

4 DAO ĐỘNG TẮT DẦN DAO ĐỘNG CƯỜNG BỨC

- Tại sao ô tô, xe máy lại cần có thiết bị giảm xóc ?
- Tại sao một đoàn quân đi đều bước qua cầu có thể làm sập cầu ?
- Tại sao giọng hát cao và khoẻ của nam ca sĩ người Ý En-ri-cô Ca-ru-xô lại có thể làm vỡ chiếc cốc thủy tinh để gần ?

Trong các bài trước, ta đã giả thiết không có lực ma sát tác dụng vào con lắc. Con lắc dao động với biên độ và *tần số riêng* (kí hiệu là f_0) không đổi. Gọi là tần số riêng vì nó chỉ phụ thuộc vào các đặc tính của hệ dao động.

I - DAO ĐỘNG TẮT DẦN

1. Thế nào là dao động tắt dần ?

Trong thực tế, khi kéo con lắc ra khỏi vị trí cân bằng rồi thả cho nó dao động, ta thấy biên độ dao động giảm dần (H.4.1). Dao động như vậy gọi là *dao động tắt dần*.

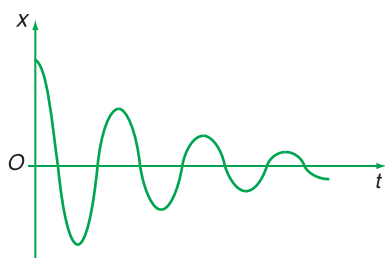
2. Giải thích

Tại sao dao động lại tắt dần ? Khi con lắc dao động, nó chịu lực cản của không khí. Lực cản này cũng là một loại lực ma sát làm tiêu hao cơ năng của con lắc, chuyển hoá cơ năng dần dần thành nhiệt năng. Vì thế, biên độ dao động của con lắc giảm dần và cuối cùng con lắc dừng lại.

3. Ứng dụng

Các thiết bị đóng cửa tự động hay giảm xóc ô tô,... là những ứng dụng của dao động tắt dần.

Khi một người đẩy loại cửa tự khép để đi vào, cánh cửa dao động như một con lắc. Nhờ có thiết bị sinh ra lực làm dao động tắt dần mà cánh cửa tự

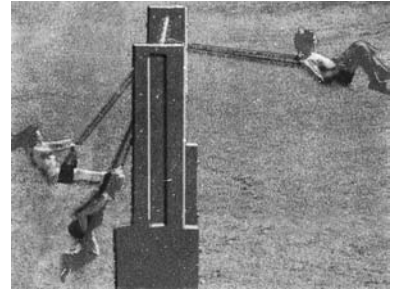


Hình 4.1

khép lại. Khi ô tô đi qua chỗ mấp mô, nó nảy lên rồi dao động giống như một con lắc lò xo làm hành khách khó chịu. Nhờ có thiết bị giảm xóc mà dao động của khung xe chóng tắt.

II - DAO ĐỘNG DUY TRÌ

1. Muốn giữ cho biên độ dao động của con lắc không đổi mà không làm thay đổi chu kỳ dao động riêng của nó, người ta dùng một thiết bị nhằm cung cấp cho nó sau mỗi chu kỳ một phần năng lượng đúng bằng phần năng lượng tiêu hao do ma sát. Dao động của con lắc được *duy trì* theo cách như vậy gọi là *dao động duy trì*.



Hình 4.2

Những người chơi đu biết duy trì dao động của chiếc đu bằng cách truyền năng lượng cho chiếc đu.

2. Dao động của con lắc đồng hồ là dao động duy trì. Với loại đồng hồ dùng dây cốt, khi lên dây cốt, ta đã tích lũy vào dây cốt một thế năng nhất định. Dây cốt cung cấp năng lượng cho con lắc thông qua một cơ cấu trung gian. Cơ cấu này cho phép chính con lắc điều khiển sự cung cấp năng lượng theo chu kỳ riêng của nó. Ngày nay, người ta thường dùng loại đồng hồ điện tử. Loại đồng hồ này được cung cấp năng lượng bằng pin.

III - DAO ĐỘNG CƯỜNG BỨC

1. Thế nào là dao động cưỡng bức ?

Cách đơn giản nhất làm cho một hệ dao động không tắt là tác dụng vào nó một ngoại lực cưỡng bức tuần hoàn. Lực này cung cấp năng lượng cho hệ để bù lại phần năng lượng mất mát do ma sát. Khi ấy, dao động của hệ được gọi là *dao động cưỡng bức*.

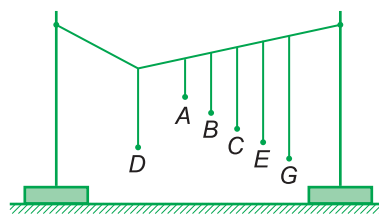
2. Ví dụ

Khi đến mỗi bến, xe buýt chỉ tạm dừng nên không tắt máy. Hành khách trên xe nhận thấy thân xe dao động. Đó là dao động cưỡng bức dưới tác dụng của lực cưỡng bức tuần hoàn gây ra bởi chuyển động của pit-tông trong xilanh của máy nổ.

3. Đặc điểm

Khác với dao động tắt dần, dao động cưỡng bức có những đặc điểm sau đây :

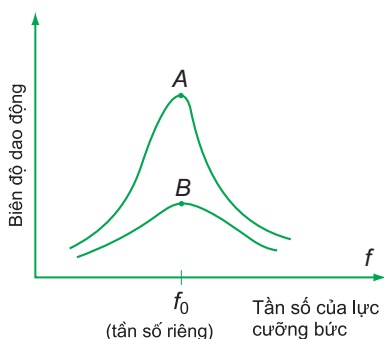
a) Dao động cưỡng bức có biên độ không đổi và có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức.



