

Chương II

DAO ĐỘNG CƠ

Mục tiêu

- Thiết lập được phương trình của dao động tự do.
- Biết được đặc điểm động lực học của dao động điều hoà : lực kéo về tỉ lệ thuận với li độ và luôn hướng về vị trí cân bằng.
- Biết được đặc điểm động học của dao động điều hoà : biên độ, tần số, pha, pha ban đầu ; li độ, vận tốc, gia tốc.
- Biết biểu diễn dao động điều hoà bằng vectơ quay và tổng hợp dao động bằng giàn đỡ vectơ.
- Hiểu sơ lược về dao động tắt dần, dao động duy trì và dao động cuồng bức.
- Biết được hiện tượng cộng hưởng và ứng dụng.

Trước khi nghiên cứu nội dung chương II về dao động cơ, chúng ta cần tìm hiểu một quan điểm chung về dao động trong vật lí hiện đại.

Đại cương về dao động

1. Những quá trình dao động có thể có bản chất vật lí hoàn toàn khác nhau, nhưng chúng có những đặc điểm chung, và hơn nữa chúng tuân theo cùng một quy luật biến đổi. Một cách tiếp cận chung trong việc nghiên cứu dao động trong các hệ vật lí khác nhau cho phép xem xét dao động cơ, dao động điện và các dao động khác theo cùng một quan điểm.

Chuyển động qua lại của một con lắc quanh vị trí cân bằng và sự phóng điện của một tụ điện qua cuộn cảm là hai quá trình có bản chất khác nhau, tuân theo quy luật vật lí khác nhau, nhưng có một điểm chung là : độ lệch của con lắc khỏi vị trí cân bằng (li độ) và diện tích của một bản tụ điện biến đổi theo thời gian cùng theo quy luật dạng sin. Nếu ta quan tâm đến vấn đề đại lượng vật lí biến thiên theo thời gian như thế nào, thì có thể coi hai quá trình trên đây thuộc cùng một loại, loại quá trình mà trong đó có đại lượng vật lí biến thiên theo thời gian theo quy luật dạng sin, chúng ta gọi quá trình đó là dao động điều hoà.

Dựa vào các định luật cơ học (động lực học), ta có thể thiết lập phương trình vi phân chi phối quá trình chuyển động của con lắc. Dựa vào các định luật điện từ (diện động lực học), ta có thể thiết lập được phương trình vi phân chi phối quá trình biến đổi diện tích của một bản tụ điện khi phóng điện qua cuộn cảm. Hai phương trình vi phân đó có cùng một dạng, về mặt toán học có thể coi là một phương trình chung cho cả hai quá trình nói trên :

$$x'' + \omega^2 x = 0 \quad (\text{II.1})$$

Nghiệm của phương trình này :

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (\text{II.2})$$

là công thức dao động chung cho cả hai quá trình : chuyển động của con lắc (x là li độ) và phóng điện của tụ điện (x là diện tích của một bản tụ điện). Như vậy, bằng một phương pháp chung là giải phương trình vi phân (II.1) ta có thể tìm ra quy luật biến đổi (II.2) của nhiều quá trình có bản chất khác nhau.

Với cách tiếp cận như vậy, người ta có thể nghiên cứu cùng một lúc nhiều loại dao động không cần phải tách riêng dao động cơ và dao động điện, không những có thể tiết kiệm được công sức mà còn thấy rõ được sự tương tự điện cơ và dùng nó làm phương tiện nghiên cứu. Nhiều sách vật lí đã trình bày dao động nói chung theo cách này.

Ngoài cách phân loại dao động theo bản chất vật lí của quá trình (cơ, điện, ...), người ta có thể phân loại dao động theo các dấu hiệu khác, chẳng hạn theo cách kích thích dao động hoặc là theo động học, nghĩa là theo phụ thuộc thời gian của các đại lượng biến đổi.

Dựa vào cách kích thích dao động thì có thể phân biệt : dao động tự do (hay dao động riêng), dao động cưỡng bức, tụ dao động và dao động thông số.

