ گرفته می شود).

$$\beta = K \log I/I_0 \quad (4)$$

K مقداری است ثابت که اگر $K=1$ باشد واحد β (بل) است و اگر $K=10$ باشد β (بر حسب دسی بل) است.

فیزیک امواج مکانیکی طولی در گستره وسیعی از بسامدها به وجود می آیند و در این میان بسامدهای فیزیک امواج صوتی در محدوده‌ای قرار گرفته‌اند که می‌توانند گوش و مغز انسان را برای شنیدن تحریک کنند (گستره شنیده‌شدنی: ۲۰ هرتز تا حدود ۲۰۰۰۰ هرتز). فیزیک امواج مکانیکی طولی را که بسامدشان زیر گستره شنیده‌شدنی باشد امواج فروصوتی، و آنهایی که بسامدشان بالای این گستره باشد، امواج فراصوتی گویند. فیزیک امواج فروصوتی، معمولاً توسط چشمه‌های بزرگ تولید می‌شوند. امواج زمین‌لرزه‌ای از آن جمله‌اند. بسامدهای بالای مربوط به فیزیک امواج فراصوتی را می‌توان به وسیله ارتعاشات کشسان یک بلور کوارتز که بر اثر تشدید با یک میدان الکتریکی متناوب در بلور القا شده است، ایجاد کرد.

علاوه بر آزمایش‌های مربوط به هوا، جامدات و مایعات نیز برای صوت ناقل خوبی هستند. هر کس می‌داند که با گذاشتن گوش خود به زمین می‌تواند حرکت عابری پیاپی و چهارپایان را از مسافت نسبتاً زیادی بشنود. همچنین اگر گوش خود را به ریل راه‌آهن بچسبانیم حرکت قطار را ممکن است از چندین کیلومتر بشنویم. خاصیت انتقال صوت در جامدات و مایعات قوی‌تر از خاصیت مزبور در گازها است. امواجی که هم‌زمان در یک محیط منتشر می‌شوند، می‌توانند با هم جمع شوند. بر حسب اینکه رابطه بین دامنه، بسامد و فاز این امواج چگونه باشد، پدیده‌های متفاوتی رخ خواهد داد که در ادامه به شرح آنها می‌پردازیم:



تداخل: تداخل دو موج سینوسی هم دامنه و هم بسامد می‌تواند سازنده باشد یا ویرانگر.

تداخل سازنده (هم‌فاز)

تداخل ویرانگر (180° اختلاف فاز)

شکل 1 تداخل سازنده و ویرانگر امواج

موج ایستا: زمانی پدید می‌آید که دو موج یکسان که در خلاف جهت هم حرکت می‌کنند با هم جمع شوند. موج ایستا معمولاً از ترکیب یک موج با بازتابش خودش تشکیل می‌شود.

ضربان یا زنش: از تداخل دو موج با دامنه یکسان و بسامد اندکی متفاوت ایجاد می‌شود. این نام‌گذاری به‌خاطر صدایی است که از زنش امواج صوتی به گوش می‌رسد؛ زیرا یکی از موج‌ها سریع‌تر از موج دیگر حرکت می‌کند، بنابراین قسمتی از موج به‌صورت سازنده برهم نهاده می‌شود و قسمت دیگر به‌صورت ویرانگر.

تشدید: اگر هوای داخل لوله صوتی بسته را با یک دیافراژم به ارتعاش درآوریم، صوتی با بسامد معین در لوله ایجاد می‌شود. هنگامی که طول لوله را به‌وسیله‌ای تغییر دهیم برای طول‌های معینی این صوت تشدید می‌گردد. در واقع چنانچه فرکانس دیافراژم برابر فرکانس صوت اصلی یا برابر فرکانس هارمونیک‌های صوت اصلی باشد و یا طول لوله مضرب صحیحی از $\lambda/4$ گردد، هوای داخل لوله صوتی به حالت تشدید درمی‌آید. دامنه ارتعاش زیاد شده و صدای بلندی شنیده خواهد شد.

پراش: امواج هنگام برخورد با موانعی که نسبت به طول موجشان کوچک هستند، خم می‌شوند. این پدیده را پراش می‌نامند.

اثر داپلر: هرگاه گیرنده‌ای به سمت یک منبع ساکن که از خود موج صوتی می‌فرستد برود، بسامد صوتی که می‌گیرد بیشتر از وقتی است که نسبت به منبع ساکن باشد (شنونده صدا را زیرتر می‌شنود) و اگر از منبع صوت دور شود، موجی را با بسامد کمتر می‌گیرد (شنونده صدا را بم‌تر می‌شنود). اگر منبع موج نیز از گیرنده دور یا به او نزدیک شود، بسامد صوتی که شنونده می‌شنود نیز به ترتیب کمتر و یا بیشتر می‌شود. اثر داپلر در فیزیک امواج می‌گوید که بسامد ظاهری یک موج بر اثر حرکت فرستنده یا گیرنده آن تغییر می‌کند.

