

1. Sóng âm là gì?

Sóng âm là những sóng cơ học lan truyền trong các môi trường rắn, lỏng, khí. Tai người cảm nhận được sóng âm có tần số trong khoảng từ 16 Hz đến 20.000 Hz.

Nguồn âm

Nguồn âm là những vật dao động phát ra âm thanh. Tần số của âm phát ra bằng tần số dao động của nguồn âm.

- **Ví dụ 1:** Dây đàn guitar rung động khi ta gảy, tạo ra sóng âm.
- **Ví dụ 2:** Màng loa dao động, đẩy không khí xung quanh và tạo ra sóng âm.
- **Ví dụ 3:** Thanh quản của con người rung động khi nói, tạo ra tiếng nói.

Môi trường truyền âm

Sóng âm truyền được trong các môi trường vật chất (rắn, lỏng, khí) và không truyền được trong chân không.

- Tốc độ truyền âm phụ thuộc vào tính đàn hồi, mật độ và nhiệt độ của môi trường.
- Nói chung, tốc độ truyền âm giảm dần theo thứ tự: $v_{\text{rắn}} > v_{\text{lỏng}} > v_{\text{khí}}$

Ví dụ:

- Tốc độ âm trong không khí ở 20°C là khoảng 343 m/s.
- Tốc độ âm trong nước là khoảng 1500 m/s.

- Tốc độ âm trong thép là khoảng 6100 m/s.

2. Phân loại sóng âm

Dựa vào tần số, sóng âm được chia thành ba loại:

Loại sóng âm	Tần số (f)	Đặc điểm	Ví dụ
Hạ âm	$f < 16 \text{ Hz}$	Tai người không nghe được. Một số loài vật như voi, chim bồ câu có thể cảm nhận được.	Sóng địa chấn, dao động của các công trình lớn.
Âm thanh (âm nghe được)	$16 \text{ Hz} \leq f \leq 20.000 \text{ Hz}$	Tai người có thể nghe được.	Tiếng nói, âm nhạc, tiếng động cơ.
Siêu âm	$f > 20.000 \text{ Hz}$	Tai người không nghe được. Một số loài vật như dơi, cá heo có thể phát và cảm nhận được.	Sóng siêu âm trong y tế để chẩn đoán hình ảnh, trong công nghiệp để dò khuyết tật.

3. Các đặc trưng vật lí của âm

Đây là những đặc trưng có thể đo lường được bằng các thiết bị vật lí, không phụ thuộc vào cảm nhận của người nghe.

a. Tần số âm (f)

- **Định nghĩa:** Tần số âm là tần số dao động của nguồn âm. Đây là một trong những đặc trưng vật lí quan trọng nhất của âm.
- **Đơn vị:** Hertz (Hz).
- **Ý nghĩa:** Tần số âm quyết định đặc trưng sinh lí là độ cao của âm.

Ví dụ:

1. Một dây đàn guitar dao động 500 lần trong một giây. Tần số âm do nó phát ra là 500 Hz.
2. Nốt La chuẩn trong âm nhạc có tần số là 440 Hz.

b. Cường độ âm (I) và Mức cường độ âm (L)

Cường độ âm (I)

- **Định nghĩa:** Cường độ âm tại một điểm là năng lượng mà sóng âm truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền âm trong một đơn vị thời gian.
- **Công thức:** $I = P / S = P / (4\pi R^2)$
- Trong đó:
 - **P:** Công suất của nguồn âm (W).
 - **S:** Diện tích mặt cầu có tâm là nguồn âm, bán kính R (m²).
 - **R:** Khoảng cách từ nguồn âm đến điểm xét (m).
 - **I:** Cường độ âm (W/m²).

