

Khái niệm và phương trình dao động điều hòa

Vật lý · Lớp 11

Giáo viên: Phúc Hảo

Ý chính: Sau tiết học, em hiểu *dao động điều hòa* là gì và viết được phương trình mô tả nó.

- ▶ Nêu được **khái niệm dao động điều hòa**: li độ biến thiên theo hàm cosin (hoặc sin) của thời gian.
- ▶ Viết được **phương trình dao động** $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ và gọi tên từng đại lượng.
- ▶ Nhận biết một chuyển động có phải là dao động điều hòa hay không.
- ▶ Viết được phương trình dao động từ các dữ kiện cho trước.

Tình huống thực tế

Em đã từng ngồi trên **xích đu** và đưa qua đưa lại, hay nhìn **chiếc lá** rung rinh trên mặt nước khi có gió? Đồng hồ quả lắc kêu tích-tắc, dây đàn ghi-ta rung lên khi gảy...

- ▶ Tất cả đều có điểm chung: vật **lặp đi lặp lại** quanh một vị trí, hết bên này rồi sang bên kia.
- ▶ Chuyển động ấy có *quy luật* không? Ta có thể **mô tả bằng một công thức** để biết vật ở đâu tại mọi thời điểm không?

Ý chính: Bài học hôm nay cho ta một *ngôn ngữ toán học* gọn đẹp để mô tả những chuyển động lặp lại đó — đó là **dao động điều hòa**.

1

Khái niệm dao động điều hòa

Trước hết: thế nào là dao động?

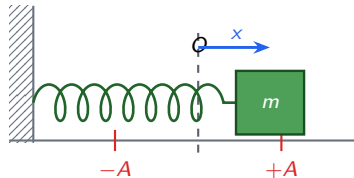
Dao động cơ

Là chuyển động **qua lại** của vật quanh một **vị trí cân bằng** xác định.

- ▶ **Vị trí cân bằng O** : nơi vật đứng yên khi không dao động.
- ▶ Vật đi từ O ra biên, rồi quay lại, cứ thế **lặp lại**.

Liên hệ

Con lắc lò xo kéo vật lệch khỏi O rồi thả — vật chạy tới lui quanh O mãi.



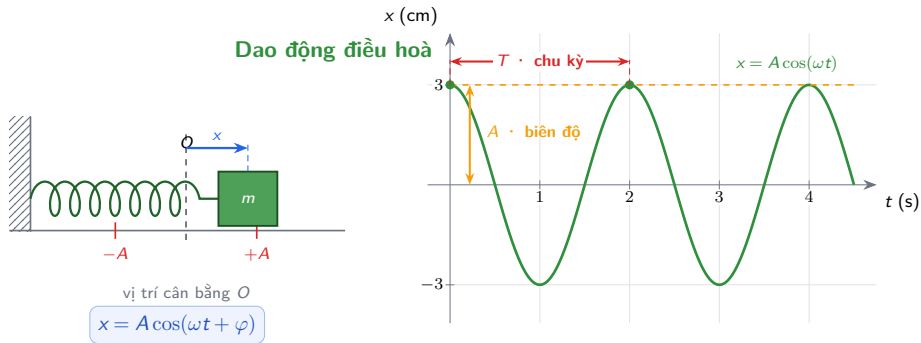
Định nghĩa

Dao động điều hòa là dao động trong đó **li độ** của vật là một **hàm cosin** (hoặc sin) của thời gian.

- ▶ **Li độ** x : độ lệch của vật so với vị trí cân bằng O (có dấu $\pm$).
- ▶ “Điều hòa” nghĩa là biến thiên **theo quy luật cosin** — trơn tru, đều đặn, không giật cục.
- ▶ Đây là dạng dao động **đơn giản và cơ bản nhất**; nhiều dao động thực tế được xem gần đúng là điều hòa.

Ý chính: Cứ thấy li độ vẽ ra một **đường hình sin** theo thời gian thì đó là dao động điều hòa.

Hình ảnh trực quan: từ con lắc đến đồ thị



2

Phương trình dao động điều hòa

Ghi nhớ — công thức cốt lõi

$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

Li độ x tính từ vị trí cân bằng, phụ thuộc thời gian t .

