

**C1** Có những yếu tố nào tham gia vào quá trình tạo ra một cảm giác về âm của ta ?

**C2** Tại sao âm không thể truyền trong chân không ?

Tốc độ truyền âm phụ thuộc vào tính đàn hồi và khối lượng riêng của môi trường.

Nói chung, tốc độ truyền âm trong chất rắn lớn hơn trong chất lỏng, và trong chất lỏng lớn hơn trong chất khí.

### Bảng 17.1

Tốc độ truyền âm trong một số chất

Chất	v (m/s)
Không khí ở 0°C	331
Không khí ở 25°C	346
Nước ở 15°C	1 500
Sắt	5 850
Nhôm	6 260

### 1. Nguồn gốc của âm và cảm giác về âm

Ở lớp 7, ta đã biết các vật phát ra âm thanh (gọi tắt là âm) đều dao động và ta gọi các vật đó là *nguồn âm*. Ví dụ như dây đàn được gảy, mặt trống bị gõ,... đều dao động và phát ra âm.

Vật dao động làm cho lớp không khí ở bên cạnh lần lượt bị nén rồi bị giãn. Không khí bị nén hay bị giãn thì làm xuất hiện lực đàn hồi khiến cho dao động đó được truyền cho các phần tử không khí ở xa hơn. Dao động được truyền đi trong không khí, tạo thành sóng gọi là *sóng âm*, có cùng tần số với nguồn âm.

Sóng âm truyền qua không khí, lọt vào tai ta, gập màng nhĩ, tác dụng lên màng nhĩ một áp suất biến thiên, làm cho màng nhĩ dao động. Dao động của màng nhĩ lại được truyền đến đầu các dây thần kinh thính giác, làm cho ta có cảm giác về âm.

Như vậy, cảm giác về âm phụ thuộc vào nguồn âm và tai người nghe.

Sóng âm có thể truyền đi trong tất cả các môi trường chất (chất khí, chất rắn, chất lỏng) và không truyền được trong chân không. Về sau, khái niệm sóng âm đã được mở rộng cho các sóng cơ, bất kể tai người ta có nghe được hay không.

Bởi vậy, ***sóng âm là những sóng cơ truyền trong các môi trường khí, lỏng, rắn.***

Trong chất khí và chất lỏng, sóng âm là sóng dọc vì trong các chất này lực đàn hồi chỉ xuất hiện khi có biến dạng nén, giãn.

Trong chất rắn, sóng âm gồm cả sóng ngang và sóng dọc, vì lực đàn hồi xuất hiện cả khi có biến dạng lệch và biến dạng nén, dãn.

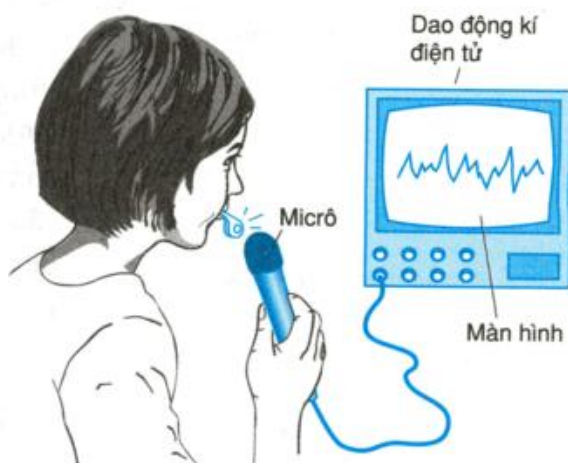
## 2. Phương pháp khảo sát thực nghiệm những tính chất của âm

Muốn cho dễ khảo sát bằng thực nghiệm, người ta chuyển dao động âm thành dao động điện.