Dao động tự do xuất hiện trong trường hợp mà hệ vật lí được đưa ra khỏi trạng thái cân bằng và sau đó tụ biến đổi không có tác dụng từ bên ngoài.

Tụ dao động có thể xảy ra trong các hệ phi tuyến có liên hệ ngược và có chứa nguồn năng lượng.

Dao động thông số xuất hiện khi trong hệ có một trong các thông số đặc trưng biến đổi tuần hoàn theo thời gian, ví dụ người đánh đu co và duỗi chân khiến cho vị trí tương đối của trọng tâm đổi với điểm treo biến đổi tuần hoàn theo thời gian.

Dựa vào động học thì có thể phân biệt dao động tuần hoàn và không tuần hoàn. Trong số các dao động tuần hoàn thì dao động điều hoà (II.2) có vai trò

đặc biệt quan trọng. Các đại lượng đặc trưng trong biểu thức ở vế phải của (II.2) như biên độ A , pha $(\omega t + \varphi)$, tần số góc ω và chu kỳ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ là những đại lượng đặc trưng có tính chất phổ biến cho mọi loại dao động điều hoà.

HS lớp 12 lần đầu tiên học về dao động, chưa thể thấu hiểu ngay được một cách đầy đủ những điều nói trên. Vì lẽ đó, SGK vẫn trình bày dao động cơ trước, sau đó trình bày dao động điện và cuối cùng nêu lên những điểm chung của hai loại dao động. Tuy vậy, khi trình bày riêng biệt dao động cơ và dao động điện đã có ý thức phân biệt rõ dao động theo cách kích thích và cả theo cách phụ thuộc thời gian. Khi dạy từng phần, GV cần lưu ý nhấn mạnh các dấu hiệu làm cơ sở cho sự phân biệt đó. Ngoài ra, việc lí giải đầy đủ các phương trình chung (II.1), (II.2) và các đại lượng đặc trưng phổ biến như biên độ, pha, tần số góc, tần số... trong từng trường hợp cụ thể đối với từng loại dao động cơ và điện sẽ giúp cho HS dễ dàng nhận thức được sự đồng nhất về quy luật biến đổi theo thời gian của cả hai loại dao động.

2. Dao động tự do

Trong chương này, trình bày các loại dao động cơ : dao động tự do, dao động duy trì và dao động cường bức và sự tổng hợp dao động.

Trong tất cả các trường hợp : con lắc lò xo nằm ngang, con lắc lò xo thẳng đứng, con lắc đơn dao động nhỏ, con lắc vật li dao động nhỏ, thì phương trình vi phân của chuyển động đều có dạng :

$$x'' + \omega^2 x = 0 \quad (\text{II.1})$$

đó là một phương trình vi phân tuyến tính hạng hai thuần nhất. Do phải lấy tích phân hai lần nên nghiệm của phương trình chứa hai hằng số tùy ý. Theo lí thuyết phương trình vi phân thì nghiệm tổng quát của phương trình (II.1) có dạng :

$$x = A_1 \sin \omega t + A_2 \cos \omega t \quad (\text{II.3})$$

trong đó A_1 và A_2 là hai hằng số tùy ý, dù A_1 và A_2 có giá trị nào thì biểu thức (II.3) cũng nghiệm đúng phương trình vi phân (II.1).

Nếu biết được giá trị của hàm x và đạo hàm theo thời gian x' của nó tại thời điểm ban đầu :

$$t = 0, \quad x = x(0), \quad x' = x'(0) \quad (\text{II.4})$$

thì có thể xác định được giá trị của A_1 và A_2 .

(II.4) gọi là điều kiện ban đầu của phương trình vi phân (II.1). Từ điều kiện ban đầu và biểu thức (II.3) của nghiệm tổng quát ta xác định được giá trị của các hằng số A_1 và A_2 .