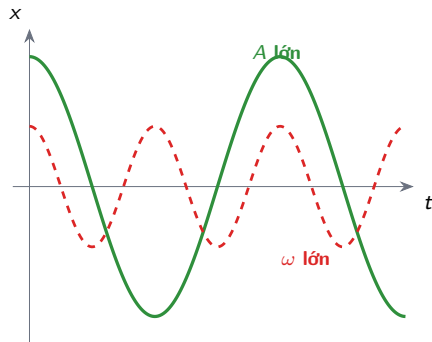
- ▶ A — **biên độ**: li độ cực đại ($A > 0$). Vật chỉ đi trong khoảng $-A \leq x \leq A$.
- ▶ ω — **tần số góc** (rad/s): cho biết vật dao động *nhANH* hay *chẬM*.
- ▶ $(\omega t + \varphi)$ — **pha dao động** tại thời điểm t : xác định vật đang ở đâu.
- ▶ φ — **pha ban đầu**: xác định vị trí vật lúc $t = 0$.

Đọc phương trình như đọc một câu chuyện

- ▶ **Biên độ A** $\rightarrow$ vật đi xa được bao nhiêu.
 A lớn: dao động “rộng”.
- ▶ **Tần số góc ω** $\rightarrow$ dao động “dày” hay “thưa” theo thời gian.
- ▶ **Pha ban đầu φ** $\rightarrow$ điểm xuất phát lúc bấm giờ.

Liên hệ thực tế

A như *độ cao* em đẩy xích đu; ω như *nhịp* đưa nhanh hay chậm; φ như *vị trí* xích đu đúng lúc em bắt đầu bấm đồng hồ.



Ý chính: Một chuyển động là dao động điều hòa khi viết được li độ dưới dạng $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ với A, ω là hằng số dương.

- ▶ Hàm sin cũng được: $A \sin(\omega t + \varphi) = A \cos(\omega t + \varphi - \frac{\pi}{2})$ — vẫn là điều hòa.
- ▶ Đồ thị $x-t$ phải là **đường hình sin đều đặn**, lặp lại.

Lỗi thường gặp

Không phải dao động điều hòa nếu biên độ tắt dần (nhỏ dần theo thời gian), hoặc li độ không có dạng cosin/sin (ví dụ $x = At^2$). Đừng nhầm “dao động” bất kỳ với “dao động điều hòa”!

3

Ví dụ vận dụng

Ví dụ 1: Đọc các đại lượng từ phương trình

Đề bài

Một vật dao động điều hòa với phương trình $x = 5 \cos(4\pi t + \frac{\pi}{3})$ (cm; t tính bằng s). Xác định biên độ, tần số góc, pha ban đầu và li độ lúc $t = 0$.

Bước 1. So khớp với dạng chuẩn $x = A \cos(\omega t + \varphi)$ — đối chiếu từng hệ số.

$$A = 5 \text{ cm}, \quad \omega = 4\pi \text{ rad/s}, \quad \varphi = \frac{\pi}{3} \text{ rad}.$$

Bước 2. Tính li độ ban đầu — thay $t = 0$ vào phương trình.

$$x(0) = 5 \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) = 5 \cdot \frac{1}{2} = 2,5 \text{ cm}.$$

Kết quả: $A = 5 \text{ cm}$, $\omega = 4\pi \text{ rad/s}$, $\varphi = \frac{\pi}{3} \text{ rad}$; lúc $t = 0$ vật ở li độ $x = 2,5 \text{ cm}$.

Ví dụ 2: Viết phương trình từ dữ kiện

Đề bài

Một vật dao động điều hòa có biên độ $A = 4 \text{ cm}$, tần số góc $\omega = 2\pi \text{ rad/s}$. Lúc $t = 0$ vật ở **vị trí biên dương** ($x = +A$). Hãy viết phương trình dao động.