اگر بسامد موج تولید شده در منبع f_s باشد و سرعت شنونده و منبع به ترتیب v_0 و v_s باشد، بسامد موجی که شنونده می‌شنود f_0 ، از رابطه زیر به دست خواهد آمد:

$$f_0 = f_s [(v \pm v_0)/(v \pm v_s)] \quad (6)$$

قسمت اول آزمایش:

بررسی رابطه شدت فرکانس با زیروبمی صدا

روش انجام آزمایش: با اتصال ژنراتور به یک اسپیکر، امواجی با فرکانس‌های به ترتیب ۲۰۰ هرتز و ۱، ۲ و ۱۰ کیلوهرتز ایجاد کرده و صداهای حاصله را با هم مقایسه کنید.

قسمت دوم آزمایش:

بررسی رابطه شدت امواج صوتی با فاصله

روش انجام آزمایش: شدت صوت با مربع فاصله از چشمه صوت نسبت وارون دارد، بنابراین اگر شدت صوت در فاصله D_1 از چشمه صوت برابر I_1 و در فاصله D_2 برابر I_2 باشد می‌توان نوشت:

$$\frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \quad (7)$$

با اتصال ژنراتور به یک اسپیکر، امواجی با فرکانس‌های به ترتیب ۱، ۲ و ۱۰ کیلوهرتز ایجاد کرده و برای آشکار کردن امواج، از یک صوت سنج استفاده کنید. در حالیه صوت سنج را از اسپیکر دور می‌کنید مقادیر ترازهای شدت صوت را برای فاصله‌های مختلف در جدول صفحه بعد یادداشت کنید.

فاصله (cm)								
فرکانس (KHz)	۰	۴	۸	۱۲	۱۶	۲۰	۵۰	۱۰۰
۱								
۲								
۱۰								

قسمت سوم آزمایش:

بررسی تشدید به وسیله دیپازون و لوله های صوتی

روش انجام آزمایش:

بار اول) یک دیپازون را در دست گرفته و با کوبه لاستیکی آن را به ارتعاش در آورید، ملاحظه خواهید کرد که صدای ارتعاش ضعیفی از دیپازون به گوش می رسد. درحالی که دیپازون در حال ارتعاش است آن را از روی جعبه تشدید در جای خود بگذارید. صدای دیپازون تغییر می کند. علت را بیان کنید.

بار دوم) دو دیپازون هم فرکانس را بر روی جعبه های خود قرار داده و جعبه ها را (از طرف بازشان) در مقابل هم قرار دهید و با کوبه لاستیکی یکی از آن ها را به ارتعاش در آورید. در این حال سریعاً با دست شاخه های این دیپازون مرتعش را بگیرید تا دیگر نوسان نکند. در این صورت ملاحظه خواهید کرد که دیپازون هم فرکانس دوم با دامنه بسیار کم ارتعاش می کند بی آنکه به شاخه های آن ضربه ای وارد شده باشد. علت را بیان کنید.

بار سوم) لوله شیشه ای را به وسیله پایه فلزی به طور قائم قرار دهید و لوله لاستیکی را از یک طرف به سرنگ حاوی آب وصل کنید. اسپیکری را به ژنراتوری با فرکانس های مشخص وصل کرده و در دهانه لوله قرار دهید. ارتفاع آب را تغییر دهید تا با اسپیکر به تشدید در آید. در این موقع صدا شدیدتر شنیده می شود. چون برای نخستین بار عمل رزونانس رخ داده است؛ از این رو انتهای لوله شیشه ای (سطح آب) محل گره است و تنها یک شکم نیز در دهانه لوله قرار دارد. طول لوله را در این هنگام L_1 را یادداشت کنید. به همین ترتیب با تکرار آزمایش و پایین آوردن سطح آب در لوله تا جایی که امکان دارد تشدیدهای دوم و سوم و... را پیدا کنید. در حالت تشدید در لوله های بسته، در قسمت بسته گره و در قسمت باز شکم به وجود می آید. با توجه به نکات فوق شرط تشدید در لوله های بسته برابر است با:

$$L = (2k-1)\frac{\lambda}{4} \quad (8)$$

که در آن λ طول موج و k عدد صحیح (تعداد تشدید) است. با استفاده از لوله های بسته و تشکیل تشدید در آنها می توان سرعت صوت را در هوا اندازه گرفت. برای این کار از رابطه بین سرعت صوت در گازها با فرکانس صوت f و طول موج آن استفاده می کنیم.

$$(v = \lambda f) \quad (9)$$

اگر در این رابطه λ (طول موج منتشر شده) و فرکانس آن معلوم باشد، سرعت صوت در هوا به دست می آید.

سرعت صوت	طول موج	L_4 (cm)	L_3 (cm)	L_2 (cm)	L_1 (cm)	فرکانس (KHz)
						۱
						۲

سؤالات:

- ۱- مقیاس دسی بل و صوت مبنا را به طور کامل شرح دهید.
- ۲- شباهت‌ها و اختلاف کانال گوش با لوله صوتی چیست و چه نتایجی دارد؟
- ۳- چگونه می‌توانم در لوله صوتی، موج ایستاده تشکیل دهیم؟
- ۴- تراز صوتی گفتگوی درگوشی دو نفر برابر 20 dB است. شدت صوت گفتگو درگوشی را به دست آورید.
- ۵- نتایج هر یک از سه قسمت آزمایش را بیان کنید.