Cho $t = 0$, từ phương trình (II.3), ta có :

$$x(0) = A_2 \quad (\text{II.5})$$

Lấy đạo hàm của (II.3) theo thời gian :

$$x' = \omega A_1 \cos \omega t - \omega A_2 \sin \omega t$$

Cho $t = 0$ trong phương trình vừa nhận được :

$$x'(0) = \omega A_1 \text{ hay } A_1 = \frac{1}{\omega} x'(0) \quad (\text{II.6})$$

Nghiệm (II.3) với các giá trị của A_1 và của A_2 đã được xác định gọi là nghiệm riêng của phương trình (II.1) với điều kiện ban đầu (II.4).

Nghiệm tổng quát (II.3) còn có thể viết dưới dạng :

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (\text{II.7})$$

trong đó có hai hằng số tuỳ ý là A , φ . Hai biểu thức ở vế phải của (II.3) và (II.7) là trùng nhau với mối liên hệ giữa các hằng số tuỳ ý như sau :

$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2} \quad (\text{II.8})$$

$$\varphi = \arctan\left(\frac{A_1}{A_2}\right) \quad (\text{II.9})$$

trong SGK chúng ta dùng biểu thức ở (II.7)

Với điều kiện ban đầu (II.4) ta cũng xác định được giá trị của các hằng số tương tự như ở trên. Cũng có thể tính A và φ theo (II.8) và (II.9) :

$$A = \sqrt{x^2(0) + \frac{x'^2(0)}{\omega^2}} \quad (\text{II.10})$$

$$\varphi = \arctan \frac{x'(0)}{\omega x(0)} \quad (\text{II.11})$$

Biểu thức ở vế phải của (II.7) với các hằng số A và φ đã xác định theo (II.10) và (II.11) chính là nghiệm riêng của phương trình (II.1) với điều kiện ban đầu (II.4).

Đó là biểu thức của một dao động điều hoà có biên độ A và pha ban đầu φ , hai đại lượng này phụ thuộc vào cách kích thích ban đầu, tức là vào điều kiện ban đầu (II.4), tần số góc ω của dao động đã có giá trị xác định trong (II.1).

Trong SGK đã viết biểu thức của ω trong từng trường hợp cụ thể, ω chỉ phụ thuộc vào hệ dao động. Như vậy, các dao động của một hệ có cùng một tần số góc ω và có thể có biên độ A , pha ban đầu φ khác nhau, tùy thuộc vào cách kích thích ban đầu.

3. Dao động tắt dần

Nếu vật dao động chịu lực cản do ma sát nhót của môi trường thì phương trình vi phân có dạng khác với (II.1). Ta hãy xét cụ thể trong trường hợp con lắc lò xo gồm vật có khối lượng m gắn vào đầu lò xo có độ cứng k .

Nếu không có ma sát thì định luật II Niu-ton cho :

$$mx'' = -kx \quad (\text{II.12})$$

$$\text{Đặt} \quad \omega_0^2 = \frac{k}{m} \quad (\text{II.13})$$

Ta sẽ có phương trình đúng như (II.1), chỉ khác là ở đây ta kí hiệu $\frac{k}{m}$ bằng ω_0^2 để tránh nhầm lẫn về sau.

Nếu có ma sát thì phải thêm vào vẽ phải (II.12) biểu thức của lực cản do ma sát. Ở đây là lực cản do ma sát đặt lên vật, hướng ngược chiều với chuyển động và có độ lớn tỉ lệ thuận với vận tốc của vật nếu vận tốc không lớn lắm. Phương trình chuyển động (vi phân) trở thành :

$$mx'' = -kx - \eta x' \quad (\text{II.14})$$

η là hệ số lực cản do ma sát động (hay ma sát nhót)

$$\text{Đặt } \beta = \frac{\eta}{2m}, \text{ ta sẽ có phương trình :} \quad (\text{II.15})$$

$$x'' + 2\beta x' + \omega_0^2 x = 0 \quad (\text{II.16})$$

So với (II.1) thì phương trình có thêm số hạng $2\beta x'$ do có ma sát.

Lí thuyết phương trình vi phân đã chứng tỏ rằng :

a) Nếu $\beta < \omega_0$ (hệ số lực cản $\eta < 2m\omega_0$) thì nghiệm của phương trình (II.16) có dạng :

$$x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi) \quad (\text{II.17})$$

các hằng số A_0 và φ được xác định bởi điều kiện ban đầu, ω cho bởi :

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad (\text{II.18})$$

trong đó ω_0 đã được định nghĩa ở (II.13) : $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$.