Bước 1. Viết dạng tổng quát — mọi dao động điều hòa đều theo dạng này.

$$x = A \cos(\omega t + \varphi).$$

Bước 2. Thay A và ω đã biết — chỉ còn thiếu pha ban đầu φ .

$$x = 4 \cos(2\pi t + \varphi) \text{ (cm)}.$$

Vì sao cần bước tiếp theo?

Ta phải dùng điều kiện lúc $t = 0$ để **tìm** φ thì phương trình mới xác định.

Ví dụ 2 (tiếp): Tìm pha ban đầu và kết luận

Bước 3. Áp điều kiện ban đầu — thay $t = 0$, $x = +A = 4$ cm.

$$4 = 4 \cos(\varphi) \Rightarrow \cos \varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 0.$$

Bước 4. Vì sao chọn $\varphi = 0$? Vật đang ở **biên dương** nên xuất phát tại đỉnh của đường cosin — ứng đúng với pha bằng 0.

Kết luận: Phương trình dao động là

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

Ghi nhớ — mẹo tìm φ

Luôn dùng **trạng thái lúc $t = 0$** (vị trí x và chiều chuyển động) để suy ra φ . Ở biên dương thì $\varphi = 0$; ở biên âm thì $\varphi = \pi$; qua vị trí cân bằng thì $\varphi = \pm \frac{\pi}{2}$.

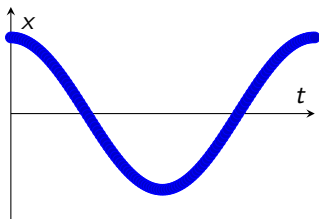
Luyện tập nhanh · Nhận biết

Dao động điều hòa là dao động trong đó li độ của vật biến thiên theo thời gian theo quy luật nào?

- A. Theo hàm bậc nhất của thời gian
- B. Theo hàm cosin (hoặc sin) của thời gian
- C. Theo hàm bậc hai của thời gian
- D. Tăng đều rồi giảm đều quanh vị trí cân bằng

Đáp án đúng: B — li độ biến thiên theo hàm cosin (sin) của thời gian.

- ▶ Đây chính là định nghĩa dao động điều hòa: $x = A \cos(\omega t + \varphi)$.
- ▶ **Bẫy D:** nhiều bạn nhầm với chuyển động biến đổi đều (tăng đều rồi giảm đều), nhưng dao động điều hòa lặp lại tuần hoàn theo đường hình sin.



Luyện tập nhanh · Nhận biết

Đồ thị li độ theo thời gian bên có dạng đường hình sin với biên độ không đổi. Nó biểu diễn:

- A. Dao động điều hòa
- B. Chuyển động thẳng đều
- C. Dao động tắt dần
- D. Chuyển động tròn đều

Đáp án đúng: A — dao động điều hòa.

- ▶ Đồ thị là đường hình sin, biên độ không đổi $\Rightarrow$ đúng dạng $x = A \cos(\omega t + \varphi)$.
- ▶ **Bẫy C:** dao động tắt dần cũng có dạng sin nhưng biên độ giảm dần theo thời gian; ở đây các đỉnh bằng nhau nên không phải tắt dần.

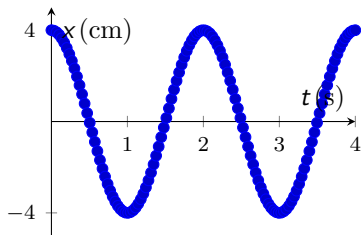
Luyện tập nhanh · Nhận biết

Trong phương trình dao động điều hòa $x = A \cos(\omega t + \varphi)$, đại lượng A được gọi là:

- A. Pha dao động
- B. Tần số góc
- C. Biên độ dao động
- D. Pha ban đầu

Đáp án đúng: C — A là biên độ dao động (li độ cực đại).

- ▶ $A > 0$ là độ lớn cực đại của li độ so với vị trí cân bằng.
- ▶ **Bẫy A, D:** pha dao động là $(\omega t + \varphi)$, pha ban đầu là φ ; **bẫy B:** tần số góc là ω .
Các bạn hay nhầm vai trò của từng chữ trong công thức.