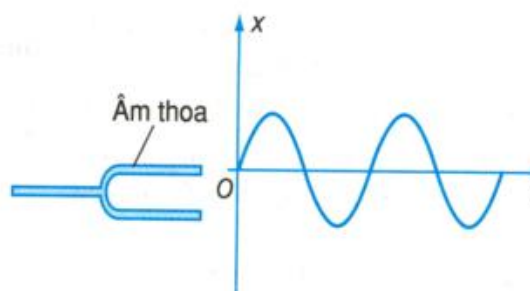
Mắc hai đầu dây của micrô với chốt tín hiệu vào của dao động kí điện tử. Sóng âm đập vào màng micrô làm cho màng dao động, khiến cho cường độ dòng điện qua micrô biến đổi theo cùng quy luật với li độ của dao động âm. Trên màn hình của dao động kí sẽ xuất hiện một đường cong sáng biểu diễn sự biến đổi cường độ dòng điện theo thời gian. Căn cứ vào đó, ta biết được quy luật biến đổi của sóng âm truyền tới theo thời gian (Hình 17.1). Ví dụ, ta để một âm thoa đang dao động phát ra âm trước micrô, trên màn hình xuất hiện một đường cong dạng sin. Điều đó chứng tỏ dao động của âm thoa là một dao động điều hoà. Trục tung biểu diễn li độ của dao động, trục hoành biểu diễn thời gian (Hình 17.2).

## 3. Nhạc âm

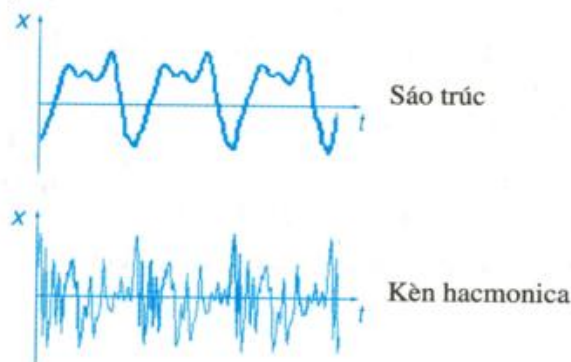
Hình 17.3 cho ta đồ thị của dao động âm phát ra từ các nhạc cụ mà ta quan sát được trên màn hình của dao động kí điện tử. Ta nhận thấy âm do các nhạc cụ phát ra thì nghe êm ái, dễ chịu và đồ thị dao động của chúng có đặc điểm chung là những đường cong tuần hoàn có tần số xác định. Chúng được gọi là *nhạc âm*.



Hình 17.1. Dùng dao động kí điện tử để khảo sát dao động âm.



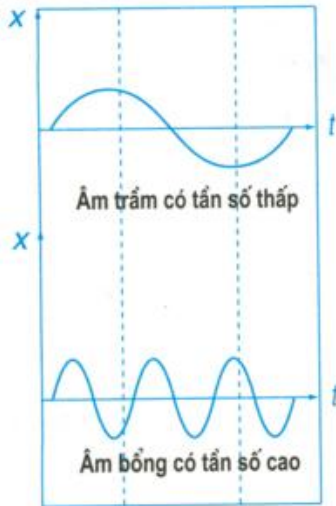
Hình 17.2 Đồ thị dao động của âm do âm thoa phát ra.



Hình 17.3 Đồ thị dao động của các âm phát ra từ sáo trúc, kèn hacmonica.



**C3** Một dao động điều hoà có những đặc trưng vật lí nào ?



**Hình 17.4** Đồ thị dao động của âm có tần số thấp và âm có tần số cao.

- Theo quy ước, âm  $la_3$  có tần số 440 Hz.
- Tiếng nói con người thông thường có tần số trong khoảng từ 200 Hz đến 1000 Hz.
- Một số loài vật có thể phát ra và cảm nhận được sóng siêu âm như dơi, đẽ. Cá voi có thể cảm nhận được các hạ âm,...
- Người ta đã chế tạo được các máy có thể phát và thu được sóng siêu âm và sóng hạ âm.

Chú ý rằng, ta có thể hát lên bài hát rất khẽ, chỉ đủ để tự mình nghe thấy nhưng không giảm độ cao của các âm phát ra.

