

آزمایش ۷

لوله‌ی صوتی

(با تشکر از همکاری خانم‌ها نسترن عالمگیر تهرانی و فاطمه لیاقی)

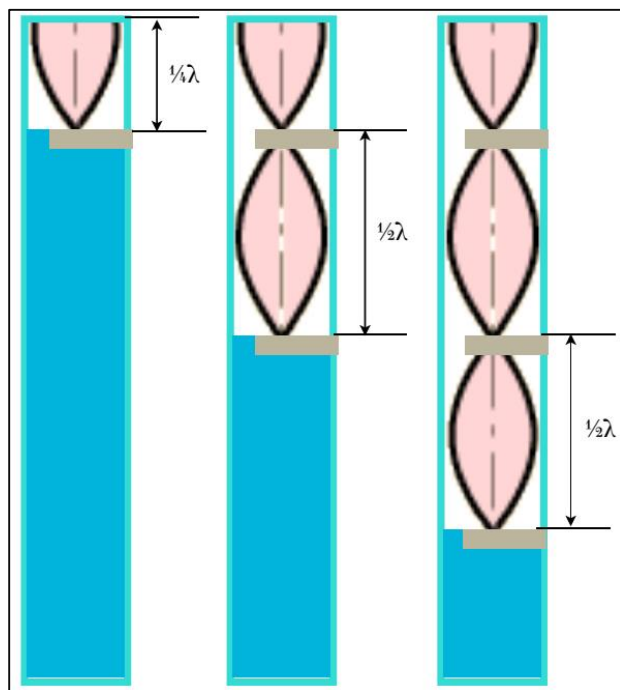
هدف آزمایش:

- تولید موج ایستاده در یک لوله
- مشاهده‌ی تغییر الگوی موج در لوله هنگامی که طول لوله تغییر می‌کند.
- محاسبه‌ی سرعت صوت با استفاده از این مشاهدات

وسایل مورد نیاز:

مخزن آب، شیلنگ تراز، لوله شیشه‌ای به قطر ۱،۲۷ سانتی متر، دیپازون (۲۵۶-۵۱۲-۱۲۸ هرتز)، میکروفون، لپ تاپ دسترسی به آب!

آزمایش:



شکل ۱. رابطه‌ی طول لوله و ایجاد هماهنگ‌های مختلف

یکی از روش‌هایی که برای مطالعه‌ی امواج صوتی بکار می‌رود، تولید موج ایستاده در یک لوله‌ای که یک انتهای آن باز است می‌باشد. اگر هوای درون لوله از سمت باز آن، به وسیله‌ی فرکانس معینی تحریک شود، درون لوله موج ایستاده تشکیل می‌شود که باعث ایجاد تولید صدایی می‌شود که با گوش قابل شنیدن است. این فرآیند دقیقاً شبیه به اتفاقی است که در وسایل موسیقی بادی نظیر فلوت و ... اتفاق می‌افتد.

در این آزمایش از یک لوله که قسمتی از آن توسط آب پر شده است استفاده می‌کنیم. بنابراین لوله‌ی آزمایش مورد نظر دارای یک انتهای بسته و یک انتهای باز است. در این حالت تشدید زمانی رخ می‌دهد که موج ایستاده در داخل لوله تشکیل شود. در یک لوله با یک انتهای بسته، همواره در انتهای بسته لوله گره و در انتهای باز لوله شکم تشکیل می‌شود (شکل ۱).

در لوله‌ای با یک انتهای بسته تنها به ازای هماهنگ‌های فرد موج ایستاده تشکیل می‌شود. هماهنگ اول را تشدید اصلی

می‌نامیم. برای ایجاد موج استاده در لوله، همانطور که از شکل ۱ نیز مشخص است طول مقداری از لوله که در آن هوا قرار دارد باید ضریب فرد از یک چهارم طول موج صدای ایجاد شده درون لوله باشد.

$$l = \frac{n\lambda}{4} \quad n = 1, 3, 5, \dots$$

در ادامه برای به دست آوردن سرعت با توجه به معادله اصلی موج و تشدید داریم:

$$v = \lambda f$$

با جایگذاری معادله اول در معادله‌ی دوم خواهیم داشت:

$$v = \frac{4l}{n} f \quad n = 1, 3, 5 \dots$$

این معادله سرعت صوت در هوا را به کمک تشدید لوله‌ی یک سو بسته، هم آهنگ‌ها و فرکانس مولد به دست می‌دهد.