Luyện tập nhanh · Thông hiểu

Từ đồ thị li độ - thời gian bên, biên độ dao động của vật là:

- A. 8 cm
- B. 4 cm
- C. 2 cm
- D. 0 cm

Đáp án đúng: B — biên độ $A = 4$ cm.

- ▶ Biên độ là li độ cực đại, đọc trực tiếp ở đỉnh đồ thị: $x_{\max} = 4$ cm.
- ▶ **Bẫy A:** 8 cm là khoảng cách từ đỉnh xuống đáy (bằng $2A$), không phải biên độ.
Bẫy C: lấy nhầm nửa giá trị.

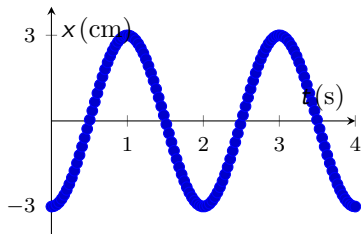
Luyện tập nhanh · Thông hiểu

Một vật dao động điều hòa với biên độ 6 cm, tần số góc 4π rad/s. Tại $t = 0$ vật ở vị trí biên dương. Phương trình dao động là:

- A. $x = 6 \cos(4\pi t)$ cm
- B. $x = 6 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{2}\right)$ cm
- C. $x = 6 \sin(4\pi t)$ cm
- D. $x = 6 \cos(4\pi t + \pi)$ cm

Đáp án đúng: A — $x = 6 \cos(4\pi t)$ cm.

- ▶ Tại $t = 0$ vật ở biên dương: $x = A \cos \varphi = A \Rightarrow \cos \varphi = 1 \Rightarrow \varphi = 0$.
- ▶ **Bẫy B, D:** chọn nhầm $\varphi = \frac{\pi}{2}$ (qua vị trí cân bằng) hoặc $\varphi = \pi$ (biên âm). **Bẫy C:** dùng hàm sin thay vì cosin theo quy ước.



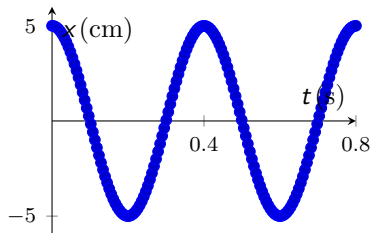
Luyện tập nhanh · Thông hiểu

Từ đồ thị, tại $t = 0$ vật ở biên âm $x = -A$. Pha ban đầu φ của dao động bằng:

- A. 0
- B. $\frac{\pi}{2}$
- C. π
- D. $-\frac{\pi}{2}$

Đáp án đúng: C — $\varphi = \pi$.

- ▶ Tại $t = 0$: $x = A \cos \varphi = -A \Rightarrow \cos \varphi = -1 \Rightarrow \varphi = \pi$.
- ▶ **Bẫy A:** quên dấu âm, tưởng vật ở biên dương nên chọn $\varphi = 0$. **Bẫy B, D:** $\pm \frac{\pi}{2}$ ứng với lúc vật qua vị trí cân bằng, không phải ở biên.



Luyện tập nhanh · Vận dụng

Đồ thị cho biết biên độ 5 cm, chu kì $T = 0,4$ s, tại $t = 0$ vật ở biên dương. Phương trình dao động là:

- A. $x = 5 \cos(5\pi t)$ cm
- B. $x = 5 \cos(2,5\pi t)$ cm
- C. $x = 5 \sin(5\pi t)$ cm
- D. $x = 10 \cos(5\pi t)$ cm

Đáp án đúng: A — $x = 5 \cos(5\pi t)$ cm.

- ▶ $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{0,4} = 5\pi$ rad/s; biên dương lúc $t = 0 \Rightarrow \varphi = 0$.
- ▶ **Bẫy B:** đọc sai chu kì (lấy $T = 0,8$) nên ra $\omega = 2,5\pi$. **Bẫy D:** nhầm biên độ bằng khoảng cách hai biên = 10 cm. **Bẫy C:** dùng sin.

Luyện tập nhanh · Vận dụng

Một vật dao động điều hòa có phương trình $x = 4 \cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$ cm. Li độ của vật tại thời điểm $t = 0$ bằng:

- A. 4 cm
- B. 2 cm
- C. $2\sqrt{3}$ cm
- D. -2 cm

Đáp án đúng: B — $x_0 = 2$ cm.