Hình 4.3

C1 Hãy làm thí nghiệm như Hình 4.3. Con lắc điều khiển D được kéo sang một bên rồi thả ra cho dao động.

- Các con lắc khác có dao động không?
- Con lắc nào dao động mạnh nhất? Tại sao?



Hình 4.4

Đường cong A ứng với lực cản của môi trường nhỏ. Đường cong B ứng với lực cản của môi trường lớn.

- Tại sao biên độ dao động cưỡng bức của thân xe trong ví dụ III.2 lại nhỏ?
- Tại sao với một lực đẩy nhỏ ta có thể làm cho chiếc đu có người ngồi đứng đưa với biên độ lớn?

b) Biên độ của dao động cưỡng bức không chỉ phụ thuộc vào biên độ của lực cưỡng bức mà còn phụ thuộc cả vào độ chênh lệch giữa tần số của lực cưỡng bức và tần số riêng của hệ dao động. Khi tần số của lực cưỡng bức càng gần tần số riêng thì biên độ dao động cưỡng bức càng lớn.



IV - HIỆN TƯỢNG CỘNG HƯỞNG

1. Định nghĩa

Hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng đến giá trị cực đại khi tần số f của lực cưỡng bức tiến đến bằng tần số riêng f_0 của hệ dao động gọi là hiện tượng cộng hưởng.

Đường cong trên đồ thị Hình 4.4 gọi là đồ thị cộng hưởng. Nó càng nhọn khi lực cản của môi trường càng nhỏ.

Điều kiện $f = f_0$ gọi là điều kiện cộng hưởng.

2. Giải thích

Khi tần số của lực cưỡng bức bằng tần số riêng của hệ dao động thì hệ được cung cấp năng lượng một cách nhịp nhàng đúng lúc, do đó biên độ dao động của hệ tăng dần lên. Biên độ dao động đạt tới giá trị không đổi và cực đại khi tốc độ tiêu hao năng lượng do ma sát bằng tốc độ cung cấp năng lượng cho hệ.



3. Tầm quan trọng của hiện tượng cộng hưởng

Những hệ dao động như toà nhà, cầu, bộ máy, khung xe,... đều có tần số riêng. Phải cẩn thận không để cho các hệ ấy chịu tác dụng của các lực cưỡng bức mạnh có tần số bằng tần số riêng ấy. Nếu không, nó làm cho các hệ ấy dao động mạnh, dẫn đến đổ hoặc gãy. Câu chuyện về một giọng hát ôpêra cao và khoẻ có thể làm vỡ cái cốc uống rượu làm ta nghĩ đến hiện tượng cộng hưởng.

Hiện tượng cộng hưởng không chỉ có hại mà còn có lợi. Ví dụ, hộp đàn của các đàn ghita, violon... là những hộp cộng hưởng được cấu tạo sao cho không khí trong hộp có thể dao động cộng hưởng với nhiều tần số dao động khác nhau của dây đàn (xem chương sau).

- **Khi không có ma sát con lắc dao động điều hoà với tần số riêng. Gọi là tần số riêng vì nó chỉ phụ thuộc vào các đặc tính của con lắc.**
 - **Dao động có biên độ giảm dần theo thời gian gọi là dao động tắt dần. Nguyên nhân làm tắt dần dao động là do lực ma sát và lực cản của môi trường.**
 - **Dao động được duy trì bằng cách giữ cho biên độ không đổi mà không làm thay đổi chu kì dao động riêng gọi là dao động duy trì.**
 - **Dao động chịu tác dụng của một ngoại lực cưỡng bức tuần hoàn gọi là dao động cưỡng bức. Dao động cưỡng bức có biên độ không đổi và có tần số bằng tần số của lực cưỡng bức.**
 - **Hiện tượng biên độ dao động cưỡng bức tăng dần lên đến giá trị cực đại khi tần số f của lực cưỡng bức bằng tần số riêng f_0 của hệ dao động gọi là hiện tượng cộng hưởng.**
- Điều kiện cộng hưởng : $f = f_0$.**

CÂU HỎI VÀ BÀI TẬP



1. Nêu đặc điểm của dao động tắt dần. Nguyên nhân của nó là gì ?
2. Nêu đặc điểm của dao động duy trì.
3. Nêu đặc điểm của dao động cưỡng bức.
4. Hiện tượng cộng hưởng là gì ? Nêu điều kiện để có cộng hưởng. Cho một ví dụ.
5. Một con lắc dao động tắt dần. Cứ sau mỗi chu kì, biên độ giảm 3%. Phần năng lượng của con lắc bị mất đi trong một dao động toàn phần là bao nhiêu ?
A. 3%. B. 9%.
C. 4,5%. D. 6%.
6. Một con lắc dài 44 cm được treo vào trần của một toa xe lửa. Con lắc bị kích động mỗi khi bánh của toa xe gặp chỗ nối nhau của đường ray. Hỏi tàu chạy thẳng đều với tốc độ bằng bao nhiêu thì biên độ dao động của con lắc sẽ lớn nhất ? Cho biết chiều dài của mỗi đường ray là 12,5 m. Lấy $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.
A. 10,7 km/h. B. 34 km/h.
C. 106 km/h. D. 45 km/h.