

18

HIỆU ỨNG ĐỐP-PLE

1. Thí nghiệm

Một người buộc một nguồn phát âm nhỏ vào đầu một sợi dây mềm, giữ cố định đầu dây kia và điều khiển cho nguồn âm quay tròn đều (Hình 18.1). Người này nghe thấy âm từ nguồn phát ra có độ cao không đổi (nghĩa là tần số không đổi) khi nguồn quay. Trong khi đó, người quan sát thứ hai đứng bên ngoài vòng quay của nguồn lại nghe thấy âm có độ cao thay đổi. Khi nguồn âm chuyển động lại gần người quan sát thì người này nghe thấy âm cao hơn, còn khi nguồn đi ra xa lại nghe thấy một âm thấp hơn.

Sự thay đổi tần số sóng do nguồn sóng chuyển động tương đối so với máy thu như trên gọi là hiệu ứng Đốp-ple.

2. Giải thích hiện tượng

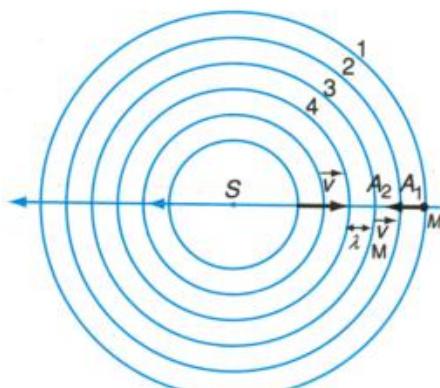
a) Nguồn âm đứng yên, người quan sát (máy thu) chuyển động

Trên Hình 18.2 vẽ các vòng tròn đinh sóng phát ra từ một tâm dao động đứng yên. Hai đinh sóng liên tiếp cách nhau một bước sóng $\lambda = \frac{v}{f}$ với v là tốc độ truyền sóng và f là tần số sóng. v cũng là tốc độ dịch chuyển của một đinh sóng (Hình 18.2).

Nếu người quan sát M chuyển động lại gần nguồn S với tốc độ v_M nghĩa là ngược chiều với chuyển động của các đinh sóng thì tốc độ dịch chuyển của đinh sóng so với người quan sát là: $v + v_M$.



Hình 18.1 Hiệu ứng Đốp-ple chỉ xảy ra với người quan sát 2.



Hình 18.2 Hình ảnh các vòng tròn đinh sóng phát ra từ một nguồn âm đứng yên.

Trong thời gian t , một đỉnh sóng lại gần người quan sát được một quãng đường bằng $(v + v_M)t$. Số lần bước sóng đã đi qua tai người trong thời gian đó là $\frac{(v + v_M)t}{\lambda}$. Vậy trong 1 s, tai người quan sát đã đón nhận được một số lần bước sóng bằng :

$$f' = \frac{(v + v_M)t}{\lambda t} = \frac{v + v_M}{\lambda}$$

$$f' = \frac{v + v_M}{v} f \quad (18.1)$$

f' chính là tần số của âm nghe được.

Vậy khi người quan sát chuyển động lại gần nguồn âm thì sẽ nghe được âm có tần số lớn hơn tần số âm phát ra.

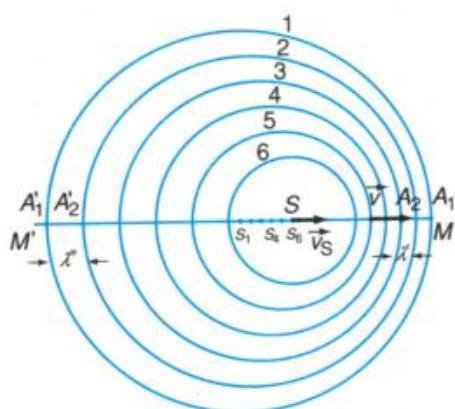
Nếu người quan sát chuyển động ra xa nguồn âm thì sẽ nghe được một âm có tần số f'' nhỏ hơn tần số âm phát ra :