Ngoài ra còn có những âm không tuân hoàn thí dụ như tiếng búa đập vào tấm kim loại.

Sau đây chúng ta chỉ nghiên cứu những nhạc âm.

## 4. Những đặc trưng của âm

Khi sóng âm tác dụng vào tai ta thì mỗi đặc trưng vật lí của âm (tần số, cường độ âm, mức cường độ âm, đồ thị dao động) gây ra một loại cảm giác riêng, gọi là đặc trưng sinh lí của âm (độ cao, độ to, âm sắc). Những đặc trưng sinh lí của âm có liên quan chặt chẽ với những đặc trưng vật lí của âm.

### a) Độ cao của âm

Ta đã biết trong âm nhạc, các nốt nhạc đô, rê, mi, pha, son, la, si ứng với các âm có độ cao tăng dần. Ví dụ, âm ứng với nốt son thấp hơn âm ứng với nốt la.

Nếu đưa các tín hiệu âm này vào dao động kí điện tử thì ta thấy âm cao (còn gọi là âm bổng) có tần số lớn hơn âm thấp (còn gọi là âm trầm). Trên Hình 17.4 là đồ thị dao động của âm trầm và âm bổng.

*Vậy âm càng cao khi tần số càng lớn.*

Tai con người chỉ có thể cảm nhận được (nghe thấy) những âm có tần số trong khoảng từ 16 Hz đến 20 000 Hz. Những âm có tần số lớn hơn 20 000 Hz gọi là *siêu âm* và những âm có tần số nhỏ hơn 16 Hz gọi là *hạ âm*.

Để phân biệt với siêu âm và hạ âm, có khi người ta dùng thuật ngữ *âm thanh* để chỉ những âm mà tai con người có thể nghe được.

### b) Âm sắc

Khi ta nghe hoà nhạc, ba nhạc cụ cùng tấu lên một đoạn nhạc ở cùng một độ cao nhưng ta vẫn phân biệt được tiếng của từng nhạc cụ. Nếu đưa các tín hiệu âm này vào dao động kí điện tử ta sẽ thấy trên màn hình những đồ thị dao động có cùng tần số nhưng có dạng rất khác nhau (Hình 17.3). Dạng đồ thị dao động khác nhau chứng tỏ li độ của dao động âm biến đổi khác nhau. Vì thế, sóng âm tác dụng vào màng nhĩ của tai, làm cho màng nhĩ dao động theo những kiểu khác nhau. Do đó, ta nghe thấy các âm đó có sắc thái khác nhau. Đặc tính đó của âm gọi là *âm sắc*. Âm sắc khác nhau thì dạng đồ thị dao động của âm khác nhau.

### c) Độ to của âm, cường độ âm, mức cường độ âm

Cường độ âm được xác định là năng lượng được sóng âm truyền qua một đơn vị diện tích đặt vuông góc với phương truyền sóng trong một đơn vị thời gian. Đơn vị cường độ âm là “oát trên mét vuông” ( $\text{W}/\text{m}^2$ ). Cường độ âm càng lớn, cho ta cảm giác nghe thấy âm càng to. Tuy nhiên *độ to* của âm không tỉ lệ thuận với cường độ âm.

Tai con người có thể nghe được âm có cường độ âm nhỏ nhất bằng  $10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$  ứng với âm chuẩn có tần số 1000 Hz (gọi là cường độ âm chuẩn  $I_0$ ) và âm có cường độ âm lớn nhất bằng  $10 \text{ W}/\text{m}^2$ . Như vậy, âm mạnh nhất có cường độ âm  $I$  lớn gấp  $10^{13}$  lần cường độ âm chuẩn  $I_0$ , vì  $\frac{I}{I_0} = 10^{13}$ .

