

6 DAO ĐỘNG ĐIỀU HOÀ

I - MỤC TIÊU

- Thông qua quan sát có khái niệm về chuyển động dao động, dao động tuần hoàn và chu kì.
- Biết cách thiết lập phương trình động lực học của con lắc lò xo và dẫn đến phương trình của dao động.
- Hiểu rõ các đại lượng đặc trưng của dao động điều hoà (DĐĐH) : biên độ, pha, tần số góc, chu kì, tần số.
- Biết tính toán và vẽ đồ thị biến đổi theo thời gian của li độ và vận tốc trong DĐĐH.
 - Biết biểu diễn DĐĐH bằng vectơ quay.
 - Biết viết điều kiện ban đầu tùy theo cách kích thích dao động, và từ điều kiện ban đầu suy ra biên độ A và pha ban đầu φ .
 - Có kĩ năng giải bài tập về DĐĐH.

II - CHUẨN BỊ

Giáo viên

Chuẩn bị con lắc dây, con lắc lò xo thẳng đứng, con lắc lò xo nằm ngang có đệm không khí. Cho HS quan sát chuyển động của ba con lắc đó. Chuẩn bị đồng hồ bấm giây để đo chu kì con lắc dây. Nếu có thiết bị đo chu kì của con lắc lò xo nằm ngang có đệm không khí bằng đồng hồ hiện số thì có thể thay việc đo chu kì con lắc dây bằng việc đo chu kì con lắc lò xo nằm ngang.

Học sinh

Ôn lại về đạo hàm, cách tính đạo hàm, ý nghĩa vật lí của đạo hàm : Trong chuyển động thẳng, vận tốc của chất điểm bằng đạo hàm của toạ độ chất điểm theo thời gian, còn gia tốc thì bằng đạo hàm của vận tốc.

III - NHỮNG ĐIỀU CẦN LƯU Ý

1. Khi đo chu kì của con lắc dây chú ý rằng, chu kì bằng thời gian giữa hai lần liên tiếp dây treo đi ngang qua vật mốc theo cùng một chiều. Giữa hai lần đó có một lần dây treo đi ngang qua vật mốc theo chiều ngược lại, lần đi ngang này không tính.

2. Xuất phát từ biểu thức $\text{Acos}(\omega t + \varphi)$ của DĐĐH suy ra tính tuần hoàn và chu kỳ dao động, suy ra biểu thức của vận tốc và gia tốc. Vẽ đồ thị li độ, vận tốc theo thời gian và đối chiếu hai đồ thị, suy ra một số hệ quả cần thiết.

3. Biểu diễn DĐĐH bằng vectơ quay.

4. Từ điều kiện ban đầu (biết li độ $x(0)$ và vận tốc $v(0)$) tìm giá trị của biên độ A và pha ban đầu φ của DĐĐH.

IV - GỢI Ý VỀ PHƯƠNG PHÁP VÀ TỔ CHỨC HOẠT ĐỘNG DẠY HỌC

Bài này có nhiều nội dung, cần dạy trong hai tiết học. Có thể nêu năm nội dung chính và gợi ý cách dạy như sau :

1. Quan sát dao động

Tổ chức cho HS quan sát và rút ra các nhận xét như trong SGK. Thứ tự rút ra các nhận xét không nhất thiết như thứ tự trong SGK. Có thể như sau :

– Chuyển động qua lại, lặp lại nhiều lần.

– Qua lại quanh vị trí cân bằng.

– Qua lại có tính chất tuần hoàn : sau khoảng thời gian T thì vật trở về vị trí cũ với cùng chiều chuyển động. Việc đo T không cần phải có độ chính xác cao.

Tất cả những nhận xét nói trên chỉ để HS làm quen với một vài dao động trong thực tế, có cơ sở thực tiễn để hiểu những kết luận chặt chẽ và định lượng rút ra từ lập luận và tính toán ở phần sau của bài này.

2. Khái niệm về tuần hoàn, chu kỳ, tần số

Sau khi quan sát dao động thì chú ý đặc biệt đến dao động tuần hoàn : một giai đoạn của chuyển động được lặp lại liên tiếp và mãi mãi. Giai đoạn nhỏ nhất được lặp lại gọi là một dao động toàn phần hay một chu trình. Thời gian thực hiện một chu trình gọi là một chu kỳ. Số chu kỳ trong một giây gọi là tần số. Những ý này nên được trình bày gắn với đồ thị ở Hình 6.2 SGK.