(II.17) biểu diễn một dao động gần đúng là điều hoà với biên độ giảm dần theo thời gian theo hàm số mũ âm và với tần số góc ω gần đúng bằng tần số góc ω_0 khi không có ma sát. Đó chính là dao động tắt dần khi ma sát nhỏ (chế độ giả tuần hoàn). Hằng số β cho bởi (II.15) gọi là hệ số tắt dần của dao động.

Nếu coi môi trường tạo ra lực cản cũng thuộc về hệ dao động thì dao động tắt dần chỉ xảy ra dưới tác dụng của nội lực và là dao động tự do, tần số góc $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ chính là tần số góc riêng của hệ này (gồm cả môi trường tạo ra lực cản). Khi ma sát nhỏ $\eta \ll 2m\omega_0$ thì có thể bỏ qua β^2 so với ω_0^2 và ω gần đúng bằng ω_0 .

b) Nếu $\beta > \omega_0$ (hệ số lực cản $\eta > 2m\omega_0$) thì nghiệm của phương trình có dạng hàm số mũ âm :

$$x = C_1 e^{-\alpha_1 t} + C_2 e^{-\alpha_2 t} \quad (\text{II.19})$$

trong đó $\alpha_1 = \beta - \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2}$ và $\alpha_2 = \beta + \sqrt{\beta^2 - \omega_0^2}$

và C_1, C_2 là hai hằng số phụ thuộc điều kiện ban đầu.

Trong trường hợp này vật không dao động (chế độ phi tuần hoàn) vì ma sát lớn.

c) Nếu $\beta = \omega_0$ ($\eta = 2m\omega_0$), ta có trường hợp tối hạn, phân biệt hai chế độ giả tuần hoàn và phi tuần hoàn nói trên. Khi đó, nếu vật được đưa ra khỏi vị trí cân bằng $x(0) = A$ rồi thả ra không có vận tốc đầu $x'(0) = 0$ thì vật chỉ trở về vị trí cân bằng sau một thời gian vô cùng lớn mà không vượt qua vị trí ấy.

Nếu lực ma sát tác dụng lên vật dao động là do ma sát khô thì lực ma sát có độ lớn là $F = \mu P$ (với P là áp lực của vật tác dụng lên giá đỡ, μ là hệ số ma sát) và có chiều ngược với chiều chuyển động của vật. Khi đó phương trình chuyển động (II.14) trở thành :

$$mx'' = -kx \pm \mu P$$

dấu trước số hạng cuối cùng là (+) nếu li độ x đang giảm và là (-) nếu li độ x đang tăng. Dao động của vật cũng bị tắt dần, nhưng quy luật tắt dần không phải là (II.17) nữa.

4. Dao động cưỡng bức

Nếu ta đặt lên vật nặng chịu lực cản của con lắc lò xo một ngoại lực biến đổi điều hoà, cùng phương với dao động :

$$F(t) = F_0 \cos \Omega t$$

nhưng có tần số góc Ω nói chung là khác tần số góc ω_0 của dao động tự do của con lắc lò xo không có lực cản (ma sát), thì phương trình chuyển động của con lắc là :

$$mx'' = -kx - \eta x' + F(t) \quad (\text{II.20})$$

$$\text{hay } x'' + 2\beta x' + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \cos \Omega t \quad (\text{II.21})$$

phương trình này chỉ khác (II.16) ở về phái.