$$f'' = \frac{v - v_M}{v} f \quad (18.2)$$

b) Nguồn âm chuyển động lại gần người quan sát đứng yên

Giả sử ở thời điểm $t = 0$ nguồn phát ra một đỉnh sóng A_1 truyền đi với tốc độ v trong môi trường, sau chu kì T đi được một khoảng vT . Cũng trong thời gian đó, nguồn di chuyển được một khoảng $v_S T$ theo phương truyền sóng và cách đỉnh A_1 một khoảng $(v - v_S)T$ với $v > v_S$ (Hình 18.3). Đúng lúc đó, nguồn phát ra một đỉnh sóng A_2 cũng truyền trong môi trường với tốc độ v . Vậy khoảng cách giữa hai đỉnh sóng

$$\text{liên tiếp } A_1 A_2 = (v - v_S)T = \frac{(v - v_S)}{f}.$$



Hình 18.3 Hình ảnh các vòng tròn đỉnh sóng khi nguồn âm S chuyển động lại gần người quan sát M và ra xa người quan sát M' .

A_1A_2 cũng là bước sóng mới. Trong khi đó tốc độ truyền của các đỉnh sóng vẫn là v . Vậy tần số của sóng mà người quan sát ghi nhận được là :

$$f' = \frac{v}{\lambda'} = \frac{v}{v - v_S} f \quad (18.3)$$

Vậy $f' > f$.

Trong trường hợp nguồn âm chuyển động ra xa người quan sát M' , thì bước sóng mới được tạo thành bằng $(v + v_S)T$. Do đó tần số âm nghe được là :

$$f'' = \frac{v}{v + v_S} f < f \quad (18.4)$$

C2 Khi nguồn âm chuyển động ra xa máy thu, cũng lập luận tương tự như trên, chứng minh rằng bước sóng mới được tạo thành có độ dài là :

$$A'_1A'_2 = (v + v_S)T$$

2 CÂU HỎI

- Giải thích vì sao khi máy thu chuyển động lại gần nguồn âm thì âm ghi nhận được lại có tần số lớn hơn âm phát ra ?
- Những tính chất nào của âm sẽ bị thay đổi khi nguồn âm chuyển động lại gần máy thu ?



BÀI TẬP

- Hiệu ứng Doppler gây ra hiện tượng gì sau đây ?
 - Thay đổi cường độ âm khi nguồn âm chuyển động so với người nghe.
 - Thay đổi độ cao của âm khi nguồn âm chuyển động so với người nghe.
 - Thay đổi âm sắc của âm khi người nghe chuyển động lại gần nguồn âm.
 - Thay đổi cả độ cao và cường độ âm khi nguồn âm chuyển động.
- Trong trường hợp nào sau đây thì âm do máy thu ghi nhận được có tần số lớn hơn tần số của âm do nguồn âm phát ra ?
 - Nguồn âm chuyển động ra xa máy thu đứng yên.
 - Máy thu chuyển động ra xa nguồn âm đứng yên.
 - Máy thu chuyển động lại gần nguồn âm đứng yên.
 - Máy thu chuyển động cùng chiều và cùng tốc độ với nguồn âm.

3. Một cái còi phát sóng âm có tần số $1\ 000\ Hz$ chuyển động đi ra xa một người đứng bên đường về phía một vách đá với tốc độ $10\ m/s$. Lấy tốc độ âm trong không khí là $330\ m/s$. Hãy tính :
- Tần số của âm người đó nghe trực tiếp từ cái còi.
 - Tần số của âm người đó nghe được khi âm phản xạ lại từ vách đá.

Em có biết ?

Hiệu ứng Đốp-ple không những xảy ra với sóng âm mà còn xảy ra với cả sóng siêu âm có bước sóng rất ngắn, sóng vô tuyến điện và sóng ánh sáng.

Cảnh sát dùng hiệu ứng Đốp-ple để xác định tốc độ của xe. Một máy phát sóng cực ngắn với một tần số f hướng về phía xe đang chạy lại gần máy. Sóng bị phản xạ lại từ các bộ phận kim loại của xe để trở về máy radar thì có tần số f' , cao hơn f do có sự chuyển động tương đối của xe đối với máy radar. Máy radar chuyển đổi hiệu số giữa f và f' thành tốc độ của xe, và tốc độ này được hiển thị trên màn hình máy radar.