

آزمایشگاه فیزیک ۳

«گزارش آزمایش پنجم»

«اندازه‌گیری سرعت صوت در هوا به کمک لوله‌ی صوت»

نگارنده: سعید شیرانی

گروه ۲:

آقایان: سعید شیرانی-مسعود انصاری-امین فرهادیان

استاد درس:

جناب آقای دکتر لهراسبی

زمینه نظری:

سرعت موج در هر محیط از راه زیر بدست می‌آید: $v = f\lambda$ که در آن v بیانگر سرعت صوت و λ بیانگر طول موج می‌باشد.

در صورت داشتن مقادیر بسامد و طول موج، می‌توان سرعت موج را بدست آورد. برای اندازه‌گیری سرعت، از پدیده‌ی تشدید در لوله‌های صوتی استفاده می‌کنیم. بدین صورت که با ارسال امواج صوتی به درون لوله با انتهای بسته، امواج ارسالی با امواج بازتاب شده تشکیل موج ساکن می‌دهند. در صورتی که طول لوله مضرب ثابتی از $\frac{\lambda}{4}$ باشد، پدیده‌ی تشدید را شاهد خواهیم بود.

گره ی اول در $\frac{\lambda}{4}$ و گره ی دوم در $\frac{3\lambda}{4}$ و گره ی سوم در $\frac{5\lambda}{4}$ تشکیل می‌شود.

$$\Rightarrow l = \frac{2k-1}{4}\lambda \Rightarrow \lambda = \frac{4l}{2k-1}$$

که در آن k بیانگر شماره‌ی صوت و یا هماهنگ صوت در داخل لوله است.

$$\Rightarrow v = \frac{4l}{2k-1}f$$

برای در نظر گرفتن خطا می‌توان:

$$\Rightarrow L = \frac{(2k-1)v}{4f} + \epsilon$$

که در آن $L = l + \epsilon$ است و ϵ عرض از مبدا نمودار و خطای دستگاه‌های آزمایش و وسایل آزمایش است. که در صورت بی‌تغییر ماندن Setup، مقدار این مولفه ثابت می‌ماند. در ادامه با ثبت داده‌های خواسته شده باید نمودار $L - \frac{1}{f}$ با شیب $\frac{(2k-1)v}{4}$ باید رسم شود. با رسم نمودار و یافتن شیب آن، در نهایت می‌توان مقدار سرعت صوت را در دمای آزمایشگاه و دمای صفر را تخمین زد. برای این تخمین از رابطه‌ی تجربی زیر استفاده می‌کنیم:

$$v = v_0 + 0.61\theta$$

که در آن θ برحسب سلسیوس و v برحسب متر بر ثانیه است.

شرح فرآیند آزمایش

برای آزمایش ابتدا باید نوسان ساز را به آمپلی فایر و آمپلی فایر را به بلندگو نصب کنیم. به نحوی که نوسان ساز یک نوسان ایجاد کند و توسط تقویت کننده این نوسان ها به اندازه‌ای تقویت شوند که بتوان آنها را با یک بلندگو نمایش داد.

بلندگو را در روبروی یک لوله‌ی نیمه بسته قرار می‌دهیم. با تغییر فرکانس و ارتفاع لوله می‌توان نقاط گره‌ی صوتی هر نوسان را به راحتی پیدا کرد.

برای تغییر ارتفاع لوله می‌توان از آب استفاده کرد. با تغییر سطح آب می‌توان یک لوله‌ی بسته به ارتفاع دلخواه داشت. برای تغییر ارتفاع آب از ترکیب یک پیمانه و یک لوله استفاده می‌کنیم. به نحوی که با تغییر ارتفاع پیمانه، ارتفاع آب درون لوله تغییر می‌کند. این تغییر ارتفاع ناشی از ارتباط فشار آب و هوا بایکدیگر است.

با تغییر ارتفاع آب در لوله به دنبال تغییرات صدای درون می‌گردیم.

نکته‌ی مهم:

در هنگام تغییر ارتفاع آب و حضور موج صوتی، ممکن است صدا گاهی اوقات تغییر کند. در نظر داشته باشید که صدای ناشی از تشدید بلندترین و بم ترین صدای در دسترس است. بنابراین هنگام ثبت طول لوله می‌بایست به این مهم دقت داشته باشیم.

فرکانس‌های موج صوتی باید به نحوی انتخاب شوند که فواصل $\frac{1}{f}$ بایکدیگر تقریباً برابر شوند. فواصل داده شده در دستور کار برابرند با:

$$f = 250, 280, 310, 360, 420, 500, 620 \text{ Hz}$$

فرکانس‌های ثبت شده در آزمایشگاه برابرند با:

$$f_{\text{experiment}} = 197, 251, 280, 313, 362, 403, 427 \text{ Hz}$$

خطای این اعداد از مرتبه‌ی یک هرتز می‌باشد. هنگام ثبت این داده‌های باید کمی صبر کنیم که نمایشگر دستگاه یک عدد ثابت را نشان دهد.