نحوه آزمایش:



شکل ۲. چیدمان آزمایش

۱. در ابتدا مطمئن شوید که لوله و پایه‌ی آن، محکم روی زمین قرار گرفته باشد.
۲. مخزن را طوری روی پایه قرار دهید که نزدیک به سطح لوله‌ی شیشه‌ای قرار گیرد. سپس مخزن و لوله را به گونه‌ای از آب پر کنید تا سطح آب به ارتفاعی در حدود ۱۰ سانتی‌متر از سطح لوله قرار بگیرد.
۳. با استفاده از نرم افزار cooledit فرکانس تولیدی دیپازون را تعیین کنید.
۴. به دیپازون ضربه‌ای وارد کنید تا شروع به نوسان کند. دیپازون را به شیشه، میز آزمایشگاه و یا پیشانی هم گروهی خود نزنید.
۵. از بالاترین سطح آب درون لوله شروع کرده و سطح آب را به کمک جابجا کردن مخزن به آرامی پایین بیاورید.
۶. با استفاده از ماژیک وایت برد، اولین مکانی صدا درون لوله بیشینه می‌شود را علامت بزنید (Y_1) و در جدول ۱ یادداشت کنید. (برای بالا بردن دقت اندازه‌گیری‌هایتان، آزمایش را چندین بار تکرار کرده و سپس میانگین یادداشت کنید).

۷. هر دو وزنه‌ی روی شاخه‌های دیپازون را جابجا کنید تا فرکانس طبیعی دیپازون تغییر کند و سپس مراحل ۳ تا ۷ را تکرار کنید و در جدول ۱ یادداشت کنید.
۸. مراحل ۳ تا ۷ را برای دیپازون دیگری که وزنه به آن وصل است تکرار کنید و نتایج را در جدول ۲ یادداشت کنید.
۹. مراحل ۳ تا ۶ را برای دیپازون بدون وزنه تکرار کنید، با ادامه دادن به پایین آوردن سطح آب، دومین (Y_2) و

سومین مکانی که در آن تشدید می شود (ν_3) را علامت زده. نتایج را در جدول ۳ یادداشت کنید.

محاسبات:

همانطور که از شکل ۱ پیداست، اولین هماهنگ زمانی اتفاق می افتد که طول مؤثر لوله برابر با یک چهارم طول موج صوت انتشار یافته درون لوله باشد. بنابراین طول موج با استفاده از هماهنگ اول بسادگی قابل محاسبه است. طول موج محاسبه شده را در جدول یک در محل مناسب یادداشت کنید.

با توجه به شکل ۱، فاصله‌ی بین هماهنگ اول تا دوم ($\nu_2 - \nu_1$) برابر با نصف طول موج صوت انتشار یافته خواهد بود. بنابراین طول موج صوت از این طریق نیز قابل محاسبه است. مقدار محاسبه شده را در جدول یک یادداشت کنید. می‌دانیم سرعت صوت در هوا با استفاده از رابطه‌ی زیر قابل محاسبه است:

$$v = (331 + 0.6T) \text{ m/s}$$

که در آن T دمای محیط بر حسب سانتی‌گراد می‌باشد. مقدار واقعی سرعت صوت در هوا را از طریق معادله‌ی بالا محاسبه کنید.

سرعت صوت را با توجه به معادلات بالا، و با دانستن طول موج از روی آزمایش، محاسبه کنید و در صد خطای نسبی را برای هر یک از حالت‌ها محاسبه کنید.

سوالات:

۱. برای یک فرکانس معین، آیا محاسبه‌ی سرعت از دو روش ذکر شده، خطای یکسانی دارد؟ چرا؟
۲. برای فرکانس‌های مختلف آیا سرعت صوت در هوا یکسان است؟ نتایج آزمایش خود را چگونه توجیح می‌کنید؟
۳. برای محاسبه‌ی سرعت صوت بهتر است از دیاپازون‌هایی با فرکانس بیشتر استفاده شود یا از فرکانس کمتر؟
۴. به نظر شما تغییر قطر لوله‌ی آزمایش چه تاثیری بر تشخیص رخ دادن تشدید دارد؟
۵. عوامل خطا در این آزمایش، چه چیزهایی می‌تواند باشد؟
۶. روشی را برای محاسبه‌ی دقیق‌تر سرعت صوت در هوا پیشنهاد بدهید. (به یاد داشته باشید که وسایل اندازه‌گیری از دقت کافی برخوردار هستند، پس لطفاً روش پیشنهاد بدهید!!!)

فعالیت ویژه:

نمودار طول مؤثر (L) بر حسب شماره هماهنگ بر روی فرکانس (n/f) را برای تمام فرکانس‌های بدست آمده رسم کنید. شیب را با کمک روش کمترین مربعات بدست آورید. این شیب نمایانگر چیست؟ درصد خطای نسبی را بدست آورید.