Theo lí thuyết phương trình vi phân thì nghiệm của phương trình (II.21) là tổng của hai số hạng :

$$x = x_1 + x_2 \quad (\text{II.22})$$

trong đó x_1 là nghiệm tổng quát của phương trình giống như (II.21) nhưng về phái bằng không, tức là nghiệm của phương trình (II.16), nghiệm x_1 ấy có dạng cho bởi (II.17) nếu ma sát nhỏ và (II.19) nếu ma sát lớn. x_2 là một nghiệm riêng của phương trình (II.21), ta có thể đặt :

$$x_2 = A \cos(\Omega t + \varphi) \quad (\text{II.23})$$

rồi thay vào (II.21) thì thấy phương trình được nghiệm đúng nếu :

$$A = \frac{F_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2\Omega^2}} \quad (\text{II.24})$$

$$\tan \varphi = -\frac{2\beta\Omega}{\omega_0^2 - \Omega^2} \quad (\text{II.25})$$

Bây giờ ta xét sự biến thiên của nghiệm x cho bởi (II.22) theo thời gian : số hạng thứ nhất x_1 giảm theo thời gian theo hàm số mũ âm (II.17) hoặc (II.19), sau một thời gian chuyển tiếp nào đó, x_1 coi như bằng không (dao động này bị tắt dần vì ma sát) và $x = x_2$ cho bởi (II.23). Như vậy, sau thời gian chuyển tiếp là thời gian ổn định kéo dài, trong đó dao động cuồng bức có công thức (II.23), đó là một dao động điều hoà cùng tần số góc với lực cuồng bức (ngoại lực F), có biên độ A cho bởi (II.24) và lệch pha một góc φ so với lực cuồng bức, φ cho bởi (II.25).

5. Cộng hưởng li độ

Ta hãy xét sự phụ thuộc của biên độ A của li độ x vào tần số góc Ω của ngoại lực theo công thức (II.24). Biên độ A đạt giá trị cực đại khi mẫu số của phân số ở vế phải cực tiểu. Mẫu số cực tiểu khi :

$$B(\Omega) = (\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2\Omega^2 = \text{cực tiểu} \quad (\text{II.26})$$

$B(\Omega)$ đạt giá trị cực tiểu khi đạo hàm của nó theo Ω triệt tiêu :

$$\frac{dB}{d\Omega} = -(\omega_0^2 - \Omega^2)4\Omega + 8\beta^2\Omega = 0$$

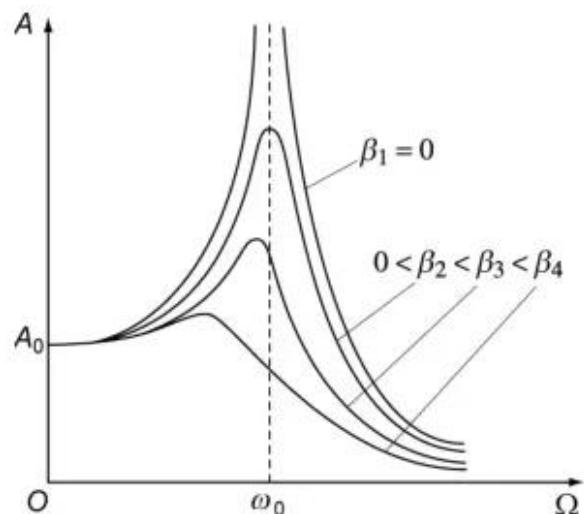
tức là $(2\beta^2 - \omega_0^2 + \Omega^2)4\Omega = 0$ (II.27)

Khi đó thì $\Omega^2 = \omega_0^2 - 2\beta^2$

hay là $\Omega = \Omega_{ch} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$ (II.28)

Vậy, biên độ A của li độ x trong dao động cuồng bức biến đổi theo tần số góc Ω của ngoại lực và đạt giá trị cực đại khi $\Omega = \Omega_{ch}$ cho bởi (II.28), người ta nói đó là sự cộng hưởng li độ.

Thường thì người ta dùng các hệ có ma sát nhỏ, hệ số lực cản $\eta \ll 2m\omega_0$ do đó có thể bỏ qua $2\beta^2 = \frac{\eta^2}{2m^2}$ so với $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$.



Hình II.1

Ta có thể coi Ω_{ch} gần đúng bằng ω_0 . Trong SGK đã ngầm thừa nhận gần đúng này và coi ba tần số góc ω_0 , $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$ và $\Omega_{ch} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\beta^2}$ là trùng nhau. Hiện tượng cộng hưởng lì độ gọi vẫn tắt là cộng hưởng.

