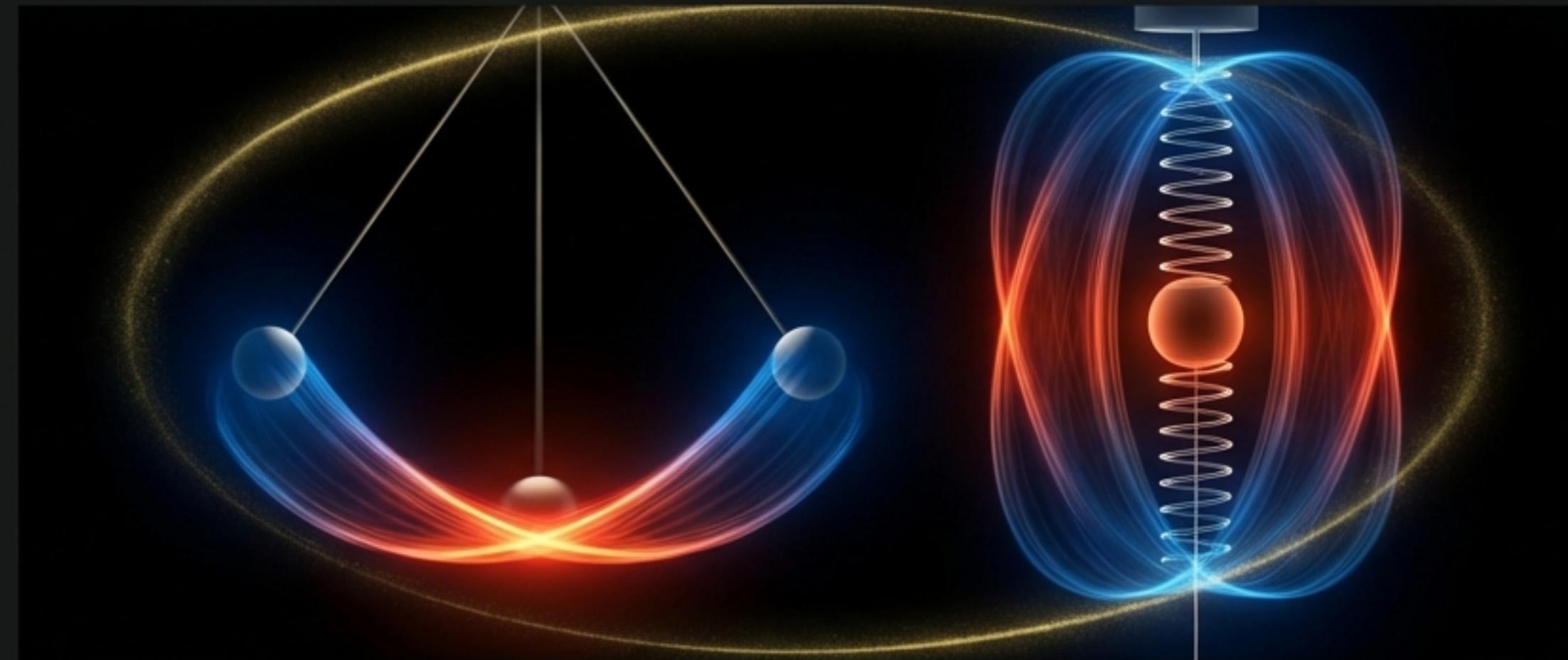


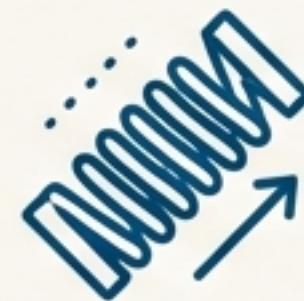
# Năng Lượng Trong Dao Động Điều Hoà: Vũ Điệu Của Sự Chuyển Hoá



Năng lượng không tự sinh ra, không tự mất đi. Vậy trong một dao động, nó “khiêu vũ” như thế nào?

# Gặp Gỡ Các 'Vũ Công' Năng Lượng

## Thế Năng ( $W_t$ )

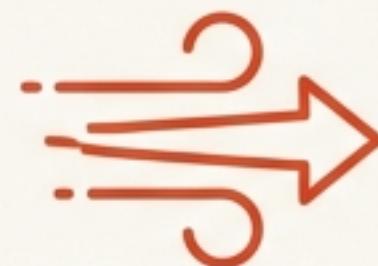


Năng lượng dự trữ, liên quan đến vị trí của vật. Lớn nhất tại các vị trí biên, bằng không tại vị trí cân bằng.

$$\text{Con lắc lò xo: } W_t = \frac{1}{2} kx^2$$

$$\text{Con lắc đơn (góc nhọn): } W_t \approx \frac{1}{2} mgl\alpha^2$$

## Động Năng ( $W_d$ )



Năng lượng chuyển động, liên quan đến vận tốc của vật. Lớn nhất tại vị trí cân bằng, bằng không tại các vị trí biên.