به ازای فرکانس‌های بالا باید گره‌های صوتی اول و دوم را ثبت کنیم. داده‌های ثبت شده به شرح زیراند:

$f(\text{Hz}) \pm 1$	$1/f \text{ (s)} \pm 0.1$	$L \text{ for } k1(\text{cm}) \pm 0.1$	$L \text{ for } k2(\text{cm}) \pm 0.1$
197	5.08E-03	28.0	56.0
251	3.98E-03	15.8	33.0
280	3.57E-03	14.1	29.0
313	3.19E-03	12.3	26.7
362	2.76E-03	10.7	22.5
427	2.34E-03	8.8	18.9
603	2.16E-03	7.5	17.0

با رسم نمودار داده‌های داده شده در جدول بالا، می‌توان مقادیر شیب را دو نمودار $L1-1/f$ و نمودار $L2-1/f$ را بدست آوردیم. در نهایت با کمک فرمول شیب که در بالاتر ذکر شده است؛ می‌توان مقدار سرعت صوت را بدست بیاوریم. با میانگین‌گیری از دو سرعت، سرعت واقعی صوت را بدست خواهیم آورد.

برای LK_1 and $K = 1$:

$$4249 = \frac{(2k-1)v}{4} \Rightarrow v = 169.96 \text{ m/s}$$

برای LK_2 and $K = 2$:

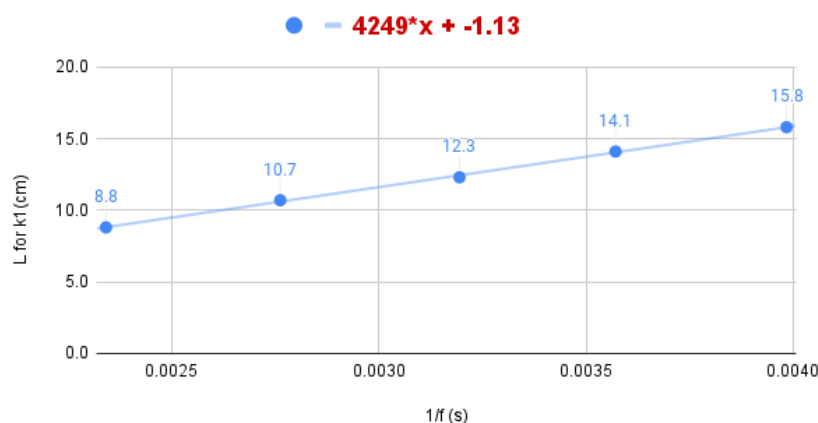
$$8487 = \frac{(2k-1)v}{4} \Rightarrow v = 113.16 \text{ m/s}$$

با میانگین‌گیری از دو کمیت داریم:

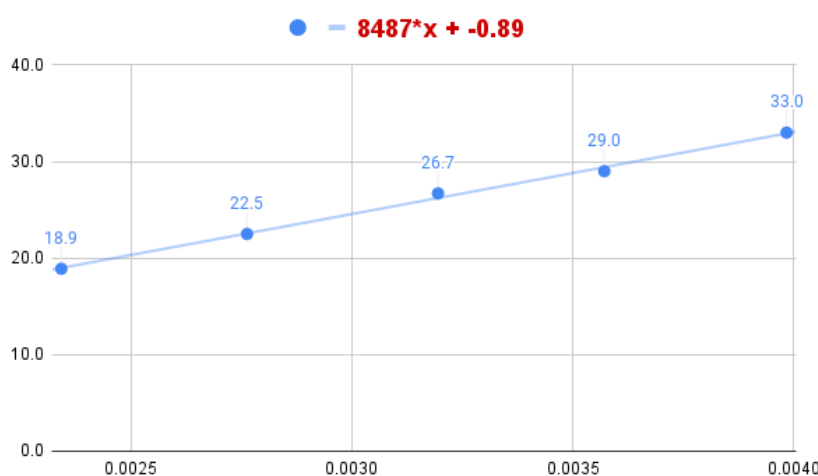
$$\bar{v} = \frac{113.16 + 169.96}{2} = 141.56 \text{ m/s}$$

خطاگیری از روابط به صورت دستنویس در پیوست موجود است. حال باید با کمک رابطه‌ی تجربی $v = v_0 + 0.61\theta$ سرعت صوت را دمای صفر درجه سلسیوس بدست می‌آوریم.

L for k1(cm) vs 1/f (s)



شکل ۱: نمودار تغییرات مکان اولین گرهی صوتی به ازای فرکانس های مختلف



شکل ۲: نمودار تغییرات مکان دومین گرهی صوتی به ازای فرکانس های مختلف

دمای آزمایشگاه در هنگام آزمایش برابر با ۲۷ درجهی سلسیوس گزارش شده است. مقادیر را جایگذاری می‌کنیم:

$$v = 141.56 + 0.61 * 27 \Rightarrow v = 158.03 \text{ m/s}$$

عدد بدست آمده کمتر از نصف عدد انتظاری یعنی ۳۳۱ متر بر ثانیه می‌باشد. با اینحال بنده اعداد ناشی از گروه‌های دیگر را نیز بررسی کردم و سرعت صوت در مقیاس و اندازه‌ی مشابه با اعداد بنده گزارش شده بودند. بنابراین محتمل است که خطای گزارش شده ناشی از خطای آزمایشگر و دستگاه‌های آزمایش باشد.

پرسش‌ها

۱. سرعت صوت به دمای محیط و چگالی ماده‌ی داخل محیط بستگی دارد.

۲. در این آزمایش از نوسان‌سازی استفاده کردیم که به طور دقیق توان ایجاد فرکانس های مدنظر را نداشت. و با تقریب می‌توانستیم به فرکانس مدنظر دست پیدا کنیم. از طرفی هرچقدر هم نوسان ساز دقیق کار کند، بلندگوی نصب شده برای ایجاد تپ های صوتی با دقت بالا طراحی نشده است. بنابراین می‌تواند این مساله باعث خطا باشد.

۳. بله ولی ضرایب داخل فرمول دچار تغییر خواهند شد.