3. Thiết lập phương trình động lực học của dao động

GV đặt mục đích : áp dụng định luật II Niu-tơn để khảo sát chuyển động của vật nặng khối lượng m gắn vào một đầu lò xo có độ cứng k . Muốn thế cần chọn trục toạ độ, có thể chọn trục x trùng với trục của lò xo, gốc toạ độ O trùng với vị trí cân bằng của vật, tại đó lò xo không dãn và không co. GV vẽ lên bảng Hình 6.3 SGK, sau đó viết lên bảng định luật II Niu-tơn :

Lực tác dụng = khối lượng \times gia tốc

từ đó hướng dẫn HS tự làm cho đến phương trình (6.1) SGK và nếu đặt $\omega^2 = \frac{k}{m}$ thì được (6.3) tương đương (6.1). Phương trình (6.1) hoặc (6.3) SGK là kết quả áp dụng định luật II Niu-tơn cho vật nặng, gọi là phương trình động lực học (PTĐLH) của chuyển động dao động. GV chỉ cho HS thấy đó là một phương trình vi phân có chứa đạo hàm hạng hai của li độ x theo thời gian và li độ x .

Tiếp theo, GV nêu vấn đề : tìm biểu thức của $x(t)$ sao cho (6.3) SGK được nghiệm đúng. Biểu thức đó của $x(t)$ gọi là nghiệm của phương trình (6.3). Trong toán học đã chứng minh được rằng nghiệm của (6.3) là :

$$x = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (6.4) \text{ theo SGK}$$

ở đây chúng ta chỉ nghiệm lại kết quả đó. GV hướng dẫn HS nghiệm lại theo cách làm của SGK.

Sau đó, GV củng cố kiến thức về PTĐLH (6.3) SGK và phương trình dao động (6.4) SGK. Phân biệt hai phương trình này, tránh sự nhầm lẫn và chú ý rằng phương trình dao động cho sự phụ thuộc của li độ x vào thời gian, phương trình dao động là nghiệm của PTĐLH.

4. Khảo sát dao động điều hoà thông qua phương trình dao động

a) Các đại lượng đặc trưng

Xuất phát từ vế phải của phương trình dao động (6.4), (vế phải còn gọi là biểu thức của dao động), ta xét các đặc trưng của DĐĐH. Trước hết xét trường hợp A là số dương. Bốn đại lượng ở vế phải gồm A , $\omega t + \varphi$, φ , ω . Mỗi đại lượng đều có tên và ý nghĩa đặc trưng cho dao động. Trước hết, HS cần nhớ tên và nhận biết được từng đại lượng, còn ý nghĩa đặc trưng sẽ dần dần rõ hơn trong khi học và làm bài tập trong cả chương Dao động cơ. Trường hợp A là số âm hơi phức tạp, chỉ nói đến sau khi HS đã nắm vững trường hợp A là số dương. Nếu xem xét hai trường hợp cùng một lúc thì có thể làm cho phần lớn HS (trừ những HS giỏi) bị bối rối.

Sau khi giới thiệu về bốn đại lượng đặc trưng, GV nêu ra một ví dụ đơn giản để HS tập nhận biết bốn đại lượng đặc trưng. Chẳng hạn như cho :

$$x = 3 \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{4}\right) \text{ (cm)}$$

chỉ rõ đâu là biên độ, tần số góc, pha và pha ban đầu. Ra bài tập 6 SGK cho HS về nhà làm, giờ sau chữa bài câu a) và b) để củng cố kiến thức.

b) Tần số góc ω , chu kì T , tần số f

Ba đại lượng này cùng đặc trưng cho một tính chất DĐĐH : đổi chiều nhanh hay chậm. Số lần đổi chiều trong một giây là $2f$.

Ba đại lượng liên quan với nhau :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f}$$

và chỉ cần dùng một trong ba đại lượng là đủ đặc trưng cho tính chất nói trên (đổi chiều nhanh hay chậm) của DĐĐH. Lưu ý rằng ω (hoặc f) càng lớn thì dao động đổi chiều càng nhanh, không nên nói rằng ω càng lớn thì dao động càng nhanh, vì khái niệm nhanh đã dành cho chuyển động có tốc độ lớn. Tần số góc ω còn có thể coi là tốc độ biến đổi của pha ; pha là một góc nên tốc độ biến đổi pha là tỉ số góc/thời gian, có đơn vị là rad/s hoặc độ/s.

c) Vận tốc và gia tốc trong DĐĐH

Xuất phát từ biểu thức của li độ x (vế phải 6.4 SGK) có thể suy ra biểu thức của vận tốc $v = \frac{dx}{dt}$ và gia tốc $a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$. Cần nhấn mạnh cho HS chú ý rằng gia tốc luôn luôn hướng về vị trí cân bằng và có độ lớn tỉ lệ thuận với li độ.

d) Điều kiện ban đầu

Nếu biết biên độ A , tần số góc ω và pha ban đầu φ thì theo (6.4) và (6.9) SGK có thể tính được li độ x và vận tốc v tại mọi thời điểm t . Ngược lại nếu biết li độ $x(0)$ và vận tốc $v(0)$ tại thời điểm ban đầu cùng với tần số góc ω ta có thể xác định được biên độ A và pha ban đầu φ , từ đó viết được đầy đủ (6.4) với các giá trị bằng số. Đó là tình huống được đặt ra để dẫn đến nội dung của mục 10 SGK.

e) Biểu diễn DĐĐH bằng vectơ quay

Mục này có thể đặt ở Bài 12, nhưng đã được đặt ở Bài 6 để kết hợp cùng với nội dung : mối quan hệ giữa DĐĐH và chuyển động tròn đều.