Để so sánh độ to của một âm với độ to âm chuẩn, người ta dùng đại lượng *mức cường độ âm* đo bằng đơn vị *ben*, kí hiệu là B. Mức cường độ âm được định nghĩa bằng công thức :

$$L(\text{B}) = \lg \frac{I}{I_0} \quad (17.1)$$

Gọi âm có cường độ bằng cường độ âm chuẩn  $\left(\frac{I}{I_0} = 1 = 10^0\right)$  là có mức cường độ âm bằng 0 B, thì âm mạnh nhất  $\left(\frac{I}{I_0} = 10^{13}\right)$  có mức cường độ âm bằng 13 B.



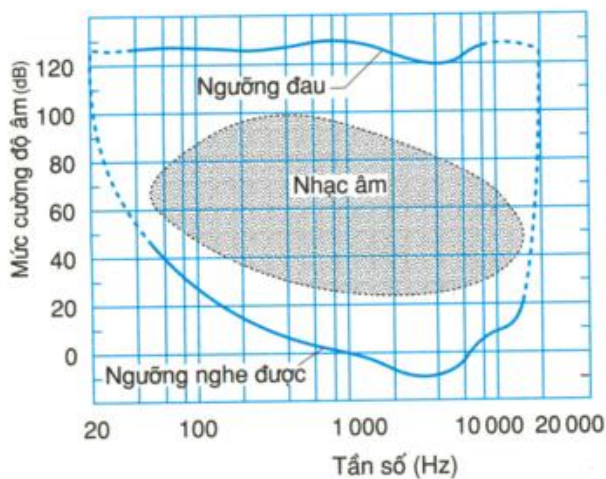
Theo một quy luật sinh lí học do Vê-be phát hiện, khi cường độ âm tăng lên  $10^n$  lần thì cảm giác về độ to của âm chỉ tăng lên  $n$  lần. Ta lại biết  $\lg 10^n = n$ . Vậy cảm giác về độ to của âm biến đổi như lôgarit thập phân của cường độ âm (kích thích vật lí).

Ở đây đã dùng kí hiệu  $\lg$  thay cho  $\log_{10}$ .

Tai con người chỉ có thể phân biệt được hai âm có mức cường độ âm chênh lệch nhau ít nhất là 0,1 B. Bởi vậy, người ta thường dùng một ước của ben là đêxiben, kí hiệu là dB :

$$1 \text{ dB} = 0,1 \text{ B}$$

Khi cường độ âm tăng lên  $10^n$  lần thì mức cường độ âm cộng thêm  $10n$  dB.



**Hình 17.5** Sơ đồ biểu diễn giới hạn nghe của tai người.

Dùng đơn vị đêxiben thì công thức (17.1) trở thành :

$$L(\text{dB}) = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad (17.2)$$

Mức cường độ âm của một số âm thường gặp có trị số trong khoảng từ 20 dB đến 100 dB. Chẳng hạn tiếng nói chuyện bình thường có mức cường độ âm bằng 40 dB.

### Giới hạn nghe của tai người

Do đặc điểm sinh lí của tai, để âm thanh gây được cảm giác âm, mức cường độ âm phải lớn hơn một giá trị cực tiểu nào đó gọi là *ngưỡng nghe*. Ngưỡng nghe lại thay đổi theo tần số của âm. Ví dụ, với các âm có tần số từ 1 000 Hz đến 1 500 Hz thì ngưỡng nghe vào khoảng 0 dB, còn với tần số 50 Hz, ngưỡng nghe là 50 dB (Hình 17.5).

Cảm giác nghe âm “to” hay “nhỏ” không những phụ thuộc vào cường độ âm mà còn phụ thuộc vào tần số của âm. Với cùng một cường độ âm, tai ta nghe được âm có tần số cao “to” hơn âm có tần số thấp. Do đó, phát thanh viên nữ nói nghe rõ hơn phát thanh viên nam.

Khi cường độ âm lên tới  $10 \text{ W/m}^2$  ứng với mức cường độ âm 130 dB thì sóng âm với mọi tần số gây cho tai ta cảm giác nhức nhối, đau đớn. Giá trị cực đại của cường độ âm mà tai ta có thể chịu đựng được gọi là *ngưỡng đau* (Hình 17.5). Ngưỡng đau ứng với mức cường độ âm là 130 dB và hầu như không phụ thuộc vào tần số của âm.