$$W_d = \frac{1}{2} mv^2$$

## Cơ Năng ( $W$ )



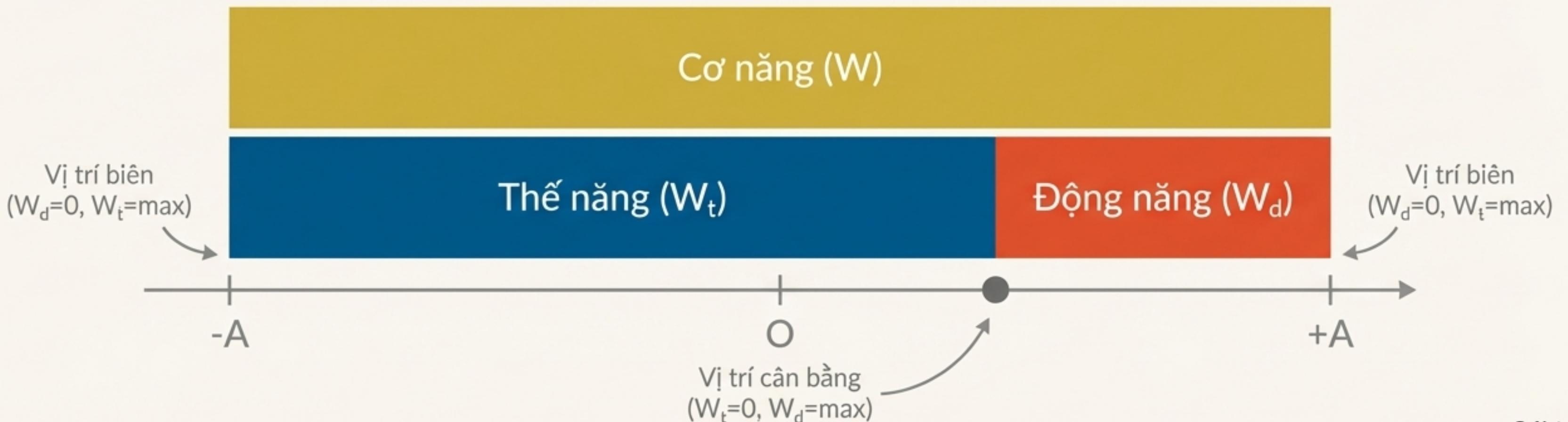
Tổng năng lượng của hệ. Trong một hệ không có ma sát, cơ năng được bảo toàn.

$$W = W_t + W_d = \text{hằng số}$$

# Định Luật Vàng: Sự Bảo Toàn Cơ Năng

Trong dao động điều hoà (bỏ qua ma sát), cơ năng của vật là một đại lượng không đổi.

