

# لوله کنت و رابن

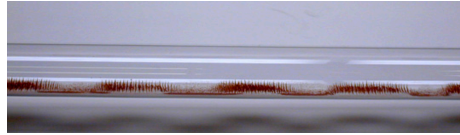
## پارسا رنگریز

آزمایشگاه فیزیک ۳، دانشکده فیزیک، دانشگاه صنعتی شریف

### ۱ مقدمه

لوله کنت (شکل ۱) و لوله رابن (شکل ۲)، دو وسیله که با استفاده از آنها می‌توان امواج صوتی ایستاده تولید کرد. لوله کنت به نام آگوسنت کنت، و لوله رابن به نام هنریش رابن که هر دو فیزیکدان آلمانی بودند، نام‌گذاری شده است. برای تولید امواج صوتی با بسامد متغیر از یک بلندگو که به نوسان‌ساز (اسیلاتور)

شکل ۱: لوله کنت وسیله‌ای برای تولید امواج صوتی ایستاده



شکل ۲: لوله رابن وسیله‌ای برای تولید امواج صوتی ایستاده



وصل می‌شود، استفاده می‌کنیم. برای تشکیل نقش گره و شکم امواج ایستاده در لوله کنت از گرد چوب استفاده می‌شود و لوله رابن به علت تغییر فشار گاز در محل گره و شکم نقش امواج ایستاده با شعله‌های آتش تشکیل می‌شود. با استفاده از نقش گره و شکم امواج ایستاده، می‌توان طول موج را بدست آورد. سپس برای بسامد معلوم، سرعت صوت را تعیین کرد.

### ۲ مدل و نظریه

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

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

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

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

بنابراین با اندازه‌گیری طول لوله و شمارش تعداد گره‌ها می‌توان طول موج را بدست آورد. سرعت انتشار موج برابر است با:

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

که  $\lambda$  طول موج و  $\nu$  بسامد موج است. با بررسی تغییرات طول موج بر حسب بسامد می‌توان سرعت صوت را بدست آورد.

سرعت صوت همچنین به دمای محیط بستگی دارد، رابطه تقریبی بین سرعت صوت در هوا و دمای محیط برابر است با:

$$v = 331 \left(1 + \frac{t}{273}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

### ۳ وسایل آزمایش

- (۱) نوسان‌ساز (اسیلاتور)
- (۲) تقویت‌کننده
- (۳) لوله کنت
- (۴) لوله رابن
- (۵) مخزن گاز همراه با شلنگ اتصال به لوله رابن
- (۶) بلندگو
- (۷) گیره برای لوله کنت
- (۸) گیره میز (۲ عدد)
- (۹) گرد چوب
- (۱۰) خط کش
- (۱۱) دماسنج
- (۱۲) کابل BNC
- (۱۳) سیم رابط (۲ عدد)

### ۴ روش آزمایش

مدار آزمایش را مطابق شکل ۳ می‌بندیم. گرد چوب را به طور تقریباً یکنواخت در طول لوله شیشه‌ای پخش می‌کنیم. اطمینان حاصل کرده که گرد چوب و لوله کاملاً خشک هستند.

بلندگو را طوری در انتهای دیگر لوله قرار می‌دهیم 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 شیشه‌ای را می‌بندیم.

دامنه ولتاژ نوسان‌ساز را تا انتها در جهت عقربه‌های ساعت می‌چرخانیم.

روی دستگاه تقویت‌کننده دکمه Amplitude در وضعیت مینیمم باشد و کلید Amplification را در وضعیت  $10^0$  قرار می‌دهیم. (وضعیت مجاز برای این کلید  $10^0$  است. در غیراینصورت بلندگو صدمه خواهد دید).

شکل ۳: آزمایش تشکیل امواج ایستاده در لوله کنت



طول لوله شیشه‌ای را اندازه‌گیری کرده و با مشخص بودن تعداد گره‌ها می‌توان طول موج را بدست آورد. فرض می‌کنیم سرعت صوت تقریباً  $330\text{m/s}$  است، با مشخص بودن طول موج و سرعت صوت مقدار تقریبی بسامد تشدید را بدست می‌آوریم. با تغییر بسامد نوسان‌ساز در بازه بسامد محاسبه شده، تشدید را مشاهده می‌کنیم. برای خواندن دقیق بسامد از مولتی‌متر استفاده کرده و به ازای هر بسامد که موج ایستاده تشکیل می‌شود تعداد گره‌ها و بسامد را در جدول ۱ یادداشت می‌کنیم. با تغییر فاصله بین بلندگو و پیستون آزمایش را تکرار می‌کنیم و جدول ۲ را کامل می‌کنیم. اکنون به جای لوله کنت از لوله رابن استفاده کرده و جدول ۳ را کامل می‌کنیم.