- **Cường độ âm chuẩn (I_0):** Là cường độ âm nhỏ nhất mà tai người có thể nghe được, thường lấy giá trị $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

Ví dụ:

1. Một nguồn âm điểm có công suất $P = 0.1 \text{ W}$. Tính cường độ âm tại điểm M cách nguồn 5 m.

Giải: Áp dụng công thức $I = P / (4\pi R^2) = 0.1 / (4\pi * 5^2) \approx 3.18 \times 10^{-4} \text{ W/m}^2$.

2. Tại điểm A, cường độ âm đo được là 10^{-6} W/m^2 . Nếu di chuyển ra xa gấp đôi khoảng cách ban đầu, cường độ âm là bao nhiêu?

Giải: Vì I tỉ lệ nghịch với R^2 , khi R tăng 2 lần thì I giảm $2^2 = 4$ lần. Vậy $I' = I / 4 = 10^{-6} / 4 = 2.5 \times 10^{-7} \text{ W/m}^2$.

Mức cường độ âm (L)

- **Định nghĩa:** Mức cường độ âm là đại lượng đo bằng logarit thập phân của tỉ số giữa cường độ âm tại một điểm và cường độ âm chuẩn.

- **Công thức:**

- Đơn vị Ben (B): **$L(B) = \log(I / I_0)$**

- Đơn vị Decibel (dB): **$L(dB) = 10 * \log(I / I_0)$** (1 B = 10 dB)

Ví dụ:

1. Tính mức cường độ âm của một âm có cường độ $I = 10^{-5} \text{ W/m}^2$. Lấy $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$.

Giải: $L(dB) = 10 * \log(10^{-5} / 10^{-12}) = 10 * \log(10^7) = 10 * 7 = 70 \text{ dB}$.

2. Mức cường độ âm tại điểm A là 40 dB, tại điểm B là 60 dB. Cường độ âm tại B lớn gấp bao nhiêu lần tại A?

Giải: Ta có $L_a = 10\log(I_a/I_0) = 40$ và $L_e = 10\log(I_e/I_0) = 60$.

Suy ra $L_e - L_a = 20 = 10\log(I_e/I_0) - 10\log(I_a/I_0) = 10\log(I_e/I_a)$.

Vậy $\log(I_e/I_a) = 2 \Rightarrow I_e/I_a = 10^2 = 100$ lần.

c. Âm phổ (Đồ thị dao động âm)

- **Định nghĩa:** Một âm thanh (ví dụ như từ nhạc cụ) không chỉ bao gồm một tần số duy nhất mà là tổng hợp của nhiều sóng âm có tần số khác nhau. Âm có tần số nhỏ nhất gọi là âm cơ bản (họa âm bậc 1), các âm khác có tần số bằng bội số nguyên của tần số âm cơ bản gọi là các họa âm (bậc 2, bậc 3,...). Tập hợp các họa âm này tạo thành phổ của âm.
- **Ý nghĩa:** Âm phổ là đặc trưng vật lí liên quan đến âm sắc.

Ví dụ:

1. Khi gảy dây đàn guitar ở nốt La (440 Hz), ngoài âm cơ bản $f_1 = 440$ Hz, nó còn phát ra các họa âm $f_2 = 2f_1 = 880$ Hz, $f_3 = 3f_1 = 1320$ Hz,... với cường độ khác nhau.
2. Một cây sáo và một cây đàn violin cùng chơi nốt Đô. Mặc dù tần số âm cơ bản giống nhau, nhưng số lượng và cường độ các họa âm đi kèm là khác nhau, tạo nên âm phổ riêng biệt cho mỗi nhạc cụ.

4. Các đặc trưng sinh lí của âm

Đây là những đặc trưng phụ thuộc vào cảm thụ của tai người, mang tính chủ quan.

a. Độ cao

- **Định nghĩa:** Là đặc trưng sinh lí của âm giúp ta phân biệt được âm trầm (thấp) và âm bổng (cao).
- **Phụ thuộc vào:** Tần số âm (f).
- **Mối liên hệ:** Tần số âm càng lớn, âm nghe được càng cao (bổng). Tần số âm càng nhỏ, âm nghe được càng thấp (trầm).