$$W = W_t + W_d = W_{t_{\max}} = W_{d_{\max}} = \text{hằng số}$$

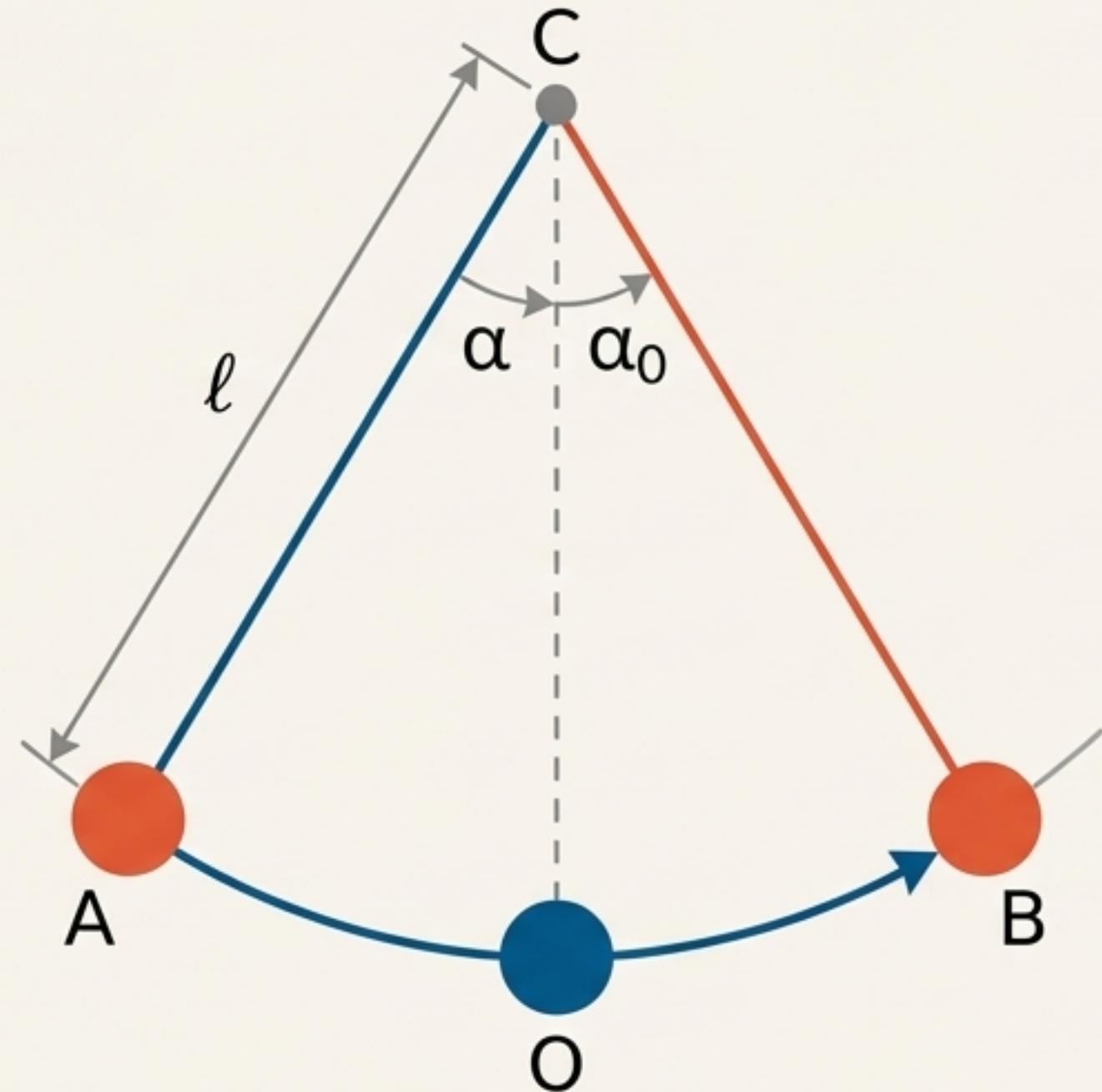


# Tình Huống 1: Con Lắc Đơn

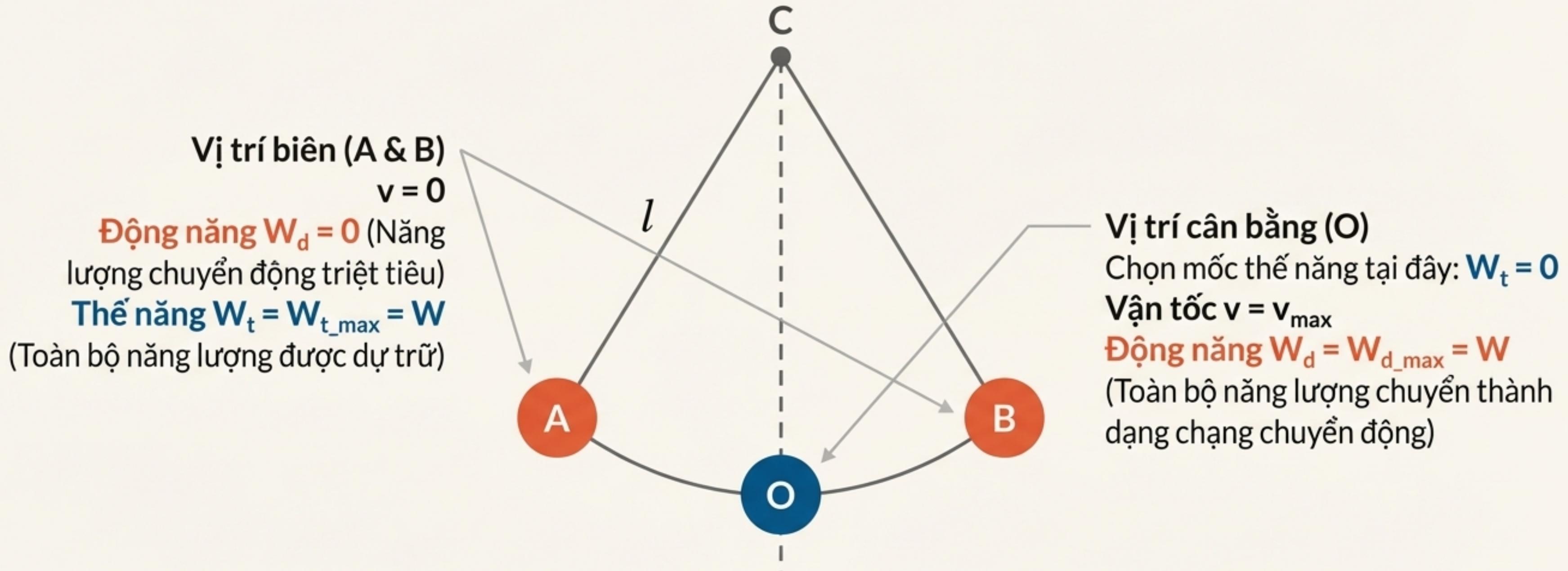
**Đề bài:** Một con lắc đơn có khối lượng  $m$ , treo trên sợi dây đã sợi dây dài  $l$ . Kéo con lắc lệch khỏi vị trí cân bằng một góc  $\alpha_0$  (với  $\alpha_0 \leq 10^\circ$ ) rồi thả nhẹ.

**Yêu cầu:**

- Tính thế năng và động năng tại các vị trí biên (A, B) và vị trí cân bằng (O).
- Tìm vị trí  $\alpha$  mà tại đó động năng bằng thế năng.



# Năng Lượng Tại Các Điểm Cực Trị



Năng lượng liên tục chuyển hóa giữa dạng dự trữ (**Thể năng**) và dạng chuyển động (**Động năng**).

# Tìm Điểm Cân Bằng Năng Lượng ( $W_d = W_t$ )

## Tư duy chiến lược

Để tìm vị trí  $W_d = W_t$ , ta xuất phát từ định luật bảo toàn cơ năng:

$$W = W_d + W_t.$$

Thay  $W_d = W_t$  vào, ta có:

$$W = 2W_t.$$

## Các bước giải

1.  $W = mgl \frac{\alpha_0^2}{2}$  (Cơ năng toàn phần)
2.  $W_t = mgl \frac{\alpha^2}{2}$  (Thể năng tại li độ góc  $\alpha$ )
3.  $mgl \frac{\alpha_0^2}{2} = 2 * mgl \frac{\alpha^2}{2}$
4.  $\alpha_0^2 = 2\alpha^2$
5.  $\Rightarrow \alpha = \pm \frac{\alpha_0}{\sqrt{2}}$

## Insight

Tại li độ góc  $\alpha = \pm \alpha_0 / \sqrt{2}$ , thể năng và động năng bằng nhau, mỗi dạng chiếm đúng 50% cơ năng toàn phần của hệ.

