

مشاهده امواج صوتی ایستاده در لوله کنت و لوله رابن

لوله کنت (شکل ۱) و لوله رابن (شکل ۲)، دو وسیله که با استفاده از آنها می توان امواج صوتی ایستاده تولید کرد. لوله کنت به نام آگوست کنت^۱، و لوله رابن به نام هنریش رابن^۲ که هر دو فیزیکدان آلمانی بودند نام گذاری شده است.



شکل ۱: لوله کنت وسیله ای برای تولید امواج صوتی ایستاده



شکل ۲: لوله رابن وسیله ای برای تولید امواج صوتی ایستاده

برای تولید امواج صوتی با بسامد متغیر از یک بلندگو که به نوسان ساز (اسیلاتور) وصل می شود، استفاده می کنیم. برای تشکیل نقش گره و شکم امواج ایستاده در لوله کنت از گرد چوب استفاده می شود و در لوله رابن به علت تغییر فشار گاز در محل گره و شکم نقش امواج ایستاده با شعله های آتش تشکیل می شود. با استفاده از نقش گره و شکم امواج ایستاده، می توان طول موج را به دست آورد. سپس برای بسامد معلوم، سرعت صوت را تعیین کرد.

^۱ August Kundt

^۲ Heinrich Rubens

مدل و نظریه

در نقش امواج ایستاده فاصله بین دو گره متوالی برابر $\lambda/2$ است. بنابراین رابطه بین طول لوله L و تعداد گره ها n برای لوله بسته (در یک انتهای آن گره و در انتهای دیگر شکم تشکیل می شود) عبارت است از:

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

برای لوله باز (در دو انتهای آن شکم تشکیل می شود) عبارت است از:

$$L = n \frac{\lambda}{2} \quad (2)$$

بنابراین با اندازه گیری طول لوله و شمارش تعداد گره ها می توان طول موج را به دست آورد. سرعت انتشار موج برابر است با:

$$v = \lambda \nu \quad (3)$$

که λ طول موج و ν بسامد موج است. با بررسی تغییرات طول موج بر حسب بسامد می توان سرعت صوت را به دست آورد.

سرعت صوت همچنین به دمای محیط بستگی دارد، رابطه تقریبی بین سرعت صوت در هوا و دمای محیط

$$\nu = 331 \left(1 + \frac{t}{273}\right)^{1/2} \quad (4) \text{ برابر است با:}$$

وسایل آزمایش

نوسان ساز (اسیلاتور)، تقویت کننده، مولتی متر، لوله کنت^۱، لوله رابن^۲، مخزن گاز همراه با شیلنگ اتصال به لوله رابن، بلندگو، گیره برای لوله کنت، گیره میز^۲ (عدد)، گرد چوب، خط کش، دماسنج، کابل BNC، سیم

رابط ۲ (عدد) روش آزمایش

- مدار آزمایش را مطابق شکل ۳ ببندید.



شکل ۳: آزمایش تشکیل امواج ایستاده در لوله کنت

- گرد چوب را به طور تقریبی^۱ یکنواخت در طول لوله شیشه ای پخش کنید. اطمینان حاصل کنید که گرد چوب و لوله کاملاً^۲ خشک هستند.

^۱ لوله شیشه ای که طول آن بوسیله یک پیستون تغییر می کند و در انتهای دیگر آن چشمه صوت قرار می گیرد.

^۲ لوله فلزی که در طول آن سوراخهایی ایجاد شده است، انتهای آن به مخزن گاز وصل می شود و در انتهای دیگر آن چشمه صوت قرار می گیرد.

- بلندگو را طوری در انتهای دیگر لوله قرار دهید که مرکز آن منطبق بر محور لوله باشد تا بیشتر امواج صوتی وارد لوله شود. برای لوله بسته با استفاده از پیستون یا چوب پنبه (یا به کمک دست) انتهای لوله شیشه ای را ببندید.

- دامنه ولتاژ نوسان ساز را تا انتها در جهت عقربه های ساعت بچرخانید.

- روی دستگاه تقویت کننده دکمه Amplitude در وضعیت مینیمم باشد و کلید Amplification را در وضعیت ۱۰^۰ قرار دهید (وضعیت مجاز برای این کلید ۱۰^۰ است در غیر این صورت بلندگو صدمه خواهد دید).

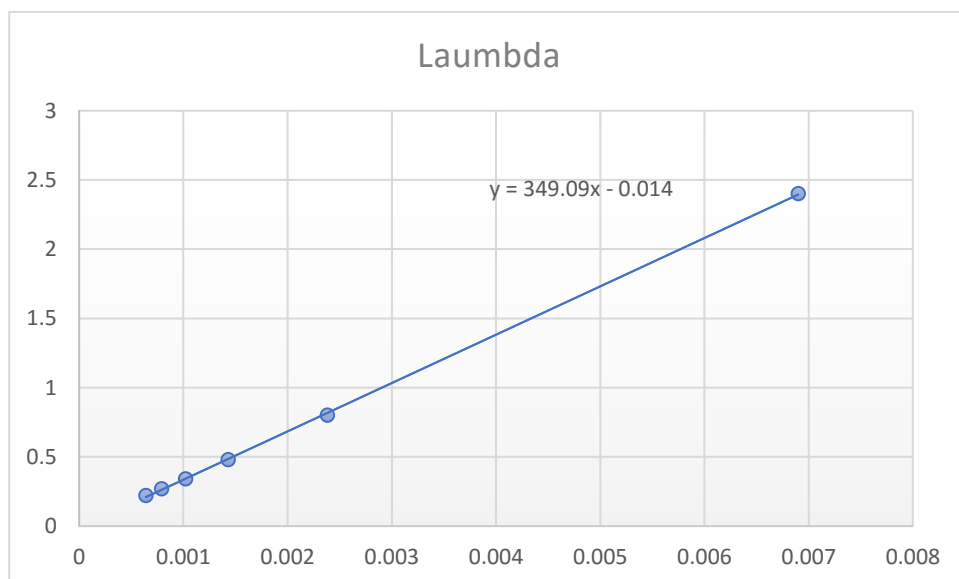
- راهنمایی: طول لوله شیشه ای را اندازه گیری کنید با مشخص بودن تعداد گره ها می توان طول موج را به دست آورد. فرض کنید سرعت صوت تقریباً ۳۳۰ m/s است، با مشخص بودن طول موج و سرعت صوت مقدار تقریبی بسامد تشدید را به دست آورید.