- Thay $t = 0$: $x_0 = 4 \cos \frac{\pi}{3} = 4 \cdot \frac{1}{2} = 2$ cm.
- **Bẫy A:** lấy luôn biên độ $A = 4$ mà quên nhân với $\cos \varphi$. **Bẫy C:** tính nhầm sang $\sin \frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2}$. **Bẫy D:** sai dấu của $\cos \frac{\pi}{3}$.

1. Một vật dao động điều hòa với $A = 8 \text{ cm}$, $\omega = \pi \text{ rad/s}$, tại $t = 0$ vật ở biên dương. Viết phương trình dao động.
2. Cho $x = 5 \cos\left(4\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ cm}$. Xác định biên độ, tần số góc, pha ban đầu và li độ tại $t = 0$.
3. Quan sát đồ thị li độ - thời gian giáo viên chiếu, xác định A , chu kì T và viết phương trình dao động.

Gợi ý

Luôn xác định theo thứ tự: (1) biên độ $A =$ li độ cực đại; (2) tần số góc $\omega = \frac{2\pi}{T}$; (3) pha ban đầu φ dựa vào vị trí và chiều chuyển động tại $t = 0$.

1. Nêu định nghĩa dao động điều hòa và viết dạng tổng quát của phương trình li độ.
2. Vật dao động điều hòa $A = 10 \text{ cm}$, $\omega = 2\pi \text{ rad/s}$, tại $t = 0$ ở vị trí cân bằng theo chiều dương. Viết phương trình dao động.
3. Cho $x = 6 \cos\left(5\pi t - \frac{\pi}{3}\right) \text{ cm}$. Tìm A , ω , T , φ và li độ tại $t = 0$.
4. Từ một đồ thị li độ - thời gian (SGK), đọc A , T và viết phương trình dao động.
5. Giải thích vì sao dao động của con lắc lò xo lí tưởng được coi là dao động điều hòa.

Đọc trước: mục "Chu kì, tần số và tần số góc" của tiết học sau.

Bảng tóm tắt: các đại lượng trong phương trình

$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

Đại lượng	Ý nghĩa	Đơn vị
x	Li độ (vị trí so với cân bằng)	cm, m
A	Biên độ (li độ cực đại, $A > 0$)	cm, m
ω	Tần số góc	rad/s
$(\omega t + \varphi)$	Pha dao động tại thời điểm t	rad
φ	Pha ban đầu (pha lúc $t = 0$)	rad

Bảng tóm tắt: cách xác định các đại lượng

Đại lượng	Cách xác định
A	Giá trị cực đại của x (đỉnh đồ thị)
ω	Từ chu kì T : $\omega = \frac{2\pi}{T}$
φ	Từ vị trí và chiều chuyển động tại $t = 0$
x_0	Thay $t = 0$: $x_0 = A \cos \varphi$

Lưu ý: biên độ là li độ cực đại, *không* phải khoảng cách giữa hai biên ($= 2A$).

- ▶ **Khái niệm:** dao động điều hòa là dao động mà li độ biến thiên theo hàm cosin (hoặc sin) của thời gian, đồ thị là đường hình sin biên độ không đổi.
- ▶ **Phương trình:** $x = A \cos(\omega t + \varphi)$, trong đó A là biên độ, ω là tần số góc, $(\omega t + \varphi)$ là pha và φ là pha ban đầu.
- ▶ **Kĩ năng:** biết đọc A , T từ đồ thị và xác định φ từ trạng thái ban đầu để viết được phương trình dao động.
- ▶ **Lưu ý lỗi hay gặp:** phân biệt biên độ với $2A$, không nhầm dấu của φ khi vật ở biên âm.
- ▶ **Liên hệ:** rất nhiều chuyển động quanh ta — con lắc đồng hồ, màng loa, dây đàn rung — đều được mô tả gần đúng bằng phương trình dao động điều hòa này.

Cảm ơn các em đã lắng nghe!

Bài giảng biên soạn với EduFlow · agentra.io.vn