# Tình Huống 2: Con Lắc Lò Xo

**Đề bài:** Một vật khối lượng  $m = 200$  g dao động điều hòa với tần số góc  $\omega = 2\pi$  rad/s và biên độ  $A = 10$  cm.

**Yêu cầu:** Xác định thế năng của con lắc tại thời điểm vật có tốc độ  $v = 10$  cm/s.

**Tư duy chiến lược:** Ta không thể tính trực tiếp  $W_t = \frac{1}{2}kx^2$  vì chưa biết  $x$ . Thay vào đó, ta sẽ dùng định luật bảo toàn năng lượng:  $W_t = W - W_d$ .

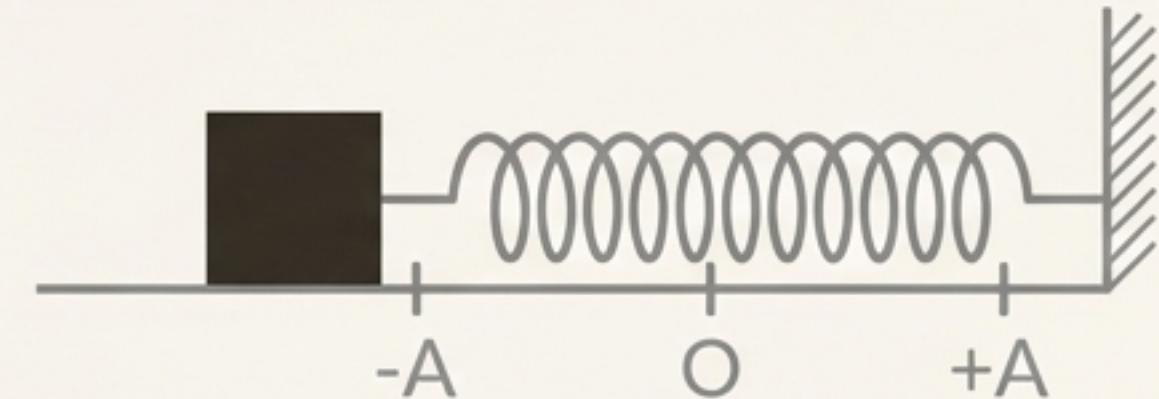
**Các bước giải:**

1. Tính cơ năng tổng:  $W = \frac{1}{2}m\omega^2A^2$

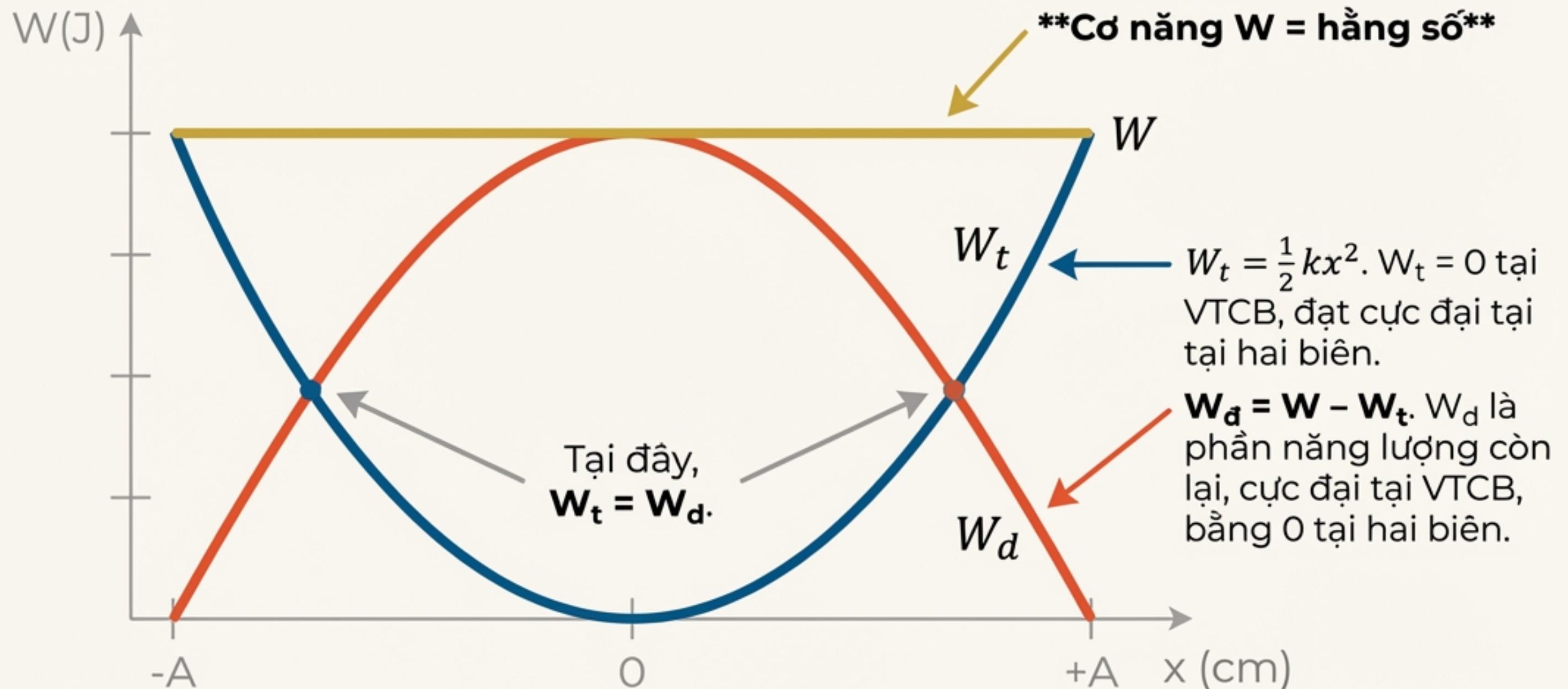
2. Tính động năng:  $W_d = \frac{1}{2}mv^2$