## 5. Nguồn nhạc âm

### a) Dây đàn hai đầu cố định

Khi nghiên cứu về sóng dừng, ta đã biết với một sợi dây đàn hồi hai đầu cố định, sẽ có sóng dừng khi độ dài của dây bằng một số nguyên lần nửa bước sóng:  $l = n \frac{\lambda}{2}$ . Bước sóng lại phụ thuộc vào tốc độ truyền sóng:  $v = f\lambda$ .

Như vậy, trên một sợi dây có độ dài  $l$ , được kéo căng bằng một lực không đổi, chỉ xảy ra sóng dừng với tần số:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{2l} \quad (17.3)$$

Sóng dừng đơn giản nhất ứng với  $n = 1$ ,  $l = \frac{\lambda}{2}$ ,

$f_1 = \frac{v}{2l}$ . Lúc đó, sóng dừng trên dây có hai nút và một bụng (Hình 17.6a), âm phát ra được gọi là *âm cơ bản*.

Trên sợi dây cũng có thể hình thành những sóng dừng khác. Ví dụ như, với  $n = 2$ ,  $f_2 = \frac{v}{l}$ , sóng dừng có 3 nút và 2 bụng (Hình 17.6b), âm phát ra lúc này gọi là *hoạ âm bậc 2*; với  $n = 3$ , ta có *hoạ âm bậc 3* ứng với sóng dừng có 4 nút, 3 bụng và có tần số  $f_3 = \frac{3v}{2l}$  (Hình 17.6c).

Như vậy, mỗi dây đàn được kéo căng bằng một lực cố định đồng thời có thể phát ra âm cơ bản và một số hoạ âm bậc cao hơn, có tần số là một số nguyên lần tần số của âm cơ bản. Trên dây lan truyền đồng thời nhiều dao động điều hoà có tần số là một số nguyên lần tần số của âm cơ bản.

**C4** Sóng dừng trên một sợi dây đàn hồi một đầu cố định, một đầu tự do có dạng như thế nào? Độ dài của dây có giá trị bằng bao nhiêu khi có sóng dừng?

Mỗi sợi dây được kéo bằng một lực căng  $\tau$  và có mật độ dài là  $\mu$  thì có tốc độ truyền sóng trên dây là

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$$



a) Âm cơ bản



b) Hoạ âm bậc 2



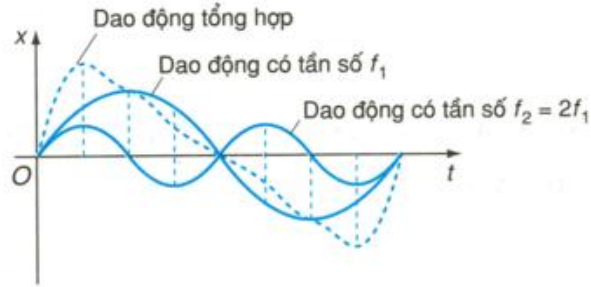
c) Hoạ âm bậc 3

**Hình 17.6** Các loại sóng dừng có thể hình thành trên dây đàn có độ dài  $l$ , hai đầu cố định.

Tổng hợp những dao động đó ta được một dao động tuần hoàn phức tạp có cùng tần số với âm cơ bản.

Kết quả là hai nhạc cụ phát ra cùng một âm cơ bản, nhưng có các họa âm khác nhau thì âm tổng hợp phát ra bởi từng nhạc cụ sẽ có cùng tần số (cùng độ cao), nhưng có dạng đồ thị dao động khác nhau nên có âm sắc khác nhau.

Trên Hình 17.7, bằng cách cộng các li độ ở các thời điểm khác nhau, ta tìm được đồ thị của dao động tổng hợp của hai dao động điều hoà, trong đó một dao động có tần số bằng một số nguyên lần tần số của dao động thứ hai. Dao động tổng hợp có tần số bằng tần số nhỏ nhất, nhưng có dạng đồ thị là một đường tuần hoàn phức tạp.