با تغییر بسامد نوسان ساز در بازه بسامد محاسبه شده، تشدید را مشاهده کنید. برای خواندن دقیق بسامد از مولتی متر استفاده کنید. بازای هر بسامد که موج ایستاده تشکیل می شود تعداد گره ها و بسامد را در جدول یادداشت کنید.

T = 25 C		L = 0.6m	
f(Hz)	n	Laumbda	f^-1 (s)
145	1	2.4	0.0069
420	2	0.8	0.00238
700	3	0.48	0.00143
980	4	0.34	0.00102
1261	5	0.27	0.00079
1540	6	0.22	0.00064

جدول ۱: تغییرات طول موج بر حسب بسامد برای لوله کنت (لوله بسته)

- با اندازه گیری طول لوله شیشه ای L و نتایج ثبت شده در جدول ۱ (تعداد گره ها) طول موج را به دست آورید و جدول ۱ را کامل کنید.
- منحنی نمایش تغییرات طول موج (λ) را بر حسب عکس بسامد ($1/\nu$) رسم کنید.



- با استفاده از شیب منحنی سرعت صوت را محاسبه کنید.

سرعت همان شیب نمودار است یعنی :

$$v = \lambda \nu \xrightarrow{so} \lambda = \frac{v}{\nu}$$

$$v = 349.09 \text{ m/s}$$

- دمای آزمایشگاه را در زمان انجام آزمایش اندازه گیری کنید و سرعت صوت در هوا را از معادله ۴ محاسبه کنید.

$$v = 331 \left(1 + \frac{25}{273} \right)^{0.5} = 345.8$$

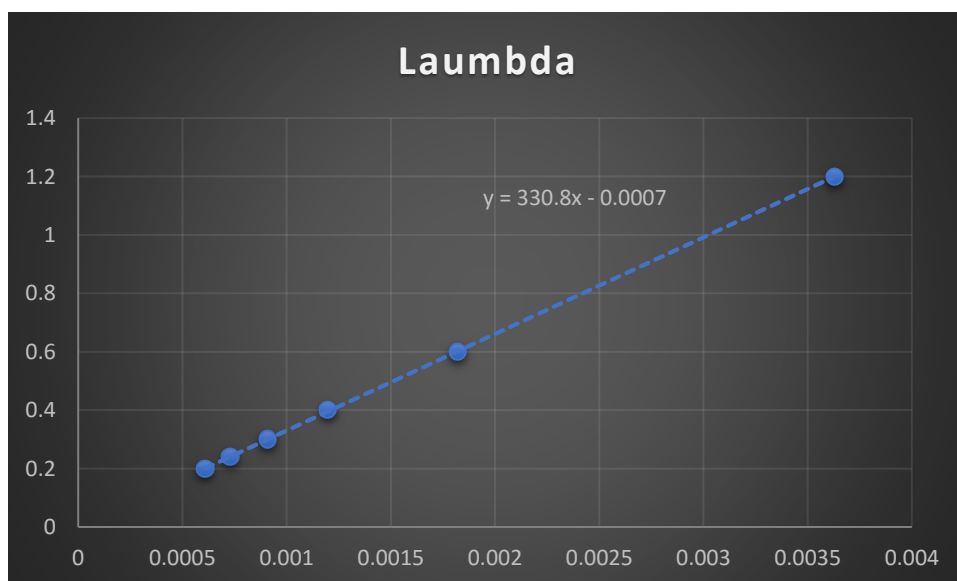
درصد خطای ما بدست می آید :

$$\alpha = \frac{349.09 - 345.8}{345.8} \approx 1\%$$

- با تغییر فاصله بین بلندگو و پیستون آزمایش را تکرار کنید، جدول ۲ را کامل کرده و سرعت صوت در هوا را بهدست آورید.

$L = 60 \text{ cm}$			
$t = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$			
$\nu(\text{Hz})$	n	$\lambda(\text{cm})$	$\nu^{-1}(\text{s})$
۲۷۵	۱	۱,۲	۰,۰۰۳۶۳
۵۴۹	۲	۰,۶	۰,۰۰۱۸۲
۸۳۰	۳	۰,۴	۰,۰۰۱۲۰
۱۱۰۴	۴	۰,۳	۰,۰۰۰۹۱
۱۳۷۸	۵	۰,۲۴	۰,۰۰۰۷۳
۱۶۴۶	۶	۰,۲	۰,۰۰۰۶۱

: تغییرات طول موج بر حسب بسامد برای لوله کنت (لوله باز) ۲ جدول



سرعت همان شیب خط است:

$$v = 330.8 m / s$$

$$\alpha = \frac{349.09 - 330.8}{330.8} \approx \%5.5$$

و در انتها مطابق با فرمایش خودتان آزمایش لوله رابن هم انجام نگرفت.