3. Suy ra thế năng:  $W_t = W - W_d = \frac{1}{2}m(\omega^2A^2 - v^2)$

4. Thay số:  $W_t = \frac{1}{2} * 0.2 * ((2\pi)^2(0.1)^2 - (0.1)^2) \approx 0.038$  J



# Giải Mã Đồ Thị: Năng Lượng Theo Vị Trí



# Áp Dụng Đồ Thị: Tính Toán Từ Dữ Liệu Trực Quan

## Đề bài:

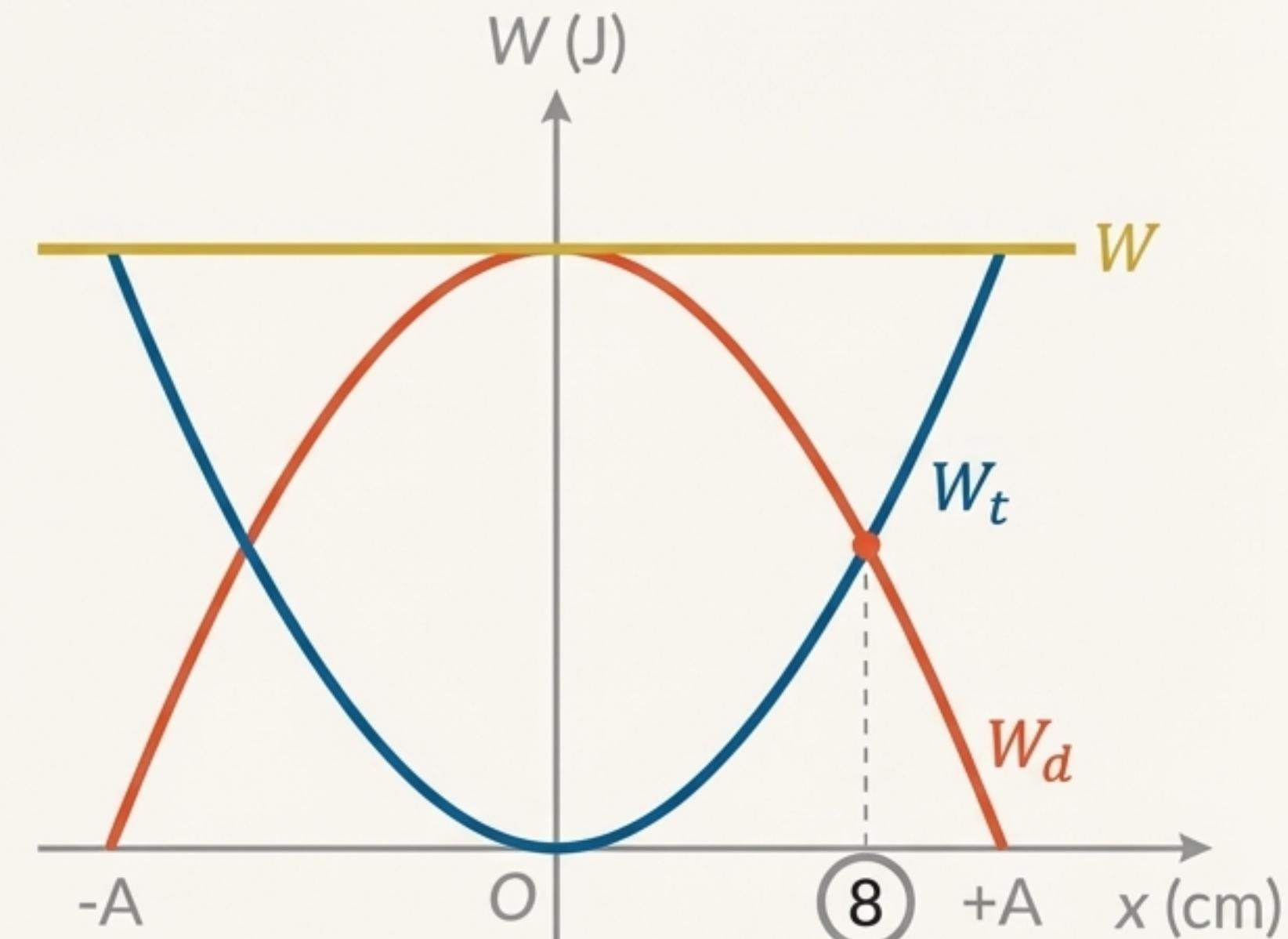
Một con lắc lò xo có  $k = 100 \text{ N/m}$ . Đồ thị biểu diễn  $W_t$  và  $W_d$  theo li độ  $x$  như Hình 7.2. Tính cơ năng toàn phần  $W$ .