GV trình bày nội dung ở cột chính, vẽ Hình 6.6 và Hình 6.7 SGK lên bảng, dẫn đến công thức (6.11) và kết luận ở cột này. Sau đó dẫn ra hai kết luận tương đương suy từ công thức đó :

– Độ dài đại số của hình chiếu trên trục x của vectơ quay \overrightarrow{OM} biểu diễn DĐĐH chính là li độ x của dao động.

– Mối quan hệ giữa DĐĐH và chuyển động tròn đều : Điểm P dao động điều hoà trên trục Ox với biên độ A và tần số góc ω có thể coi như hình chiếu lên Ox của một điểm M chuyển động tròn đều tốc độ góc ω trên quỹ đạo tròn bán kính A , Ox trùng với một đường kính của quỹ đạo.

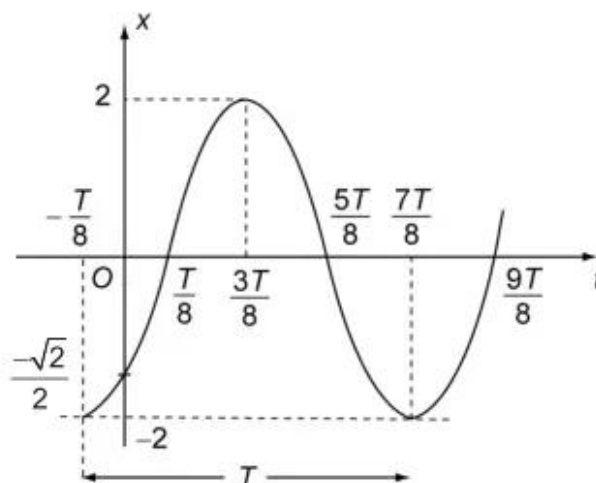
V - HƯỚNG DẪN TRẢ LỜI CÂU HỎI VÀ GIẢI BÀI TẬP

Câu hỏi

1. Hình 6.1.

Đơn vị trên trục x là cm,

Đơn vị trên trục t là $\frac{T}{8} = \frac{1}{4}$ s.



Hình 6.1

2. Biên độ A và pha ban đầu φ có thể có những giá trị khác nhau tùy thuộc cách kích thích dao động. Tần số góc ω có giá trị xác định đối với con lắc đã cho.

3. A có thứ nguyên là chiều dài, φ là góc không có thứ nguyên.

$$[\omega] = \left[\frac{k}{m} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{F}{x.m} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{MLT^{-2}}{LM} \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{T}, \text{ thứ nguyên của } \omega \text{ là nghịch đảo}$$

của thời gian, trùng với thứ nguyên của tốc độ góc.

Bài tập

1. C. 2. C. 3. C.

4. Thay A_1 và A_2 bằng các giá trị đã chọn :

$$x = A_1 \cos \omega t + A_2 \sin \omega t = A \cos \varphi \cos \omega t - A \sin \varphi \sin \omega t = A \cos(\omega t + \varphi)$$

5. a) Biên độ 6 cm, tần số góc 4π rad/s, chu kỳ 0,5 s, tần số 2 Hz.

b) Pha $4\pi \cdot \frac{1}{4} + \frac{\pi}{6} = \frac{7\pi}{6}$ rad, li độ $x = 6 \cos \frac{7\pi}{6} = -3\sqrt{3}$ cm.

c) Độ dài vectơ bằng 6 cm, góc hợp với trục Ox là $\frac{\pi}{6}$

(Hình 6.2).

6. a) $x = 4\cos(\pi t + \varphi)$ (cm)

Pha ban đầu φ xác định bởi điều kiện ban đầu. Chọn gốc thời gian như đã cho thì :

$$x(0) = 0 \text{ và } v(0) = x'(0) > 0$$

Từ đó suy ra :

$$\cos\varphi = 0 \text{ và } -\sin\varphi > 0 \text{ tức là } \varphi = -\frac{\pi}{2}$$

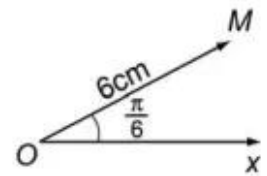
$$x = 4\cos\left(\pi t - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (cm).}$$

b) $t = 5,5$ s thì $x = 4\cos 5\pi = -4$ cm.

7. Chu kì dao động $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$, m là khối lượng của vật, k là độ cứng của lò xo.

$$mg = k \cdot 0,008 \quad \Rightarrow \quad \frac{m}{k} = \frac{0,008}{10} = 8 \cdot 10^{-4}$$

$$T = 2\pi\sqrt{8 \cdot 10^{-4}} = 2\pi \cdot 2\sqrt{2} \cdot 10^{-2} \approx 0,18 \text{ s.}$$



Hình 6.2