## ۵ هدف آزمایش

بدست آوردن سرعت صوت در هوا با استفاده از موج ایستاده

## ۶ جدول داده‌ها

از آزمایش برمی‌آید که داریم

$$T = 25^{\circ}\text{C} \quad (۵)$$

و همینطور

$$L = 60\text{cm} \quad (۶)$$

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

$\nu^{-1}(s)$	$\lambda(cm)$	$n$	$\nu(Hz)$
$3.145 \times 10^{-3}$	1.2	1	318
$1.835 \times 10^{-3}$	0.6	2	545
$1.471 \times 10^{-3}$	0.4	3	680
$1.344 \times 10^{-3}$	0.3	4	744

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

$\nu^{-1}(s)$	$\lambda(cm)$	$n$	$\nu(Hz)$
$4.85 \times 10^{-3}$	2.4	1	206
$2.27 \times 10^{-3}$	0.8	2	440
$1.59 \times 10^{-3}$	0.48	3	630
$1.12 \times 10^{-3}$	0.34	4	896

جدول ۳: تغییرات کیفی تعداد گره بر حسب بسامد برای لوله کنت رابن

$n$	$\nu(Hz)$
8	1381
6	1160

## ۷ خطا

به طور کلی اگر  $y$  یک تابعی از  $x_i$  تا  $x_n$  باشد و برای هر کدام از  $x_i$ ها،  $\langle x_i \rangle$  و  $\Delta x_i$  مشخص باشند، آنگاه  $\Delta y$  اینگونه محاسبه می‌شوند:

$$\Delta y = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i \right)^2} \quad (۷)$$

بنابراین در تمامی جداولی که میانگین حساب می‌شده این مقدار خطا محاسبه گشته و سپس با خطای دستگاه‌ها مقایسه شده و بیشینه این خطا بعنوان خطا گزارش شده است. برای محاسبه خطای خط برازش در نمودارها می‌توان نوشت:

$$\Delta b = b \sqrt{\frac{1}{n-2} \left( \frac{1}{R^2} - 1 \right)} \quad (۸)$$

اکنون نوبت این است که عوامل خطا را بررسی کنیم.

### ۱.۷ آزمایش لوله کنت

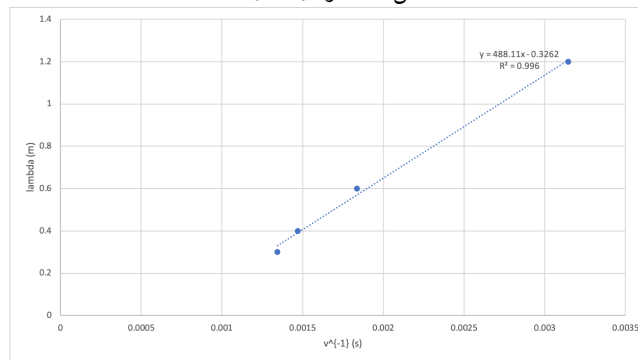
ناواضح بودن لرزش براده‌ها، یکسان نبودن دمای اتاق، حرکت هوای بیرون لوله

## ۲.۷ آزمایش لوله رابن

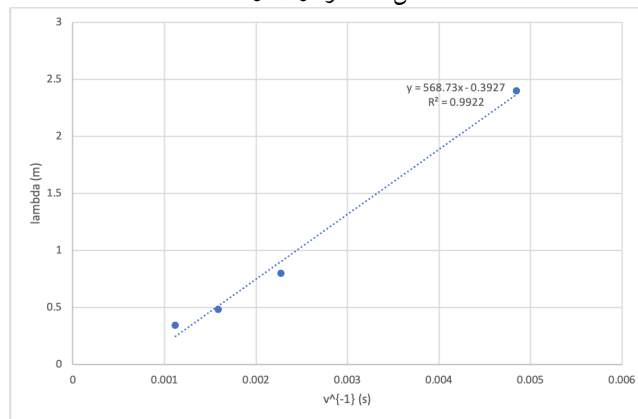
افزایش دما در نزدیکی شعله

## ۸ نمودار داده‌ها

شکل ۴: نمودار جدول ۱



شکل ۵: نمودار جدول ۲



## ۹ نتیجه‌گیری

می‌توان اکنون از روی شیب نمودارها بدست آورد که سرعت صوت چقدر است. (با توجه به معادله ۳)

$$v_1 = 490 \pm 20 \text{ m/s} \quad (9)$$

$$v_2 = 570 \pm 40 \text{ m/s} \quad (10)$$

اگر بخواهیم با مقدار واقعی سرعت صوت بررسی کنیم، از معادله ۴ می‌توان نوشت:

$$v_{real} = 345.8m/s \quad (11)$$

اکنون می‌توان خطای آزمایش را بدست آورد.

$$\Delta_1 = 41.70\% \quad (12)$$

$$\Delta_2 = 64.9\% \quad (13)$$

که نشان از خطای بالای این آزمایش یا لااقل اندازه‌گیری انجام شده می‌دهد. برای لوله رابن هم می‌توان به طور کیفی گفت که با افزایش طول موج، تعداد گره‌ها بیش‌تر می‌شود و این مطابق همان انتظاری است که داشتیم.