## Phân tích đồ thị:

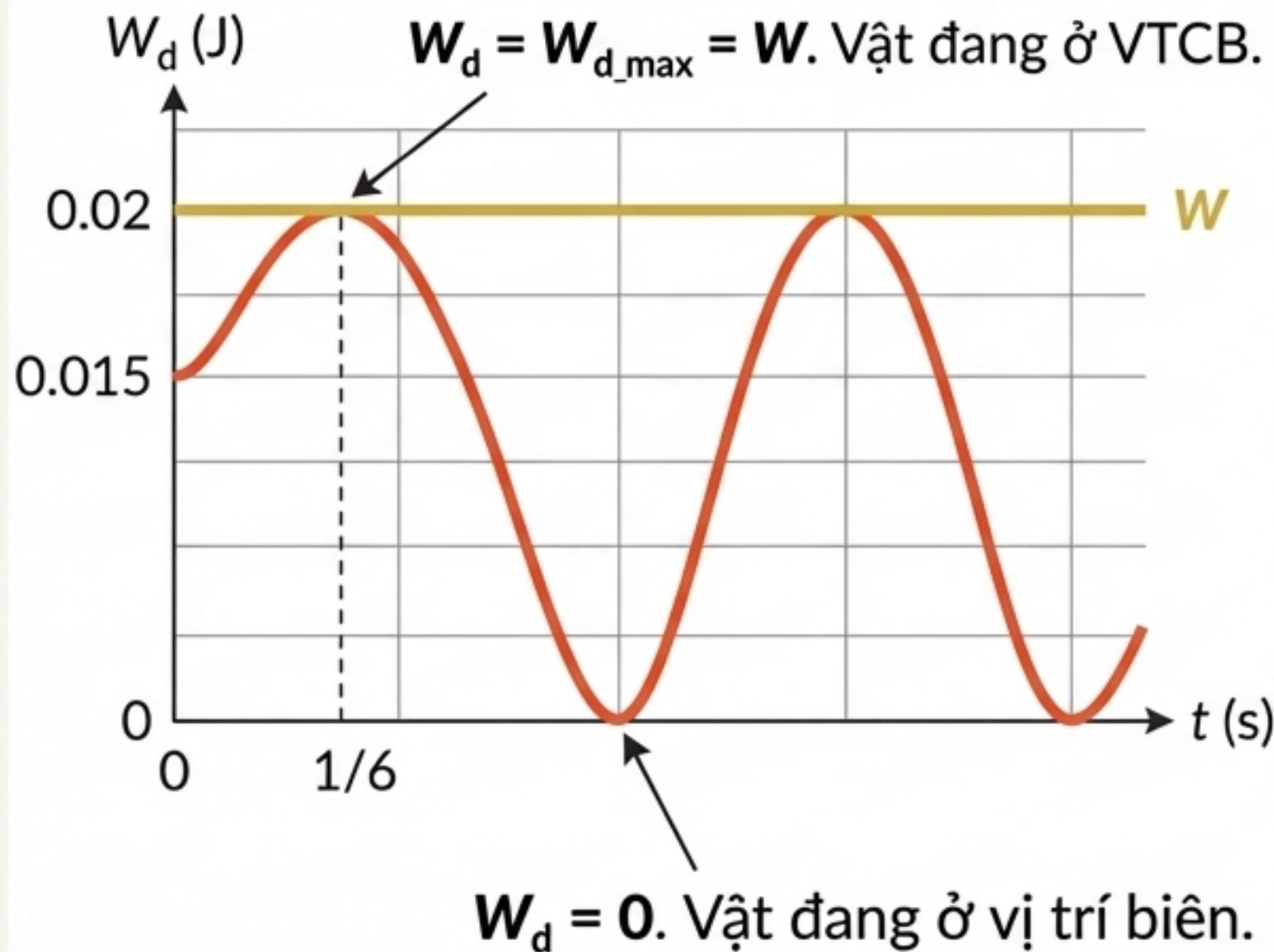
- Từ đồ thị, ta xác định được vị trí mà hai đường cong năng lượng cắt nhau.
- Tại các vị trí này,  $W_t = W_d$ .
- Gióng xuống trực hoành, ta đọc được  $x = \pm 8 \text{ cm} = \pm 0.08 \text{ m}$ .

## Tính toán:

- Tại điểm này,  $W = W_t + W_d = 2W_t$ .
- $W = 2 \cdot \frac{1}{2} kx^2 = kx^2$ .
- $W = 100 * (0.08)^2 = 0.64 \text{ J}$ .



# Nhịp Độ Của Năng Lượng: Biến Thiên Theo Thời Gian



## Phân tích đồ thị:

- Động năng (và thế năng) biến thiên tuần hoàn theo thời gian.

## Nhận xét quan trọng:

Quan sát đồ thị: Chu kỳ của động năng là ' $T$ '. Nếu chu kỳ dao động của vật là  $T$ , thì chu kỳ của năng lượng là ' $T' =  $T/2$ '.$

Điều này có nghĩa là **tần số** của năng lượng ( $f'$ ) gấp **đôi** tần số dao động của vật ( $f$ ):

$$f' = 2f$$

# Từ Đồ Thị Năng Lượng Đến Phương Trình Dao Động

Đề bài:

Đồ thị  $W_d$  theo thời gian của vật  $m = 0.4 \text{ kg}$ . Viết phương trình dao động của vật. (Lấy  $\pi^2 = 10$ ).