**Hình 17.7** Tổng hợp hai dao động điều hoà có tần số  $f_1$  và  $f_2 = 2f_1$ .

### b) Ống sáo

Ống sáo và các loại kèn khí như clarinet, saxôphôn đều có bộ phận chính là một ống có một đầu kín, một đầu hở (Hình 17.8). Khi ta thổi một luồng khí vào miệng sáo thì không khí ở đó sẽ dao động. Dao động này truyền đi dọc theo ống sáo, tạo thành sóng âm. Sóng âm bị phản xạ ở hai đầu ống. Sẽ xảy ra hiện tượng sóng dừng nếu độ dài của ống bằng một số lẻ lần một phần tư bước sóng :

$$l = m \frac{\lambda}{4} \text{ với } m = 1, 3, 5, \dots$$

Ứng với tần số là :

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{mv}{4l} \quad (17.4)$$

Sự phản xạ của sóng âm ở hai đầu ống sáo giống như sự phản xạ sóng ở hai đầu một sợi dây có một đầu cố định và một đầu tự do. Đầu kín của ống sáo ứng với đầu cố định của dây, đầu hở ứng với đầu tự do của dây (Hình 15.7). Độ dài ống sáo tính theo công thức (15.6) :

$$l = m \frac{\lambda}{4}$$



**Hình 17.8** Cấu tạo của ống sáo

Trường hợp đơn giản nhất là  $m = 1$ , âm phát ra là âm cơ



bản có tần số là  $f_1 = \frac{v}{4l}$ . Trong ống có một bụng sóng và một nút sóng, biểu diễn trên Hình 17.9a.

Với  $m = 3, 5, \dots$ , ta có các hoạ âm bậc 3, bậc 5, ..., có các bụng sóng và nút sóng như trên Hình 17.9b, c.

Như vậy, ống sáo một đầu kín, một đầu hở chỉ có thể phát ra các hoạ âm có số bậc lẻ. Độ dài của ống càng lớn thì âm phát ra có tần số càng nhỏ, âm phát ra càng trầm.

## 6. Hộp cộng hưởng

Cầm cán của một âm thoa rồi dùng vỏ cao su gõ nhẹ vào một nhánh của âm thoa, âm thoa sẽ phát ra một âm nghe rất khê. Nếu cho cán của âm thoa đang phát âm chạm vào vỏ một hộp gỗ, hay kim loại (Hình 17.10) một đầu kín, một đầu hở, có kích thước thích hợp thì âm phát ra sẽ giữ nguyên độ cao nhưng cường độ âm tăng lên rõ rệt. Lúc đó có hiện tượng *cộng hưởng âm* và hộp đó gọi là *hộp cộng hưởng*.

Mỗi cây đàn dây thường có dây được căng trên một hộp đàn có hình dạng và kích thước khác nhau. Hộp đàn có tác dụng như một hộp cộng hưởng sẽ tăng cường âm cơ bản và một số hoạ âm khiến cho âm tổng hợp phát ra vừa to, vừa có một âm sắc riêng đặc trưng cho đàn đó.



a) Âm cơ bản

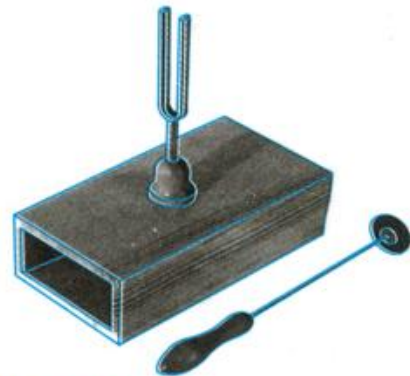


b) Hoạ âm bậc 3



c) Hoạ âm bậc 5

**Hình 17.9** Biểu diễn sóng dừng trong một ống sáo có một đầu kín, một đầu hở.



**Hình 17.10** Âm thoa gắn trên hộp cộng hưởng.

Có thể giải thích hiện tượng cộng hưởng âm như sau. Mỗi hộp cộng hưởng coi như một ống có một đầu kín một đầu hở. Khi âm thoa dao động, nó truyền dao động này cho cột khí trong hộp, tạo ra sóng âm. Sóng âm phản xạ ở hai đầu hộp tạo ra sóng dừng giống như trong ống sáo. Có sóng dừng khi độ dài  $l$  của ống phù hợp với công thức (17.4) :  $f = \frac{mv}{4l}$ , trong đó  $f$  là tần số riêng của hộp.