Hình II.1 vẽ đường biểu diễn sự phụ thuộc của biên độ A của dao động cuồng bức vào tần số góc Ω của ngoại lực. Trên hình có bốn đường biểu diễn ứng với những giá trị của lực cản do ma sát tăng dần. Chú ý rằng, khi ma sát lớn (ứng với β_3 và β_4) thì cực đại của A lệch đi so với ω_0 về phía Ω nhỏ.

6. Cộng hưởng vận tốc

Nếu ta quan tâm đến vận tốc của vật dao động cuồng bức ở giai đoạn ổn định, thì có thể tính vận tốc nhu đạo hàm của lì độ, lì độ cho bởi (II.23) :

$$v = \frac{dx}{dt} = -\Omega A \sin(\Omega t + \varphi)$$

biên độ của vận tốc là ΩA , thay A bằng biểu thức ở vế phải của (II.24) :

$$\Omega A = \frac{\Omega F_0}{m\sqrt{(\omega_0^2 - \Omega^2)^2 + 4\beta^2\Omega^2}} = \frac{F_0}{m\sqrt{\left(\frac{\omega_0^2 - \Omega^2}{\Omega}\right)^2 + 4\beta^2}} \quad (\text{II.29})$$

Từ (II.29) ta thấy ngay rằng biên độ của vận tốc là cực đại nếu :

$$\Omega = \omega_0 \quad (\text{II.30})$$

Nhu vậy, khi tần số góc Ω của ngoại lực đúng bằng tần số góc riêng ω_0 của hệ dao động không có ma sát thì biên độ của vận tốc đạt giá trị cực đại. Hiện tượng này gọi là cộng hưởng vận tốc.

Trong chương II về dao động cơ, SGK không đề cập đến hiện tượng cộng hưởng vận tốc. Tuy nhiên cần lưu ý rằng, cộng hưởng vận tốc trong dao động cơ tương tự với cộng hưởng cường độ dòng điện trong dao động điện từ cuồng bức (sẽ nói đến sau này trong chương dòng điện xoay chiều).

7. Ghi chú về hàm dạng sin

Hai hàm lượng giác cơ bản và quen thuộc là hàm sin : $x_1 = \sin(\omega t + \varphi)$ và hàm cosin : $x_2 = \cos(\omega t + \varphi)$. Nếu vẽ đường biểu diễn của hai hàm trên cùng một đồ thị thì ta được hai đường cong có dạng giống nhau (Hình II.2). Nếu tịnh tiến đường cong $x_2(t)$ theo một đoạn thẳng $\frac{T}{4} = \frac{\pi}{2\omega}$ hướng song song

với trục hoành t thì đường cong này trùng hoàn toàn với đường cong $x_1(t)$ (Hình II.2). Vì lẽ đó cả hai hàm sin và cosin đều gọi chung là *hàm dạng sin*.

Công thức của dao động điều hoà, nghiệm của phương trình động lực học (hay phương trình vi phân) (II.1) của dao động có thể viết là hàm cosin như (II.2) và cũng có thể viết là hàm sin : $x = A\sin(\omega t + \varphi)$. Hai cách viết là hoàn toàn bình đẳng, có thể tùy chọn một trong hai cách. Trong SGK chọn cách viết công thức của dao động điều hoà là hàm cosin. Với cách viết này thì khi biểu diễn dao động điều hoà $x = A\cos(\omega t + \varphi)$ bằng vectơ quay \overrightarrow{OM} (với $OM = A$, và $\text{góc}(Ox, OM) = \varphi$) ta có điều kiện đơn giản :

$$x = ch_x \overrightarrow{OM}$$

không cần phải đặt ra trục pha Δ và chọn Ox vuông góc trục pha Δ .