Lộ trình giải quyết:

1. Từ đồ thị, tìm  $W$  và  $T'$ :

$$- W = W_{d\max} = 0.02 \text{ J}$$

$$- \text{Chu kỳ năng lượng } T' = 1/6 \text{ s.}$$

2. Suy ra  $T$  và  $\omega$ :

$$- \text{Chu kỳ dao động } T = 2T' = 1/3 \text{ s}$$

$$- \text{Tần số góc } \omega = 2\pi/T = 6\pi \text{ rad/s.}$$

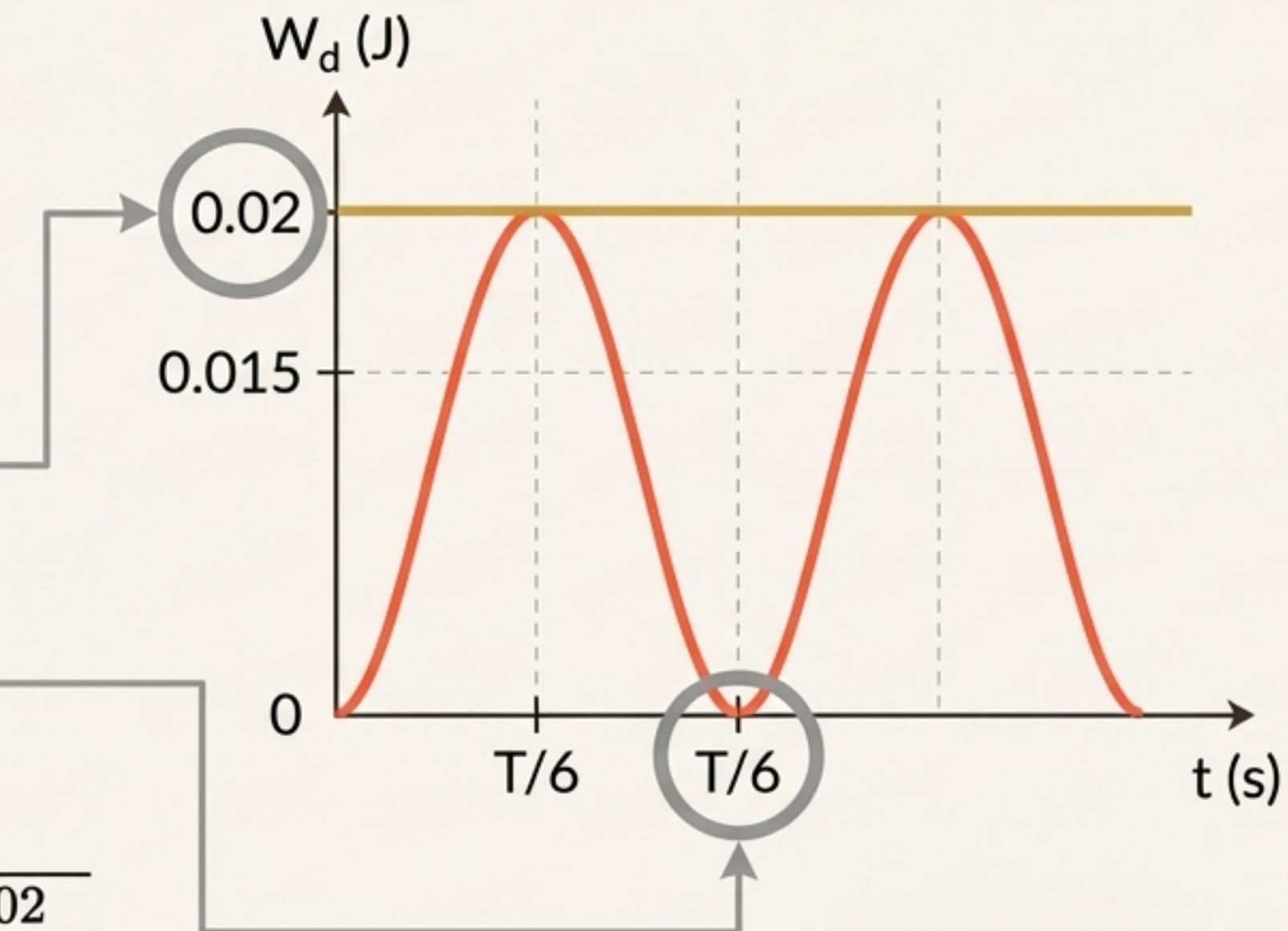
3. Tính biên độ  $A$ :

$$- W = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2 \Rightarrow A = \sqrt{\frac{2W}{m\omega^2}} - A = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.02}{0.4 \cdot (6\pi)^2}}$$

4. Viết phương trình:

- Tại  $t=0$ ,  $W_d=0$  nên vật ở biên. Giả sử vật bắt đầu từ biên dương,  $\varphi = 0$ .

- Phương trình cuối cùng:  $x = A \cos(6\pi t)$



# Phân Tích Tỷ Lệ Năng Lượng

**Bài toán:** Khi vật có li độ  $x = A/2$ , động năng và thế năng chiếm bao nhiêu phần trăm cơ năng?

**Phân tích Thế năng ( $W_t$ ):**

$$W_t = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}k\left(\frac{A}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{1}{2}kA^2\right)$$