Ví dụ:

1. Giọng nói của nam giới thường có tần số thấp hơn (trầm hơn) so với giọng nói của nữ giới.
2. Các nốt nhạc đi từ Đồ, Rê, Mi, Fa, Sol, La, Si có tần số tăng dần, do đó độ cao cũng tăng dần.

b. Độ to

- **Định nghĩa:** Là đặc trưng sinh lí của âm giúp ta phân biệt được âm to và âm nhỏ.
- **Phụ thuộc vào:** Mức cường độ âm (L) và cả tần số âm (f).
- **Mối liên hệ:** Với cùng một tần số, mức cường độ âm càng lớn thì âm nghe càng to. Tuy nhiên, tai người nhạy cảm nhất với các âm có tần số từ 1000 Hz đến 5000 Hz.

Ví dụ:

1. Tiếng thì thầm có mức cường độ âm khoảng 20 dB, nghe rất nhỏ. Tiếng máy bay phản lực cất cánh có mức cường độ âm khoảng 130 dB, nghe rất to và

gây đau tai.

2. Một âm có tần số 100 Hz và mức cường độ âm 60 dB có thể nghe nhỏ hơn một âm có tần số 2000 Hz và cùng mức cường độ âm 60 dB.

c. Âm sắc

- **Định nghĩa:** Là đặc trưng sinh lí của âm giúp ta phân biệt được các âm có cùng độ cao, cùng độ to nhưng do các nguồn khác nhau phát ra.
- **Phụ thuộc vào:** Âm phổ (tức là tần số và biên độ của các họa âm).
- **Mối liên hệ:** Âm sắc phụ thuộc vào dạng đồ thị dao động của âm. Mỗi nguồn âm có một cấu trúc họa âm riêng, tạo ra âm sắc đặc trưng.

Ví dụ:

1. Ta có thể dễ dàng phân biệt tiếng đàn piano, tiếng sáo và tiếng violin khi chúng cùng chơi một nốt nhạc ở cùng một độ to. Đó là nhờ âm sắc khác nhau.
2. Giọng nói của mỗi người là duy nhất vì cấu tạo thanh quản tạo ra một âm phổ đặc trưng, giúp ta nhận ra người quen qua giọng nói.

5. Hiệu ứng Doppler

- **Định nghĩa:** Là hiện tượng tần số của sóng mà người quan sát thu được bị thay đổi khi có sự chuyển động tương đối giữa nguồn phát sóng và người quan sát.
- **Công thức tổng quát (trường hợp nguồn và máy thu chuyển động trên cùng một đường thẳng):** $f' = f * (v \pm v_o) / (v \mp v_s)$

- Trong đó:

- **f'** : Tần số người quan sát nghe được.
- **f** : Tần số thực của nguồn âm.
- **v** : Tốc độ truyền âm trong môi trường.
- **v_0** : Tốc độ của người quan sát (máy thu).
- **v_s** : Tốc độ của nguồn âm.
- **Quy ước dấu**: Dấu ở tử số là (+) khi người quan sát tiến lại gần nguồn, (-) khi ra xa. Dấu ở mẫu số là (-) khi nguồn tiến lại gần người quan sát, (+) khi ra xa.

Ví dụ:

1. Khi xe cứu thương (nguồn âm) tiến lại gần, ta nghe tiếng còi hú cao hơn (tần số lớn hơn). Khi xe đi ra xa, tiếng còi nghe trầm hơn (tần số nhỏ hơn).
2. Một nguồn âm có tần số 1000 Hz đang tiến lại gần một người đứng yên với tốc độ 34.3 m/s. Tốc độ âm trong không khí là 343 m/s. Tính tần số người đó nghe được.

Giải: Nguồn lại gần, người đứng yên ($v_0=0$). $f' = f * v / (v - v_s) = 1000 * 343 / (343 - 34.3) \approx 1111$ Hz.