Cần lưu ý rằng, hai cách viết biểu thức của dao động điều hoà nói trên hoàn toàn bình đẳng, nhưng các đại lượng đặc trưng không hoàn toàn giống nhau trong hai cách viết. Ví dụ cho dao động điều hoà :

$$x = A\cos(\omega t + \varphi) \quad (\text{II.2})$$

nếu biểu diễn dao động điều hoà này bằng hàm sin thì biên độ A và tần số góc ω vẫn như thế, nhưng pha và pha ban đầu thì khác :

$$x = A\sin(\omega t + \psi) \quad (\text{II.2b})$$

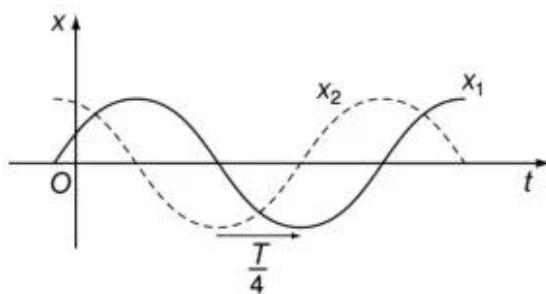
Có thể biến đổi công thức (II.2) của hàm cosin như sau :

$$A\cos(\omega t + \varphi) = A\sin\left(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2}\right)$$

đổi chiều với công thức (II.2b), ta sẽ có :

$$\psi = \varphi - \frac{\pi}{2}$$

pha ban đầu ψ và φ của cùng một đại lượng x biến đổi điều hoà theo thời gian trong hai cách viết khác nhau $\frac{\pi}{2}$.



Hình II.2

8. Hệ dao động

Trong lí thuyết dao động người ta định nghĩa hệ dao động là một hệ vật lí, có một vị trí (nói đúng hơn là cấu hình, hoặc rộng hơn là trạng thái) cân bằng, bình thường thì hệ ở vị trí cân bằng, nếu hệ được đưa ra khỏi vị trí cân bằng rồi thả tự do, thì hệ tự nó trở về vị trí cân bằng và thực hiện dao động. Dao động mà hệ thực hiện, không có tác dụng từ bên ngoài, gọi là dao động tự do hay dao động riêng của hệ. Con lắc lò xo là một hệ dao động, con lắc đơn và Trái Đất là một hệ dao động.

Trong con lắc lò xo, vật nặng gắn vào đầu lò xo gọi là vật dao động. Vật ấy xét riêng ra thì không phải là một hệ dao động, nếu không được gắn với lò xo thì khi được đưa ra khỏi vị trí cân bằng và thả tự do thì vật ở lại vị trí mới, mà không dao động. Con lắc đơn, nếu được thả tự do ở vị trí bất kì, sẽ đứng yên mà không dao động, nếu không có lực hút của Trái Đất tác dụng lên nó. Riêng con lắc đơn là một vật dao động dưới tác dụng của lực hút của Trái Đất. Con lắc đơn và Trái Đất là một hệ dao động.

Tần số dao động tự do (hay dao động riêng) của một hệ dao động có một giá trị xác định, gọi là tần số riêng của hệ. Ví dụ : tần số dao động riêng của con lắc lò xo đã tính được theo công thức (II.13) SGV Vật lí 12 nâng cao

$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$. Tần số dao động riêng của hệ gồm con lắc đơn và Trái Đất cho

bởi công thức (7.4) SGK.

Con lắc lò xo có lực cản do ma sát nhót nhỏ, mô tả ở Bài 10 SGK, Hình 10.1b, là một hệ dao động, hệ này bao gồm cả con lắc lò xo và môi trường lỏng có ma sát nhót bao quanh vật nặng. Dao động của con lắc này là dao động tắt dần với tần số góc cho bởi công thức (II.18) SGK $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$, đối với hệ dao động (như vừa định nghĩa) thì đó là dao động tự do, vì lực cản là nội lực, tần số của dao động đó là tần số dao động riêng của hệ.

Nếu có một cơ chế gắn với hệ dao động tự do tắt dần, điều khiển một nguồn năng lượng để cung cấp năng lượng theo đúng chu kì dao động của hệ thì dao động được duy trì ; bộ máy đồng hồ cơ học là một cơ chế giống như thế. Hệ dao động có lực cản, cộng thêm với cơ chế và nguồn năng lượng là một hệ gọi là hệ tự dao động.