Nếu tần số của âm thoa gần bằng tần số riêng  $f$  của hộp thì sóng dừng sẽ mạnh lên và cường độ âm được tăng lên nhiều lần. Lúc đó, ta gọi là có cộng hưởng âm.



## CÂU HỎI

1. Giải thích vì sao hai dây đàn giống nhau, mắc trên hai hộp đàn có hình dạng, kích thước khác nhau lại có thể phát ra hai âm có âm sắc khác nhau ?
2. Cường độ âm và mức cường độ âm liên hệ với nhau như thế nào ?

## BÀI TẬP

1. Cảm giác về âm phụ thuộc những yếu tố nào sau đây ?  
A. Nguồn âm và môi trường truyền âm.                      B. Nguồn âm và tai người nghe.  
C. Môi trường truyền âm và tai người nghe.                D. Tai người nghe và thần kinh thính giác.
2. Độ cao của âm phụ thuộc vào yếu tố nào sau đây ?  
A. Độ đàn hồi của nguồn âm.                                  B. Biên độ dao động của nguồn âm.  
C. Tần số của nguồn âm.                                        D. Đồ thị dao động của nguồn âm.
3. Tai con người có thể nghe được những âm có mức cường độ âm ở trong khoảng  
A. từ 0 dB đến 1 000 dB.                                        B. từ 10 dB đến 100 dB.  
C. từ -10 dB đến 100 dB.                                        D. từ 0 dB đến 130 dB.
4. Đối với âm cơ bản và hoạ âm bậc 2 do cùng một dây đàn phát ra thì  
A. hoạ âm bậc 2 có cường độ lớn hơn cường độ âm cơ bản.  
B. tần số hoạ âm bậc 2 gấp đôi tần số âm cơ bản.  
C. tần số âm cơ bản lớn gấp đôi tần số hoạ âm bậc 2.  
D. tốc độ âm cơ bản gấp đôi tốc độ hoạ âm bậc 2.
5. Hộp cộng hưởng có tác dụng  
A. làm tăng tần số của âm.                      B. làm giảm bớt cường độ âm.  
C. làm tăng cường độ của âm.                      D. làm giảm độ cao của âm.
6. Tiếng la hét 80 dB có cường độ lớn gấp bao nhiêu lần tiếng nói thầm 20 dB ?
7. Một dây đàn violon hai đầu cố định, dao động, phát ra âm cơ bản ứng với nốt nhạc la có tần số 440 Hz. Tốc độ sóng trên dây là 250 m/s. Hỏi độ dài của dây bằng bao nhiêu ?

## Em có biết ?

Siêu âm ngày càng có nhiều ứng dụng trong khoa học kĩ thuật. Những sóng siêu âm có tần số hàng chục vạn héc (Hz) có khả năng truyền trong chất lỏng và chất rắn, nhưng lại bị chất khí hấp thụ mạnh. Người ta dùng siêu âm để *thăm sát* dưới nước như phát hiện đá ngầm, nguồn cá, đo độ sâu.

Sóng siêu âm phản xạ khác nhau ở những chỗ không đồng nhất của các vật. Nhờ tính chất đó, người ta dùng siêu âm để dò những khuyết tật trong các khối kim loại. Trong Y học, người ta dùng siêu âm để soi các bộ phận trong cơ thể, vì các thiết bị thăm dò bằng siêu âm cho hình ảnh có độ nhạy cao và không gây hại cho cơ thể con người.