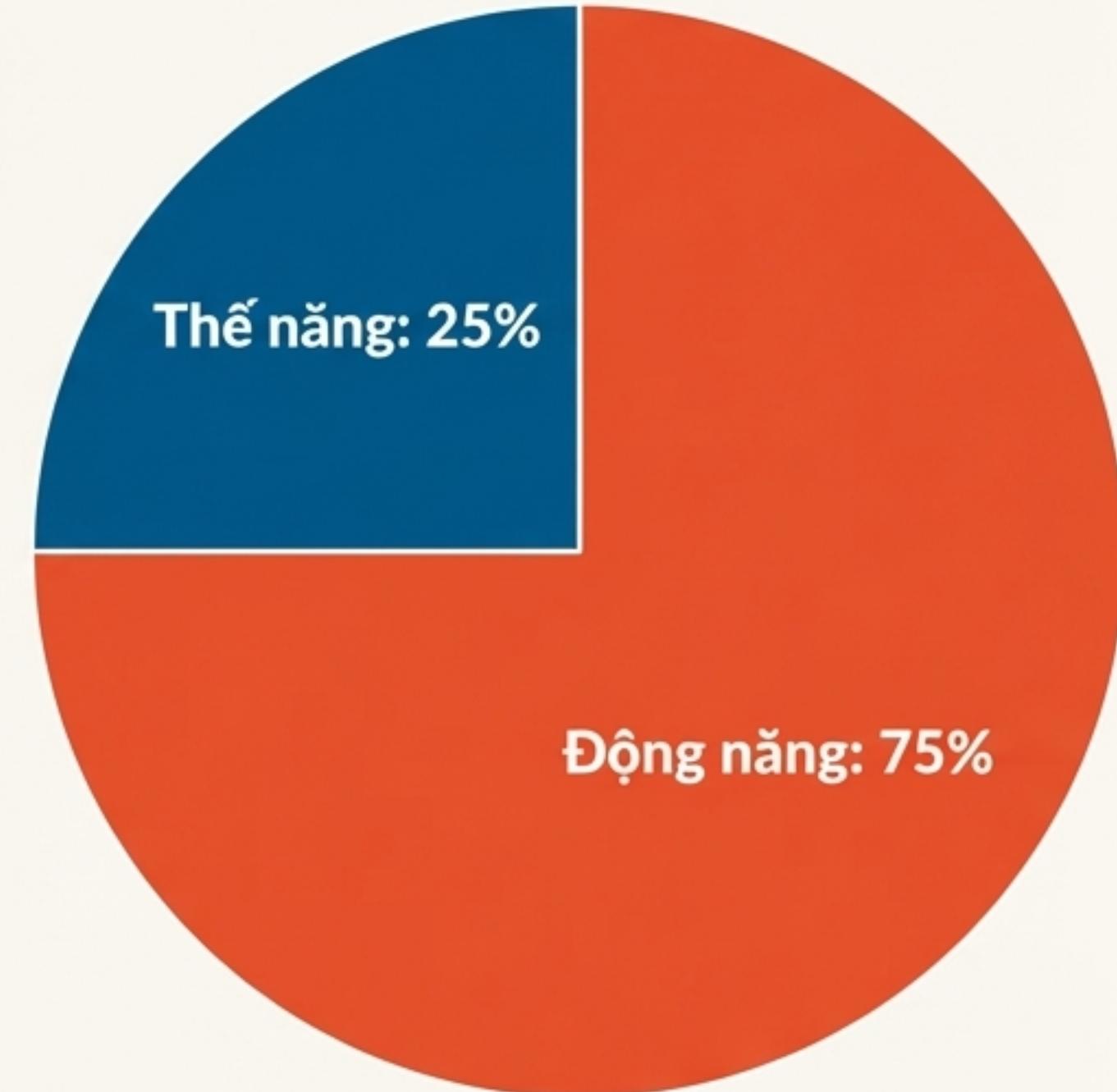
$$W_t = \frac{1}{4}W$$

**Kết luận:** Thế năng chiếm **25%** cơ năng.

**Phân tích Động năng ( $W_d$ ):**

$$W_d = W - W_t = W - \frac{1}{4}W = \frac{3}{4}W$$

**Kết luận:** Động năng chiếm **75%** cơ năng.



Tại li độ  $x = A/2$

# Điểm Cân Bằng Năng Lượng (Lần 2)

**Bài toán:** Tại li độ nào thì thế năng bằng động năng?

**Phương pháp:** Tương tự con lắc đơn, ta xuất phát từ  $W = 2W_t$ .

**Các bước giải:**

$$1. W = \frac{1}{2}kA^2$$

$$2. W_t = \frac{1}{2}kx^2$$

$$3. \frac{1}{2}kA^2 = 2 \cdot \left(\frac{1}{2}kx^2\right)$$

$$4. A^2 = 2x^2$$

$$5. \Rightarrow x = \pm \frac{A}{\sqrt{2}}$$

Dù là con lắc đơn hay con lắc lò xo, động năng và thế năng luôn bằng nhau tại vị trí có li độ bằng ( $\pm$ ng  $\frac{\text{Biên độ}}{\sqrt{2}}$ ). Đây là một kết quả tổng quát quan trọng.

# Bộ Công Cụ Của Bạn



## Các Công Thức Cốt Lõi

Lato Regular

$$W = W_t + W_d = \text{hằng số}$$

$$W_t = 1/2 kx^2 \quad W_d = 1/2 mv^2$$

$$W = 1/2 kA^2 = 1/2 m\omega^2 A^2$$



## Các Điểm Vị Trí Đặc Biệt

Lato Regular

$$\text{Tại } x = 0 \quad W_t = 0 \quad W_d = W$$

$$\text{Tại } x = \pm A \quad W_t = W \quad W_d = 0$$

$$\text{Tại } x = \pm A/\sqrt{2} \quad W_t = W_d = W/2$$



## Kỹ Năng Giải Mã Đồ Thị

Lato Regular

**Đồ thị W-x:** Nhận dạng parabol của  $W_t$ ,  $W_d$  và đường hằng số của  $W$ .

**Đồ thị W-t:** Nhận biết tần số năng lượng  $f' = 2f$ .



## Năng Lực Phân Tích

Lato Regular

- Bạn có thể phân tích sự chuyển hóa năng lượng trong mọi bài tập dao động điều hoà.
- Bạn có thể xác định các đại lượng ( $v$ ,  $a$ ,  $x$ ) từ thông tin về năng lượng và ngược lại.